

بیت‌افزاین

فصلنامه

حفرافیا و یاداری محیط

(نشریه علمی)

سال دهم

شماره ۳۷

زمستان ۱۳۹۹

شاپای چاپی: ۲۳۲۲-۳۱۹۷

شاپای الکترونیکی: ۲۶۷۶-۵۶۸۳

جغرافیا و پایداری محیط

نشریه جغرافیا و پایداری محیط براساس مجوز شماره ۱۶۸۳۲۳/۳/۱۸/۱۶ به تاریخ ۱۳۹۴/۸/۱۶ کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور (وزارت علوم تحقیقات و فناوری) از شماره پاییز ۱۳۹۴ حائز رتبه علمی شده است. مجوز انتشار فصلنامه جغرافیا و پایداری محیط طی ابلاغیه شماره ۹۱/۱۹۴۰۲ مورخ ۹۱/۷/۸ معاونت امور مطبوعاتی و اطلاع رسانی وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی صادر شده است.

«این نشریه با همکاری انجمن ایرانی ژئومورفولوژی منتشر می شود.»

زبان نشریه: فارسی

تناوب انتشار: فصلنامه

قالب انتشار: چاپی - الکترونیکی

نوع داوری: دوسو ناشناس

سال: دهم

شماره: ۳۷

فصل: زمستان

صاحب امتیاز: دانشگاه رازی

تیراژ: ۳۰۰ نسخه

قیمت: ۱۰۰۰۰۰ ریال

نشانی: کرمانشاه، باغ ابریشم، دانشگاه رازی کرمانشاه، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دفتر فصلنامه جغرافیا و پایداری محیط.

صندوق پستی: ۹۴۱-۶۷۱۴۴۱۴

دورنگار: ۰۸۳۳۴۲۸۳۹۰۳

تلفن: ۰۹۱۸۵۸۱۷۹۸۹

نشانی وبگاه: <http://ges.razi.ac.ir>

نشانی الکترونیکی نشریه: gse@razi.ac.ir

این نشریه در پایگاه های زیر نمایه می شود:

- پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC)
- پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)
- پایگاه بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran)
- پایگاه مجلات تخصصی نور (Noormags)

سال دهم
شماره ۳۷
زمستان ۱۳۹۹
شاپای چاپی: ۳۱۹۷-۲۳۲۲
شاپای الکترونیکی: ۵۶۸۳-۲۶۷۶

صاحب امتیاز: دانشگاه رازی
مدیرمسئول: حسن ذوالفقاری (دانشیار دانشگاه رازی)
سردبیر: ایرج جباری (دانشیار دانشگاه رازی)

اعضای هیئت تحریریه

- | | |
|------------------------|---|
| ۱- ساموئل تی. میلر | استاد هواشناسی دانشگاه پلیموس ستیت، نیو هامپشایر، آمریکا |
| ۲- سعید جهانبخش اصل | استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه تبریز دانشگاه تبریز |
| ۳- علی محمد خورشیددوست | استاد اقتصاد و مدیریت محیط‌زیست |
| ۴- محمدرضا رضوانی | استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه تهران |
| ۵- میر ستار صدرموسوی | استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای دانشگاه تبریز |
| ۶- قاسم عزیزی | استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه تهران |
| ۷- منوچهر فرج‌زاده | استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس |
| ۸- مجتبی قدیری معصوم | استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه تهران |
| ۹- فرانسیسکو گوتیرز | استاد ژئومورفولوژی دانشگاه زاراگوزا |
| ۱۰- مجتبی یمانی | استاد ژئومورفولوژی دانشگاه تهران |
| ۱۱- سید علی بدری | دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه تهران |
| ۱۲- مهدی پورطاهری | دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه تربیت مدرس |
| ۱۳- ایرج جباری | دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه رازی |
| ۱۴- فیروز مجرد | دانشیار اقلیم‌شناسی دانشگاه رازی |
| ۱۵- امجد ملکی | دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه رازی |

همکاران علمی این شماره:

محمد اسکندری، محمدرضا اشرف‌زاده، علیرضا ایلدرمی، مسعود جلالی، علی محمد خورشیددوست، زهرا رحیم‌زاده، حجت شیخی، هادی عبادی، خلیل قربانی، چوقی بایرام کمکی، حسن محمودزاده، حسین مددی، غلامعلی مظفری، عامر نیک‌پور.

مدیر داخلی و اجرایی: مجید احمدی ملاوردی

کارشناس اجرایی: نسرين عزیزی
ویراستار انگلیسی: رؤیا تابعی
ویراستار ادبی و صفحه‌آرا: هدی رضایی

راهنمای تدوین مقالات

۱. نکات قابل توجه نویسندگان پیش از نگارش مقاله

۱-۱. اصول اخلاقی، مندرج در اطلاعات نشریه را به دقت مطالعه فرمایید.

۱-۲. تمامی مقالات ارسالی به نشریهٔ جغرافیا و پایداری محیط، پیش از ورود به فرایند داوری با نرم افزار مشابهت یاب بررسی خواهند شد.

۱-۳. لازم است نویسندگان محترم فرم **تعارض منافع و تعهد نامه** مجله را تنظیم و به همراه فایل اصلی مقاله در قسمت فایل‌های پیوست بارگذاری فرمایند. برای شروع فرایندهای ارزیابی، مقاله این فرم الزامی است.

۱-۴. با توجه به قلمرو و چشم‌اندازهای بخش اطلاعات نشریه (در وبگاه) و به‌دلیل تخصصی بودن، تنها موضوعات مربوط به یابرداری فضای جغرافیایی، برای فصلنامه پذیرفته می‌شود.

۱-۵. نام و مشخصات نگارندگان به‌طور دقیق نوشته شود و نویسندۀ مسئول، هدایت اصلی نگارش مقاله را بر عهده بگیرد.

۱-۶. اگر نویسنده یا نویسندگان در تهیه مقاله از منابع مالی، فکری و اداری سازمان‌ها یا نهادهای خاصی استفاده کرده‌اند، در بخش سیاست‌گذاری (پس از نتیجه‌گیری) به میزان کمک آن‌ها اشاره کنند.

۷-۱. سیاست مالی نشریه به صورت ذیل است، خواهشمند است به آن توجه فرمایید: با توجه به ضرورت مشارکت نویسندگان/ نویسندگان محترم در تأمین هزینه‌های آماده‌سازی، چاپ و انتشار نشریه، پس از تأیید هر مقاله برای چاپ، مبلغ

دویست هزار تومان (تا سقف ۱۵ صفحه) دریافت خواهد شد و به ازای هر صفحه اضافه بر آن نیز، مبلغ بیست هزار

تومان دریافت می‌شود. چنانچه مقاله‌ای پس از فرایند داوری، بازپس گرفته شود، معادل ۵۰٪ هزینه داوری دریافت خواهد شد. هزینه یادشده به حساب شماره ۴۷۳۳۰۳۰۲۰۵۴۷ با شناسه واریز ۸۲۰۱۰۰۰۴۰۰۱۰۷۳۳۰۳۰۳۰۵۴۷ نزد بانک مرکزی جمهوری اسلامی ایران به نام درآمدهای اختصاصی دانشگاه رازی - مجله جغرافیا و پایداری محیط واریز شود. بدیهی است در صورت واریز نکردن وجه، مقاله از فرایند چاپ کنار گذاشته خواهد شد.

۸-۱. نشریه جغرافیا و پایداری محیط آمادگی خود را برای چاپ سه نوع مقاله اعلام می‌کند؛ لذا خواهشمند است پیش‌تر نوع مقاله خود را تعیین کنید تا بتوانید عنوان‌بندی مقاله را براساس آن تنظیم کنید.

۹-۱. بذیرش مقاله تنها از طریق سایت فصلنامه (<http://ges.razi.ac.ir>) امکان پذیر است.

۱-۱۰. چنانچه نویسنده/ نویسندگان، مقاله‌ای را در مرحله داورِ این نشریه داشته باشند، تا زمان روشن شدن نتیجه داورِ مرحله از پذیرش هم‌زمان مقالات دیگر معذور خواهد بود.

۱-۱. مقاله ارسال شده باید حاصل کار پژوهشی و علمی باشد و نباید در هیچ نشریه داخلی یا خارجی یا مجموعه مقالات خارجی چاپ شده باشد و انتظار می‌رود نویسندگان محترم تا هنگامی که جواب پذیرش یا رد از نشریه دریافت نکرده‌اند، مقاله خود را به نشریه دیگری برای چاپ یا بررسی ارسال نکنند.

۱-۱۲. زبان رسمی نشریه فارسی است؛ باوجود این، پیوست چکیدهٔ مبسوط انگلیسی برای همهٔ مقالات ضروری است؛ ازسوی دیگر، چاپ مقالات به زبان انگلیسی نیز قابل بررسی است؛ ولی از آنجاکه ممکن است فرایند داوری و چاپ این نوع مقالات خیل، طولانی باشد، پیشنهاد می‌شود پیش از ارسال، با سردبیر نشریه مشورت فرمایید.

۱۳-۱. مقاله باید سلیس، روان و از نظر دستور زبان صحیح باشد و واژه‌ها با دقت کافی انتخاب شده باشد؛ همچنین، اگر ابندی متن مقاله و تمامی قواعد ادبی (آیین نگارش فارسی) و وب‌استاری ادبی و علمی باید رعایت گردد.

۱-۱۴. حجم مقاله شامل متن، شکل‌ها، جدول‌ها، نقشه‌ها، منابع و چکیده لاتین، با رعایت استانداردهای مجله باید حداکثر از ۱۵ صفحه بشت نشود.

۱-۱۵. مقالات برگرفته از: بابا، نامه و رساله دانشجویان با نام استاد، اینها، مشاور، مشاوران و دانشجو و با مسئولیت استاد

راهنما منتشر می‌شود.

۱۶-۱. مسئولیت صحت و سقم مقاله، به لحاظ علمی و حقوقی برعهده نویسنده یا نویسندگان است.
۱۷-۱. مجله جغرافیا و پایداری محیط، در راستای همگامی با استانداردهای نشر بین‌المللی، بنا را بر داوری هم‌تراز و دسترسی آزاد گذاشته است. در همین راستا این نشریه رویه داوری دوسو ناشناس (Double Blind Peer Review) را برگزیده است.

۲. نکات قابل توجه نویسندگان برای نگارش مقاله

۲-۱. ساختار مقاله

ساختار مقاله را نوع آن تعیین می‌کند. سه نوع عمده مقالات عبارت‌اند از: مقالات پژوهشی، مقالات مروری و مقالات کوتاه. در این نشریه حداکثر تعداد کلمات مقاله‌های پژوهشی ۵۰۰۰، مقاله‌های مروری ۲۵۰۰۰ و مقاله‌های کوتاه ۲۵۰۰ کلمه در نظر گرفته شده است. تعداد منابعی که برای هر مقاله لازم است به ترتیب حداقل ۳۰، ۵۰ و ۵ مورد است. از نظر تعداد جدول‌ها و شکل‌ها تنها مقالات کوتاه محدودیت دارند و آن نیز در مجموع ۳ جدول یا شکل را شامل می‌شود. ساختار همه مقاله‌ها از چکیده، کلیدواژه‌ها، متن اصلی و منابع تشکیل می‌شوند، ولی متن آن‌ها براساس نوع مقاله فرق می‌کند. متن مقاله‌های پژوهشی باید دارای مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج، بحث و نتیجه‌گیری باشند، ولی متن اصلی مقالات مروری ساختار مشخصی ندارند؛ با وجود این، لازم است که در آن‌ها طرح مسئله، عنوان‌بندی بحث و نتیجه‌گیری، به‌خوبی و با روایی مشخص صورت گیرد. متن مقالات کوتاه نیز دارای بخش‌های عادی مانند مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث نیستند، ولی باید در آن‌ها طرح مسئله شود و توصیف مشاهدات به‌صورت منظم و پیوسته در قالب نتایج و بحث صورت گیرد.

در نوشتار باید توجه داشت که جملات، پاراگراف‌ها و حتی عنوان‌های مقاله باید از پیوستگی و انسجام برخوردار باشند. این امر به‌ویژه در مقدمه و بحث مقاله باید رعایت شود. شیوه طرح مسئله در مقدمه بسیار مهم است، لازم است نویسنده با سلیقه خود و با تکیه بر پیشینه و مبانی نظری پژوهش، خواننده را مجاب به ضرورت و نوآوری پژوهش خویش نماید. در بحث مقاله با استفاده از همین مبانی و پیشینه، مشاهدات مکمل، تجربیات دیگران، تجزیه و تحلیل‌های آماری و تفسیرهای منطقی به روایی و پایایی پژوهش بپردازد و در صورت امکان نشان دهد که پژوهش وی تا چه اندازه می‌تواند به محیط‌های دیگر تعمیم داده شود و در کدام نواحی می‌تواند کارایی داشته باشد.

در مقاله‌های مستخرج از پایان‌نامه از نگارش هر نوع فرضیه پژوهش یا آزمون آن‌ها در بحث یا نتایج پژوهش پرهیز شود و سعی بر آن باشد تا در سرتاسر مقاله، اهداف پژوهش دنبال شود.

۲-۲. سبک نگارش هریک از عنوان‌های مقالات

به طور کلی متن هر یک عناوین از مفاهیم ویژه‌ای و به منظور خاصی تشکیل می‌شود که نویسنده باید سعی کند در سرتاسر مقاله از خلط مطالب پرهیزد، در هر جزء مطالب مربوط به آن را بیان کند و از حاشیه‌نویسی به‌منظور پرکردن مطالب دوری کند.

۲-۲-۱. چکیده

چکیده به‌طور عمده مشتمل بر موضوع پژوهش، روش و نتایج است و باید در آن از مقدمه‌چینی پرهیز شود.

۲-۲-۲. کلیدواژه‌ها

کلیدواژه‌ها حاوی سه تا پنج واژه مهم مرتبط با متغیرهای پژوهش یا موضوع است که نگارنده می‌خواهد با جستجوی پژوهشگران دیگر در اینترنت، به کمک این واژگان مقاله‌اش نمایش داده شود.

۲-۲-۳. مقدمه

در مقدمه، مبانی نظری همراه با پیشینه به‌گونه‌ای منسجم، یکپارچه و پیوسته بیان می‌شود تا درنهایت بتواند موضوع و

مسئله مورد نظر پژوهش و آنچه در بوتۀ ابهام است را مشخص کند. هدف نویسنده در نگارش این بخش از مقاله چینش پشت سرهم نقل قول‌ها به‌طور مجزّا و نامربوط به‌هم نیست؛ بلکه هدف روایت یک جریان و بیان خلأ موجود است.

۲-۴. مواد و روش‌ها

نویسنده در روش پژوهش باید از بیان کلیات و تعاریف مربوط به روش پژوهش بپرهیزد و به‌تفصیل توضیح دهد که چگونه داده‌ها را جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل کرده است تا هدف یا اهداف پژوهش (یا حلّ خلأ علمی که در مقدمه بیان شد) را برآورد کند. این توضیحات باید به‌قدری دقیق باشد که هر خواننده‌ای در صورت نیاز بتواند مرحله به مرحله آن‌ها را انجام داده و به همان نتیجه‌ای برسد که نگارنده به آن رسیده است. منطقه مورد مطالعه نیز می‌تواند در این بند معرفی شود، ولی نویسنده می‌تواند در صورت ضرورت برای توضیحات تفصیلی، عنوان مستقلی به‌نام «**معرفی منطقه مورد بررسی**» باز کند و این عنوان را در محل مناسب که به‌طور معمول پیش از مواد و روش‌ها است، قرار دهد.

۲-۵. نتایج

در بخش نتایج، تنها باید مواردی بیان شود که درباره اهداف پژوهش است. از بیان روش پژوهش یا پیشینه یا هر موضوعی که ذهن خواننده را از موضوع دور می‌کند پرهیز شود. اگر نتایج پژوهش خیلی گسترده هستند، آن‌ها را به‌طور منظم طبقه‌بندی کرده و ذیل عنوان‌های مناسب، درباره آن‌ها توضیح دهید. در توضیحات خود از جدول‌ها و نمودارهای مناسب استفاده کنید و نتایج آماری را به زبان جغرافیا ترجمه کنید.

۲-۶. بحث

بحث مقاله به‌دلیل سنگین‌بودن آن و نیاز به تفکری عمیق و شاید وقت‌گیر، به‌طور معمول در معرض خطر است. در این بخش، به استناد مشاهدات بیشتر، مبانی نظری علم، سابقۀ پژوهش‌ها و تجربیات گذشتگان و همچنین تجزیه و تحلیل‌های آماری یا هر تحلیلی که نویسنده فکر می‌کند مناسب است و باید نشان داده شود که نتایج پژوهش تا چه حد به واقعیت نزدیک اند. در متن مقاله نوشتن این مطلب که با پژوهش دیگری همسویی دارد یا ندارد، مناسب نیست و این مسئله را تحلیل نویسنده باید نشان دهد نه ادعای وی؛ به‌عبارتی، نویسنده باید بکوشد با مقایسۀ پژوهش‌های متعدّد نشان دهد که واگرایی‌ها و همگرایی‌های بین پژوهش‌وی با دیگران در کجاست و به چه دلیل رخ داده است.

۲-۷. نتیجه‌گیری

بخش پایانی متن مقاله، نتیجه‌گیری است. این مبحث چکیده یا تکرار نتایج پژوهش نیست؛ بلکه نویسنده در این بخش به استناد بحثی که انجام داده است، حکم قطعی خود را به‌صورت کلی صادر می‌کند؛ به‌عبارتی، اکنون نتایج پژوهش نویسنده از صافی ارزیابی‌ای به‌نام بحث گذشته‌اند و برد اثرگذاری و کاربرد آن مشخص شده است و نتیجه‌گیری بهترین مبحثی است که نویسنده فرصت می‌یابد تا نتیجه به‌دست‌آمده و میزان اثرگذاری آن را گزارش کند. اگر نویسنده براساس تجربه‌ای که به‌دست آورده است احساس کند می‌تواند پژوهش خود را به‌شیوۀ خاصی ارتقا داده و حجم تعمیم‌پذیری آن را گسترش دهد یا به مدل‌های جدیدی دست یابد یا حلّ مسئله‌ای را بهبود بخشد، می‌تواند پیشنهادی خود را در نتیجه‌گیری ارائه دهد.

۲-۸. سپاسگزاری

چنانچه نویسنده یا نویسندگان در تهیه مقاله از منابع مالی سازمان یا نهادهای خاصی استفاده کرده‌اند، یا قصد تشکر و قدردانی از کسانی را دارند که در نگارش مقاله از آن‌ها یاری گرفته‌اند، باید در بخش سپاسگزاری به این مطلب اشاره کنند.

۲-۹. منابع پایانی

نشریۀ جغرافیا و پایداری محیط برای استناددهی یا شیوۀ ارجاع، سبک انجمن روان‌شناسی آمریکا که به‌اختصار APA (American Psychological Association) گفته می‌شود را به‌منزله معیار انتخاب کرده است فایل شیوه‌نامه را می‌توانید از اینجا دریافت کنید. در این شیوه، در متن ابتدا نام مؤلف یا مؤلفان و سپس سال انتشار آورده می‌شود و اگر نقل قول مستقیم باشد، شماره صفحه نیز پس از آن قید می‌شود. ارجاع، بسته به لحن بیان نویسنده ممکن است در شروع یا پایان

جمله یا متن آورده شود.

برای اهداف این نشریه، منابع مورد استفاده در متن مقاله در دو مجموعه فارسی و انگلیسی در آخر مقاله آدرس داده می‌شوند: در مجموعه اول منابع فارسی به همان زبان فارسی آورده می‌شود و در مجموعه دوم منابع فارسی برای استفاده انگلیسی زبان ها ترجمه می‌شود و در آخر آنها نیز عبارت (In Persian) آورده می‌شود.

نکته: خواهشمند است برای ترجمه منابع فارسی، به چکیده انگلیسی مقاله، صفحه عنوان انگلیسی کتاب، صفحه عنوان انگلیسی پایان‌نامه و... مراجعه کنید یا از مترجم کمک بگیرید. برنامه "Google Translate" پاسخ مناسبی به شما نمی‌دهد.

۲-۱۰. چکیده مبسوط

چکیده مبسوط انگلیسی و فارسی در حداقل ۷۰۰ و حداکثر ۱۰۰۰ کلمه به انتهای مقاله اضافه شود. این چکیده، باید خلاصه‌ای از مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه‌گیری و درنهایت واژگان کلیدی باشد.
"Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusion, Keywords"

۲-۳. شکل ظاهری مقاله

۲-۳-۱. حروف چینی مقاله باید در برنامه Word (۲۰۰۳ یا ۲۰۰۷)، در کاغذ A4 و با رعایت حاشیه سه سانتی‌متر از چپ و راست، چهار سانتی‌متر از بالا و دو سانتی‌متر از پایین باشد و فاصله میان سطرها یک سانتی‌متر (single) باشد.

۲-۳-۲. لازم است متن فارسی مقاله با قلم B Nazanin 13 و متن لاتین با قلم Times New Roman 11 نوشته شود. متن چکیده با قلم B Nazanin 10 Bold و دو سانتی‌متر تورفتگی از هر طرف نوشته شود. عنوان اصلی مقاله با قلم B Titr 14 و سایر عنوان‌ها با قلم B Nazanin 14 Bold تنظیم شوند. عنوان جدول‌ها، شکل‌ها و نمودارها با قلم B Nazanin 10 Bold باشد؛ متن جدول‌ها و زیرنویس‌های فارسی با قلم B Nazanin 10 و زیرنویس‌های لاتین با قلم Times New Roman 10 نوشته شوند. منابع پایانی فارسی با قلم B Nazanin 12 و منابع لاتین با قلم Times New Roman 11 نوشته شوند؛ همچنین لازم است اعداد داخل جدول‌ها فارسی باشند.

۲-۳-۳. اعداد در متن فارسی باید به فارسی و در متن لاتین به انگلیسی نوشته شوند.

۲-۳-۴. معادل فارسی اصطلاحات انگلیسی در متن نوشته و انگلیسی آن را در اولین ارجاع به‌صورت زیرنویس ارائه شود.

۲-۳-۵. استفاده از اختصارات انگلیسی و فارسی در متن مقاله بی‌مانع است؛ اما باید معادل فارسی و انگلیسی کامل آن در اولین باری که در متن آمده است، به‌صورت زیرنویس نوشته شود.

۲-۴. شکل‌ها و جدول‌ها

در تنظیم جدول‌ها، منحنی‌ها، شکل‌ها و تصاویر، رعایت نکات زیر الزامی است:

۲-۴-۱. در ترسیم نقشه‌ها سعی شود همه اصول کارتوگرافی رعایت شود. مختصات، مقیاس، راهنما، جهت نقشه و به‌ویژه عناوین عوارض مهم متن نقشه باید به‌صورت خوانا در آن درج شوند، به‌گونه‌ای که حتی پس از کوچک‌شدن نقشه، از وضوح آن‌ها کاسته نشود.

۲-۴-۲. متن شکل‌ها باید به‌صورت رنگی یا سیاه و سفید و با کیفیت مناسب و مطلوب تهیه شده (رزولوشن ۳۰۰ dpi) و شماره و عنوان آن‌ها در پایین آورده شود.

۲-۴-۳. عکس‌ها باید واضح، مطالب آن‌ها خوانا و دارای مقیاس باشند. ذکر مأخذ عکس‌ها یا شکل‌هایی که از منابع دیگر اقتباس شده‌اند الزامی است.

۲-۴-۴. قلم و اندازه آن به‌ویژه در مورد راهنما و متن نقشه‌ها و نمودارها به‌گونه‌ای انتخاب شوند که پس از کوچک‌شدن مقیاس شکل، برای چاپ نیز خوانا باشند.

۲-۴-۵. نمودارها به‌طور ساده ترسیم شوند، راهنمای عددی نمودارها باید فارسی باشد و از ترسیم نمودارهای چندبُعدی خودداری شود.

۲-۴-۶. همه عنوان‌ها، اعداد، واحدها و مقیاس‌ها در جدول‌ها، شکل‌ها و سایر قسمت‌های مقاله باید به فارسی باشند.

واحدهای استفاده شده نیز براساس سیستم متریک ذکر شوند.

۲-۴-۷. ارائه تصویری جدول‌ها، معادلات، مرجع‌ها یا نوشته‌های مستقیم روی شکل‌ها امکان ویرایش را از ویراستار سلب می‌کند؛ از این رو لازم است این موارد به صورت تایپ شده در متن آورده شوند.

۲-۵. شیوه ارجاع به منابع

۲-۵-۱. منابع مورد استفاده نباید از سی منبع کمتر باشد. ترجیحاً به منابعی که در ده سال اخیر چاپ شده‌اند (نه منابع قدیمی‌تر) ارجاع داده شود.

۲-۵-۲. تنها منابعی باید در پایان مقاله ذکر شوند که در متن نیز استفاده شده باشند و از ذکر منابع مشابه و کم‌اهمیت خودداری شود.

۲-۵-۳. در ارجاعات درون‌متنی، نام نویسندگان انگلیسی به فارسی نوشته شوند و در اولین ارجاع، معادل انگلیسی آن‌ها زیرنویس شود.

۲-۵-۴. در پایان مقاله، نخست منابع فارسی و به دنبال آن منابع خارجی، به صورت مقاله، کتاب، مرجع اینترنتی و... (براساس نمونه‌های زیر)، به ترتیب حروف الفبای فارسی یا انگلیسی تنظیم شوند. منبع‌های با سال متفاوت انتشار، نگارنده (گان) به ترتیب صعودی سال انتشار و مربوط به یک سال با افزودن حروف «الف»، «ب»، «پ» و ... یا «a»، «b» و «c» و غیره پس از سال انتشار آورده شوند.

۲-۵-۵. آدرس هر منبعی که در متن آورده شده است باید در آخر مقاله نیز بیاید.

۲-۵-۶. نحوه ارجاع به منابع در داخل متن باید به این ترتیب باشد:

– کتاب و نقل قول‌های مستقیم: نام خانوادگی نویسنده، سال انتشار: شماره صفحه؛ مانند (علیجانی، ۱۳۸۷: ۲۲)

– مقاله: نام خانوادگی نویسنده (گان)، سال انتشار؛ الف: تعداد نویسندگان یک نفر باشد (علیجانی، ۱۳۸۴)؛ ب: تعداد نویسندگان دو نفر باشد: (علیجانی و کاویانی، ۱۳۸۴)؛ ج: تعداد نویسندگان بیش از دو نفر باشد: (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۴).

۲-۵-۷. شیوه نگارش مشخصات منابع، در انتهای مقاله باید بر اساس شیوه‌نامه APA و مانند مثال‌های زیر باشد:

نوع منبع: کتاب	الگوی کلی	نام خانوادگی نویسنده اول، نام نویسنده اول؛ نام خانوادگی نویسنده دوم، نام نویسنده دوم و نام خانوادگی نویسنده چندم، نام نویسنده چندم (سال انتشار). عنوان کتاب (به صورت کج‌نویسی). محل انتشار: ناشر.
	مثال فارسی	روستایی، شهرام و جباری، ایرج (۱۳۸۶). ژئومورفولوژی مناطق شهری. تهران: سمت.
نوع منبع: کتاب ترجمه شده	الگوی کلی	نام خانوادگی، نام (تاریخ انتشار ترجمه). نام کتاب (به صورت کج‌نویسی). مترجم: نام و نام خانوادگی مترجم. محل انتشار ترجمه: ناشر.
	مثال فارسی	شلتن، مارلین (۱۳۹۰). هیدروکلیما/تولوژی. مترجم: حسن ذوالفقاری. کرمانشاه: دانشگاه رازی.
نوع منبع: مقالات مجلات	الگوی کلی	نام خانوادگی نویسنده اول، نام نویسنده اول؛ نام خانوادگی نویسنده دوم، نام نویسنده دوم و نام خانوادگی نویسنده چندم، نام نویسنده چندم (سال انتشار). عنوان مقاله. نام مجله (به صورت کج‌نویسی)، سال یا دوره (به صورت کج‌نویسی) (شماره)، صفحه آغاز مقاله-صفحه پایان مقاله. شناسه راقومی مقاله یا DOI (در صورت دارا بودن)
	مثال فارسی	ذوالفقاری، حسن؛ رحیمی، حمید؛ اوجی، روح... (۱۳۹۶). ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر درجه‌روهای گرمایشی و سرمایشی ایران. جغرافیا و پایداری محیط، ۷ (۲۲)، ۱-۲۰.

Lee, J. A., Gill, T. E., Mulligan, K. R., Dominguez Acosta, M., & Perez, A. E. (2009). Land use/land cover and point sources of the 15 December 2003 dust storm in southwestern North America. <i>Geomorphology</i> , 105 (1–2), 18–27. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.12.016	مثال انگلیسی	
نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده (تاریخ انتشار). عنوان پایان‌نامه/رساله (به‌صورت کج‌نویسی). پایان‌نامه مقطع رشته، نام دانشگاه.	الگوی کلی	نوع منبع:
احمدی ملاوردی، مجید (۱۳۹۲). اصلاح و واسنجی شاخص LFH جهت پهنه‌بندی سیل رودخانه قره‌سو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه رازی.	مثال فارسی	پایان‌نامه و رساله
نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده (تاریخ انتشار). نام مقاله. در: نام ویراستار، نام مجموعه (به‌صورت کج‌نویسی)، (صص شماره صفحات). محل انتشار: ناشر.	الگوی کلی	نوع منبع:
شریف‌زاده، رضا (۱۳۷۷). اصول مدیریت بحران در حوادث غیر مترقبه و بلایای طبیعی. در: محمود حسینی، مجموعه مقالات اولین همایش ملی مهندسی زلزله شریان‌های حیاتی، (صص. ۳۴۳–۳۴۹). تهران: مؤسسه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله.	مثال فارسی	مجموعه مقالات
نام سازمان یا نهاد (سال انتشار). عنوان کتاب (به‌صورت کج‌نویسی). محل انتشار: ناشر.	الگوی کلی	نوع منبع:
شهرداری شیراز (۱۳۹۵). آخرین تقسیمات کشوری شهرستان شیراز. شیراز: استانداری فارس.	مثال فارسی	کتاب منتشر شده در سازمان‌ها یا نهادها
نام خانوادگی نویسنده، نام نویسنده (در صورت وجود تاریخ انتشار). عنوان مطلب مورد استفاده (به‌صورت کج‌نویسی). برگرفته از: آدرس اینترنتی.	الگوی کلی	نوع منبع:
مرکز ملی خشکسالی و مدیریت بحران (۱۳۹۶). گزارش وضعیت خشکسالی هواشناسی کشور سال زراعی ۹۶–۱۳۹۵. برگرفته از: http://ndc.irimo.ir/far/index.php	مثال فارسی	وبگاه اینترنتی

در صورت استفاده از سایر منابع اطلاعاتی از شیوه‌نامه APA استفاده کنید.

گفتار سردیر

با شیوع بیماری «کووید ۱۹» در اواخر سال ۲۰۱۹ میلادی (اواخر پاییز سال ۱۳۹۸) هماهنگ و همگام با دیگر متخصصین از حوزه‌های مختلف علمی، اظهار نظرها و تحلیل‌های علمی از سوی جامعه جغرافی‌دانان نیز آغاز شد. با جدی‌شدن بحران، وزارت علوم از پژوهشگران کمک عملی درخواست نمود و نشریه جغرافیا و پایداری محیط نیز به احترام این دعوت، از جغرافی‌دانان برای مدیریت این بحران یاری طلبید و به دولت خاطرنشان کرد که این مجموعه چگونه می‌تواند در مدیریت علمی بحران با آن‌ها همگام شود؛ ولی این همکاری به پشتوانه اراده جدی دولت نیاز داشت که محقق‌نشدن آن، فرصت‌ها را از جامعه گرفت. نشریه جغرافیا و پایداری محیط با اعتقاد به توانمندی‌های جغرافیا در هر مقطعی از بحران، این‌بار از جامعه جغرافیایی کشور به گونه دیگری دعوت به عمل می‌آورد تا شعارهای خود را به واقعیت تبدیل کنند.

اکنون که در متن انتشار ویروس کرونا قرار گرفته‌ایم و ناپایداری فضای جغرافیایی کشور به وسیله انتشار این ویروس تشدید می‌شود، با توجه به شرایط خاص طبیعی (اقلیمی، ژئومورفولوژی و اکولوژیک) و به‌ویژه انسانی (سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و فرهنگی) کشورمان ممکن است شرایط بحرانی‌تر در راه باشد که با پیش‌بینی آن بتوانیم با کمترین آسیب از آن عبور کنیم و دست‌کم خود را بی‌قید و شرط در برابر حوادث آینده تسلیم نکنیم. باید دانست چه چیزی اتفاق افتاده و چه چیزی در شرف وقوع است که در خیلی از کشورهای کم‌رشد، باوجود اقدامات نه‌چندان محکم، تعداد مبتلایان رو به کاهش می‌گذارد؟ علل جغرافیایی نوسانات تعداد مبتلایان در جهان، منطقه و شهرهای کشور خودمان چیست؟ تصمیمات سیاسی و اقتصادی چه نقشی در این رویدادها ایفا می‌کند؟

این‌ها ساده‌ترین پرسش‌هایی هستند که پاسخ آن‌ها در دستان توانمند جغرافی‌دانان ماهر کشورمان که سال‌ها را برای اثبات خود کوشیده‌اند، قرار دارد و شگفتا بررسی شماره اخیر نشریات داخلی کشور مانند نشریه بین‌المللی علوم و مدیریت محیطی نشان می‌دهد که بیشتر مقالات آن به «کوید ۱۹» اختصاص یافته و حتی پراکندگی فضایی و مکانی این بیماری و الگوهایی که به‌دست آمده نیز، به شیوه کاملاً جغرافیایی بررسی شده است. در هر حال، امید می‌رود جغرافی‌دانان این فرصت را غنیمت شمرده و با نشان‌دادن عملی توانمندی‌های خود در مشارکت در مدیریت مخاطرات محیطی از زیر بار مسئولیت سنگینی که سال‌ها با شعار کاربردی‌بودن جغرافیا در برابر نسل جوان جغرافیا ایجاد کرده‌اند، سربلند و بافتخار بیرون بیایند. در این راستا نشریه جغرافیا و پایداری محیط با افتخار آمادگی خود را برای پذیرش و چاپ این‌نوع مقالات اعلام می‌دارد.

فهرست مطالب

- ارزیابی اختلاط کاربری در سطح معابر شهری به کمک تحلیل‌های مکانی و روش ضریب جینی.....۱
حمید مطیعان، محمد آزموده
- بررسی ارتباط بین آلاینده‌های هوا و پارامترهای هواشناسی در بخش کشاورزی استان مازندران با استفاده از رگرسیون لجستیک.....۱۷
مجید قربانی، ابوالفضل محمودی، محسن شوکت فدایی، محمد خالدي
- الگوی کاربری ترکیبی در بافت‌های فرسوده ناکارآمد منطقه هجده شهر تهران و نقش آن در بازآفرینی پایدار محله‌ای.....۳۹
مجتبی روستائی، احمد پوراحمد، نفیسه مرصوصی، اسماعیل علی‌اکبری
- پراکنش سازندهای مارنی، کاربری اراضی و فرسایش غالب آن‌ها در استان کرمانشاه.....۵۳
مسیب حشمتی، حمیدرضا پیروان، محمد قیطوری، مجید احمدی ملاوردی، علی مرادپور
- نقش بادشکن بیولوژیک در ایجاد میکرواقلیم در مناطق بیابانی دهلران، ایلام.....۷۳
مرضیه میرحسینی، نورالدین رستمی، مسعود بازگیر، محسن توکلی
- پایش امنیت اکولوژیک شهرستان اصفهان با رهیافت خدمات اکوسیستمی.....۹۱
مصطفی کشتکار، رومینا سیاح‌نیا
- مدل‌سازی مطلوبیت زیست‌گاه گاز خاکستری در ایران.....۱۰۹
فاطمه بیگلری قوچان عتیق، آریتا فراشی، میترا شریعتی نجف‌آبادی



Evaluating Land use Mixed-ness on Street Level through Spatial Analyses and Gini Method

Hamid Motieyan^{1*}, Mohammad Azmoodeh²

¹ Department of Geomatics, Faculty of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran

² Department of Highway and Transportation Engineering, Faculty of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 23 October 2020

Accepted 26 January 2021

Available online 26 January 2021

Keywords:

Land use mixed-ness, Spatial Equity, Gini Index, Urban Planning, Spatial Analysis, Geographical Information System.

Citation: Motieyan, H., Azmoodeh, M. (2021). Evaluating Land use Mixed-ness on Street Level through Spatial Analyses and Gini Method. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (4), 1-15.

doi: [10.22126/GES.2021.5844.2308](https://doi.org/10.22126/GES.2021.5844.2308)

ABSTRACT

The increasing use of motor vehicles is one of the consequences of urbanization, which in addition to problems such as traffic and air pollution, will reduce the physical activity of residents and affect the general health of society. As a result, one of the most effective ways to tackle this problem in recent decades has been to increase people's accessibility to a variety of land uses by reducing travel distance or properly mixing land uses. Therefore, this challenge has led various researchers around the world to seek new ways of urban management to solve this problem. One of the most significant approaches to increase accessibility is proper mixed land use in urban areas. This study aims to calculate equality in the distribution of urban uses along the street network of Valiasr neighborhood, located in District 6 of Tehran Municipality by using GIS as a spatial analyst tool and Gini index as an indicator for the level of justice in distribution. Based on the number of land uses among longitudinal deciles of each street, this analysis has determined the level of equality in the distribution of land uses by the Gini index, for each passage and the whole neighborhood. The findings show that the Valiasr neighborhood with a Gini index of 0.3 owns a relatively good equality in the distribution of land uses. In addition, a comparison of the results with the findings of other studies reveals that the Gini index of each neighborhood can be a good indicator to measure the land use mixed-ness, walkability, and accessibility to urban and transportation infrastructure in a region. Besides, it can be used along with other factors in regional or urban planning due to the justice-oriented essence of Gini index.



ارزیابی اختلاط کاربری در سطح معابر شهری به کمک تحلیل‌های مکانی و روش ضریب جینی

حمید مطیعان^{۱*}، محمد آزموه^۲

^۱ گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران
^۲ گروه مهندسی راه و ترابری، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، ایران

چکیده

مشخصات مقاله

استفاده روزافزون از وسایل نقلیه موتوری یکی از پیامدهای شهرنشینی است که افزون بر بروز مشکلاتی همچون ترافیک و آلودگی هوا، موجب کاهش فعالیت فیزیکی افراد و به تبع آن، سلامت عمومی جامعه خواهد شد. در نتیجه، یکی از مؤثرترین راهکارهای مقابله با این چالش در دهه‌های اخیر، افزایش دسترسی افراد به انواع کاربری‌های شهری به وسیله کاهش مسافت سفر یا اختلاط مناسب کاربری‌ها بوده است؛ بنابراین این چالش موجب شد تا پژوهشگران مختلفی در سراسر دنیا برای رفع این مشکل، در پی شیوه‌های نوین مدیریت شهری باشند. یکی از مهم‌ترین روش‌های افزایش دسترسی، اختلاط مناسب کاربری‌ها در مناطق شهری است. در نوشتار پیش رو با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان تحلیل‌گر مکانی و شاخص جینی به مثابه شاخص میزان عدالت در توزیع، برابری در توزیع کاربری‌های شهری در طول معابر محله ولیعصر، واقع در منطقه ۶ شهرداری تهران محاسبه شده است. این تحلیل براساس تعداد کاربری‌های موجود در دهک‌های طولی هر معبر، میزان برابری در توزیع کاربری‌های هر معبر را با شاخص جینی برای معبر و محله بیان کرده است. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که محله ولیعصر با شاخص جینی ۰/۳ از برابری کمابیش مناسبی در توزیع کاربری‌ها برخوردار است. افزون بر این، مقایسه نتایج با یافته‌های دیگر مطالعات نشان می‌دهد که شاخص جینی هر محله می‌تواند نماینده مناسبی برای اندازه‌گیری میزان اختلاط کاربری، قابلیت پیاده‌روی و دسترسی به زیرساخت‌های شهری و حمل و نقلی در سطح یک منطقه شهری باشد؛ همچنین به دلیل ماهیت عدالت‌محور، این شاخص می‌تواند در کنار دیگر فاکتورها در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای یا شهری استفاده شود.

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۲ اردیبهشت ۱۳۹۹

پذیرش ۷ بهمن ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۷ بهمن ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

اختلاط کاربری، عدالت فضایی، شاخص جینی، تحلیل مکانی، سیستم اطلاعات جغرافیایی.

استناد: مطیعان، حمید؛ آزموه، محمد (۱۳۹۹). ارزیابی اختلاط کاربری در سطح معابر شهری به کمک تحلیل‌های مکانی و روش ضریب جینی. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۰ (۴)، ۱-۱۵.

doi: [10.22126/GES.2021.5844.2308](https://doi.org/10.22126/GES.2021.5844.2308)

مقدمه

امروزه مسئله رشد شهر و شهرنشینی باعث شده است که نحوه چیدمان و قرارگیری کاربری‌های مختلف شهری در کنار یکدیگر کمتر مورد توجه قرار گیرد (موحدی و همکاران، ۱۳۹۴). درحالی که این چیدمان تأثیر به‌سزایی در برنامه‌ریزی شهری به‌ویژه الگوهای حمل و نقل شهری دارد، به‌گونه‌ای که چگونگی قرارگیری کاربری‌های مختلف (مانند کاربری‌های تجاری، اداری، آموزشی، تفریحی و غیره) در کنار یکدیگر تعیین‌کننده مسافت لازم برای تأمین نیازهای افراد است (جیکوبز، ۱۳۸۶؛ سلطانی و همکاران، ۱۳۹۱).

چنانچه مسافت‌ها بین کاربری‌های مرتبط زیاد شود، ساکنان منطقه مجبور هستند تا برای سفرهای خود از وسایل نقلیه موتوری استفاده کنند و بدین ترتیب شهر با مشکلات مختلفی همچون ترافیک، آلودگی‌های مختلف و کاهش فعالیت فیزیکی افراد روبه‌رو می‌شود (صیامی و خلیق، ۱۳۹۶)؛ همچنین درمقابل این حالت، تقلیل این مسافت‌ها می‌تواند باعث شود که ساکنان منطقه برای انجام سفرهای غیر کاری خود، از روش‌های پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری استفاده کنند تا افزون بر کاهش ترافیک و مشکلات ناشی از آن مانند آلودگی‌های زیست‌محیطی و غیره، باعث افزایش فعالیت فیزیکی ساکنان و درنهایت سلامت آن‌ها شود (ویچ^۱ و همکاران، ۲۰۱۹؛ ریگز^۲، ۲۰۱۶؛ دورسا و میگیلور^۳، ۲۰۲۰)، بنابراین، موضوع پیش‌گفته باعث شد تا پژوهشگران مختلفی در سراسر دنیا به‌دنبال شیوه‌های نوین مدیریت شهری و رشد شهری باشند تا این مسائل را پوشش دهند. در همه این شیوه‌ها، اختلاط کاربری نقش اصلی را دارد تا بتواند نکات مطرح‌شده را در برنامه‌ریزی‌ها پوشش دهد (هوپنبروور و لو^۴، ۲۰۰۵؛ سونگ و ناپ^۵، ۲۰۰۴؛ مطیعیان و مسگری^۶، ۲۰۱۸؛ جوادی و همکاران، ۱۳۹۱). در این راستا، ارزیابی اختلاط کاربری به‌صورت قابل سنجش بسیار کلیدی بوده به‌طوری که چگونگی ارزیابی کمی اختلاط کاربری در سطوح و مقیاس‌های مختلف شهری بسیار مورد توجه است. از آنجاکه این سنجش با روابط مکانی بین قطعات ملکی و کاربری آن‌ها مرتبط است، یکی از ابزارهای اجتناب‌ناپذیر در این موضوع، سیستم اطلاعات مکانی است که با فراهم‌آوردن تحلیل‌ها و مدل‌های مکانی، به حل مسائل مکانی مانند اختلاط کاربری کمک شایانی می‌کند (جوادی و همکاران، ۱۳۹۲).

پژوهش‌های فراوانی در راستای ارائه روشی جامع و با دقت بالا برای ارزیابی اختلاط کاربری صورت گرفته است. از لحاظ شناسایی تنوع کاربری‌ها، شاخص‌های ارزیابی اختلاط را می‌توان به دو گروه شناسایی تنوع میان دو کاربری و برای بیش از دو کاربری تقسیم‌بندی کرد. که برای دسته اول شاخص اتکینسون^۷ و برای دسته دوم شاخص‌های انترپوی و HHI می‌توانند استفاده شوند (جوادی و همکاران، ۱۳۹۲)؛ همچنین، هریک از این شاخص‌ها برای اهدافی مانند ارزیابی توسعه حمل و نقل محور^۸ و پیاده‌روی استفاده شده‌اند (موحدی و همکاران، ۱۳۹۴؛ گیر و کوپین^۹، ۲۰۱۹)؛ برای مثال در برخی مطالعات، اختلاط کاربری با ارزیابی پیامد آن مانند ارزیابی سطح دسترسی منطقه ارزیابی شده است، به‌طوری که در مناطقی که اختلاط کاربری بهتری داشته باشند، سطح دسترسی در منطقه بالاتر می‌رود (جوادی و همکاران، ۱۳۹۱، گرکه و کلیفتون^{۱۰}، ۲۰۱۹).

1- Vich

2- Riggs

3- D'Orso & Migliore

4- Hoppenbrouwer & Louw

5- Song & Knaap

6- Motieyan & Mesgari

7- Atkinson

8- Transit-Oriented Development (TOD)

9- Geyer & Quin

10- Gehrke & Clifton

اگرچه این روش می‌تواند تاحدودی چگونگی پخش‌شدگی کاربری‌ها را ارائه دهد، اما این پخش‌شدگی نسبت به تعدادی از کاربری‌های خاص و از نقاطی معین است و چگونگی قرارگیری کاربری‌ها و اثر متقابل آن‌ها در کنار یکدیگر را بررسی نمی‌کند؛ ازسویی شناسایی رابطه اختلاط و اهداف توسعه حمل و نقل، به‌ویژه توسعه پایدار، نیز مهم است. نتایج بررسی‌های صورت گرفته در شهر مشهد نشان می‌دهد مقدار پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری در محله‌ها و تعداد کاربری‌های خدماتی محله، بیان‌کننده رابطه تنگاتنگ این دو عامل بوده است، به‌طوری که اختلاط کاربری تأثیر به‌سزایی در افزایش مقدار پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری محله دارد (صیامی و خلیق، ۱۳۹۶).

در پژوهش‌های صورت گرفته برای مدل‌سازی اختلاط کاربری بیشتر از مدل انتروپی استفاده شده است، اما این مدل به‌همراه مدل‌هایی همچون تعادل، HHI و نسبت ازجمله شاخص‌های پیوسته هستند، به‌طوری که بین کاربری‌های مختلف دسته‌بندی انجام نمی‌دهد. بدین‌صورت که در این شاخص‌ها مکان کاربری‌های مختلف و چگونگی تعامل آن‌ها به‌صورت مستقیم در نظر گرفته نمی‌شود و به‌صورت آماری درصد اشغال‌شده کاربری‌ها را در منطقه ارزیابی می‌کنند (زاگورسکاس^۱، ۲۰۱۶؛ شارما^۲ و همکاران، ۲۰۲۰)؛ بنابراین این شاخص‌ها بیشتر برای ارزیابی تنوع کاربری مناسب هستند. این درحالی است که شاخص اختلاط فراتر از تنوع کاربری است و باید سطح درآمیختگی و نحوه توزیع کاربری‌های مختلف را در سطوح ریزتری ارزیابی کند تا بتواند مسائلی همچون ارزیابی پیاده‌روی که وابستگی زیادی به اختلاط کاربری دارند را ارزیابی کنند (ایم^۳ و همکاران، ۲۰۲۰)؛ برای نمونه یک منطقه می‌تواند تنوع کاربری بالایی داشته باشد (برای مثال مجتمع تجاری بزرگی در منطقه باشد)، اما در سایر قسمت‌ها تنها کاربری مسکونی موجود باشد؛ ولی بی‌شک اختلاط و درآمیختگی مناسبی بین کاربری‌ها نسبت به حالتی که به‌اندازه همان مساحت مجتمع، کاربری‌های تجاری مختلفی در منطقه پخش شده‌اند، ندارد؛ اگرچه مقدار تنوع کاربری برای منطقه در هر دو حالت برابر است (مطیعیان و مسگری، ۲۰۱۸). به همین منظور آن‌ها شاخصی را در سطح ریزتری ارائه دادند. بر این اساس، اطراف معابر حریم زده و تعداد کاربری‌های جذاب سفر و مسکونی را شمارش و اختلاط را برای معابر مشخص شده به‌دست آوردند (ژانگ و گایدن^۴، ۲۰۰۶؛ مطیعیان و مسگری، ۲۰۱۸). اگرچه این روش نسبت به مدل‌های پیشین پیشرفت قابل توجهی داشت؛ اما مدل یادشده نیز مشکلاتی در ارزیابی چگونگی پخش‌شدگی کاربری‌های مختلف در حریم مورد نظر ندارد.

برخی از کاستی‌های مطالعات گفته‌شده را می‌توان با استفاده از برخی شاخص‌های آماری قابل استفاده در این حوزه پوشش داد؛ برای مثال، برخی پژوهشگران از ضریب جینی به‌عنوان شاخصی برای میزان عدالت در پراکندگی کاربری‌ها استفاده کرده‌اند (جانگ^۵ و همکاران، ۲۰۱۷؛ آلتوف^۶ و همکاران، ۲۰۱۷؛ پریچارد^۷ و همکاران، ۲۰۱۹). شاخص جینی شاخص آماری‌ای برای اندازه‌گیری توزیع داده‌ها در میان یک جمعیت است که اغلب به‌منظور سنجش نابرابری اقتصادی یا به‌عبارتی چگونگی توزیع ثروت میان افراد جامعه مورد استفاده قرار می‌گیرد؛ اما این شاخص در حوزه برنامه‌ریزی شهری مانند بررسی عدالت افقی و عمودی در توزیع کاربری‌ها استفاده شده است (زاگورسکاس، ۲۰۱۶؛ شارما و همکاران، ۲۰۲۰). با محاسبه میزان دسترسی افراد به کاربری‌ها و سپس استفاده از شاخص جینی، میزان عدالت فضایی در دسترسی هر درصدی از جمعیت ساکن به کاربری‌های مورد نظر تعیین

1- Zagorskas

2- Sharma

3- Im

4- Zhang & Guidon

5- Jang

6- Althoff

7- Pritchard

می‌شود. این اندازه‌گیری برای عدالت در دسترسی به تعداد زیادی از انواع کاربری‌ها مانند خدمات درمانی و پارک‌ها و با مدهای مختلف حمل و نقلی صورت گرفته است. به‌طور کلی شاخص جینی میزان برخورداری هر گروه از یک قابلیت را بیان می‌کند و بازه تغییرات آن بین صفر (عدالت کامل) تا یک (بی‌عدالتی کامل) است (جانگ و همکاران، ۲۰۱۷).

در مطالعات برنامه‌ریزی حمل و نقل و برنامه‌ریزی شهری انجام‌شده در سراسر دنیا، از ضریب جینی به‌طور عمده به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم بررسی عدالت در چگونگی توزیع کاربری‌های زمین و تسهیلات حمل و نقلی نیز استفاده می‌شود (جانگ و همکاران، ۲۰۱۷). در ایران نیز به‌دلیل مشکلات عمده در عدالت فضایی افراد در شهرها، پژوهش‌های مختلفی انجام شده است. این مطالعات شامل مدل‌هایی هستند که با استفاده از تحلیل مکانی سیستم اطلاعات جغرافیایی و شاخص جینی، میزان عدم توازن یا برقراری عدالت در توزیع تسهیلات و تقاضای ساکنان را بررسی می‌کند. برای سنجش توزیع تسهیلات شهری، توزیع کاربری‌های اراضی (داداش‌پور^۱ و همکاران، ۲۰۱۶)، اثرگذاری توسعه سیستم حمل و نقل عمومی از راه میزان قدرت اتصال‌دهندگی مدهای حمل و نقلی در بالابردن عدالت دسترسی افراد (مرتضوی و اکبرزاده^۲، ۲۰۱۷) یا به‌طور ترکیبی، مدت‌زمان دسترسی به کاربری‌های تجاری (فروشگاه) با استفاده از حمل و نقل عمومی، خودروی شخصی و پیاده (طهماسبی^۳ و همکاران، ۲۰۱۹) بررسی شده‌اند تا برای میزان عدالتی که توسعه آینده برای شهروندان به‌ارمغان خواهد آورد، برنامه‌ریزی انجام دهند؛ اما در مواردی که از این شاخص درمورد اختلاط کاربر استفاده شده است، کمبودهایی مشاهده می‌شود. اول اینکه شاخص جینی مورد استفاده بر مبنای عدالت در پخش‌شدگی کاربری‌های از یک یا دو نوع بهره می‌برد، در صورتی که در محاسبه عدالت توزیع تعداد کاربری‌های بیشتر، استفاده نشده است. این دلیل به این خاطر است که در رابطه استفاده‌شده، مساحت کاربری‌ها به‌عنوان کمیت تجمعی استفاده می‌شود؛ اما این مسئله می‌تواند با محاسبه کمیتی دیگر ارتقا یابد.

مشکل دیگر ضریب جینی مورد استفاده این است که کمیت مورد بررسی را در واحد مساحت بررسی می‌کند. این درحالی است که اختلاط کاربری به‌طور معمول برای معابر استفاده می‌شود که واحد طولی دارد. اگر واحدها به‌صورت سطحی باشد، آنگاه برای محاسبه اختلاط کاربری معابر، اطلاعات کوچه‌های مسکونی و بلوک‌های مسکونی غیر مجاور معبر نیز در اختلاط کاربری معبر نیز در نظر گرفته می‌شود؛ بنابراین استفاده از ضریب جینی که بر مبنای واحدهای طولی به‌جای سطحی عمل کند، می‌تواند بسیار استفاده شود. افزون بر این، از آنجاکه در محاسبه ضریب جینی باید عاملی که برای آن ضریب جینی را محاسبه می‌کنیم تقسیم‌بندی کنیم (که به‌طور معمول به‌صورت دهک انجام می‌شود)، اگر این عامل به‌صورت سطحی باشد، حالات نامحدودی برای این تقسیم‌بندی وجود خواهد داشت؛ همچنین، هرچند شاید این تقسیم‌بندی‌ها در واحدهای سطحی معنی‌داری نباشند، اما درمورد عوامل خطی این تقسیم‌بندی محدود و معنی‌دار است؛ از طرفی، برخی از پژوهشگران نیز برای محاسبه اختلاط از شاخص دسترسی استفاده کردند تا بتوانند به‌صورت فاصله‌ای عمل کنند. بدین‌صورت که در فاصله‌ای مشخص، تعداد کاربری خاصی را شمارش می‌کنند یا فاصله نقاط مبدأ از کاربری‌هایی مشخص را ارزیابی می‌کنند.

این ارزیابی‌های دسترسی مبنای، از نقاط محدودی محاسبه می‌شوند و ماهیت گسسته دارند؛ از طرفی دیگر، دسترسی میزان اختلاط کاربری‌ها را نشان نمی‌دهد؛ بلکه فاصله نقاط مبدأ تا مقصدهای خاصی را بیان می‌کند. این مسئله در مواردی صادق است که اختلاط در منطقه‌ای بالا باشد، در نتیجه دسترسی‌ها افزایش یافته؛ زیرا فاصله بین

1- Dadashpoor

2- Mortazavi & Akbarzadeh

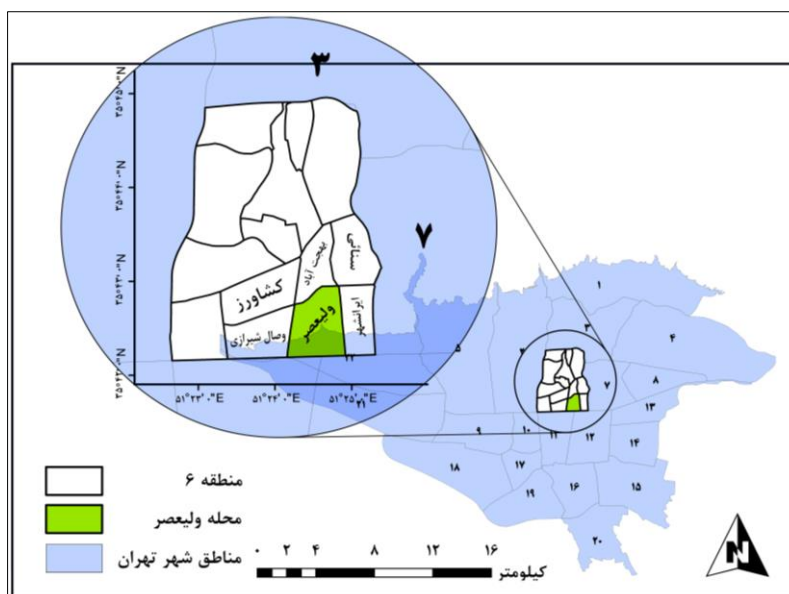
3- Tahmasbi

کاربری‌ها کاهش می‌یابد؛ اما برعکس آن صادق نیست، یعنی الزاماً با افزایش دسترسی، مقدار اختلاط افزایش پیدا نمی‌کند؛ زیرا می‌تواند فاصله کاربری‌ها از مبدأ کاهش یابد و در بخشی متمرکز شوند؛ اما شرایط اختلاط در کل معبر یا منطقه بهبود نیابد، بلکه بدتر شود (جوادی و همکاران، ۱۳۹۲).

هدف اصلی نوشتار پیش رو ارائه مدلی است که میزان درآمیختگی کاربری‌های مختلف در واحدهای مختلف را بررسی کند، به‌طوری که نقاط ضعف مطالعات گذشته را پوشش داده و تنها بیان‌کننده میزان تنوع کاربری نباشد؛ بنابراین شاخص ضریب جینی استفاده شده است تا میزان پخش‌شدگی خطی کاربری‌ها را در معابر بررسی کرده و به‌صورت کمی این پخش‌شدگی را بیان کند. ضریب جینی قادر است میزان ناهمگونی در توزیع انواع کاربری در طول معبر را بیان کند. وجه تمایز این مطالعه نسبت به مطالعات گذشته در نظر گرفتن فاصله کاربری‌ها در محاسبه میزان پخش‌شدگی است که منجر به ارزیابی مناسب نتایج به‌دست‌آمده خواهد شد؛ بنابراین انتظار می‌رود که این مدل در برنامه‌ریزی‌های شهری مانند پیاده‌روی، توسعه شهری، برنامه‌ریزی حمل و نقل و غیره به‌صورت مؤثرتری استفاده شود.

معرفی منطقه مورد بررسی

محله ولیعصر، یکی از چهارده محله واقع در جنوب شرقی منطقه ۶ شهر تهران و زیرمجموعه ناحیه ۱ از نواحی شش‌گانه این منطقه به‌شمار می‌آید که از جنوب به خیابان انقلاب، از شرق به خیابان ولیعصر، از غرب به خیابان شهید سپهبد قرنی و از شمال به خیابان کریم‌خان زند منتهی می‌شود. مطابق آمار سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ سازمان آمار ایران، این محله دارای مساحتی معادل ۱۵۲۶۸۵۸ متر مربع و جمعیت ۱۲۷۴۷ نفر است (مرکز آمار تهران، ۱۳۹۵). موقعیت قرارگیری محله و هم‌جواری با مناطق ۱۱ و ۱۲ موجب شده باوجود بافت غالب مسکونی، تراکم زیادی از واحدهای تجاری - اداری و آموزشی نیز در این ناحیه حضور داشته باشند. به‌طوری که حدود ۳۸٪ از کاربری‌های محله را کاربری‌های مسکونی، ۴۵٪ کاربری‌های اداری، تجاری، مختلط خدماتی و مختلط خدماتی - مسکونی، ۵٪ آموزشی و بقیه را دیگر کاربری‌ها تشکیل می‌دهند. از مهم‌ترین کاربری‌های موجود در این محله می‌توان به دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دانشکده هنر دانشگاه تهران، بیمارستان‌های فیروزگر و ۱۵ خرداد اشاره کرد. شکل ۱، موقعیت جغرافیایی محله ولیعصر را نمایش می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

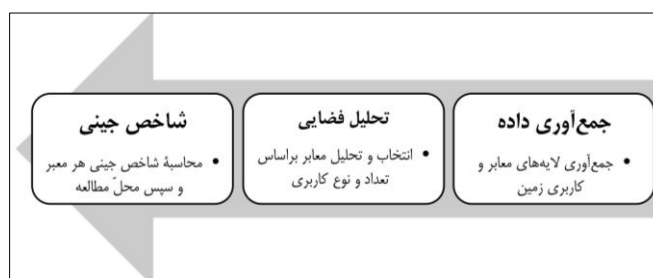
به‌طور کلی، پژوهش حاضر در نظر دارد روشی ارائه دهد تا با تحلیل فضایی مشخصات معابر و کاربری اراضی در یک منطقه، را روش جینی، عدالت در توزیع کاربری‌ها در راستای معابر و در سطح منطقه را به‌صورت کمی بررسی کند. به همین منظور چارچوب نوشتار پیش رو در چند گام اساسی اجرا خواهد شد (شکل ۲). گام اول شامل جمع‌آوری داده‌های مرتبط با توزیع کاربری‌های زمین است. به همین منظور لایه‌های معابر و کاربری‌هایی که قابلیت اجرای تحلیل‌های مکانی دارند از راه مراجع اداری جمع‌آوری شده‌اند. این لایه‌ها در کنار نمایش مشخصات معبر، نشان‌دهندی نوع، تعداد و محل کاربری‌های قرارگرفته در راستای طول هر معبر و به‌صورت خطی هستند. در گام دوم، به‌منظور ارائه مدل محاسبات، معبری که دارای طول بیشتری هستند و در توزیع کاربری‌های منطقه اهمیت بالاتری دارند، انتخاب شده و لایه معابر مورد بررسی را تشکیل می‌دهند. هرچند تمامی گذرگاه‌ها در میزان پراکندگی کاربری‌ها دخیل هستند؛ ولی از آنجاکه افزون بر تأثیر اندک در نتایج نهایی بسیاری از آن‌ها از تعداد کاربری کمی در راستای طولی برخوردار بوده‌اند، در تحلیل نهایی از آن‌ها چشم‌پوشی شده است. در نتیجه، نوع و تعداد هر کاربری موجود در بخش‌های متفاوت از طول یک معبر شناسایی شده و در تحلیل نهایی دخیل خواهد بود. در گام سوم و نهایی، با استفاده از مفهوم و روابط شاخص جینی، با تقسیم هر معبر به دهک‌های (قطعه) مساوی، میزان عدالت در توزیع کاربری‌ها در هر معبر محاسبه شده است. عدد مرتبط با شاخص جینی یکنواختی در توزیع کاربری اراضی را توضیح می‌دهد؛ همچنین در مرحله نهایی میانگین ضرایب تمامی معابر به‌عنوان ضریب نهایی محل مورد مطالعه معرفی و بررسی خواهد شد.

پیاده‌سازی

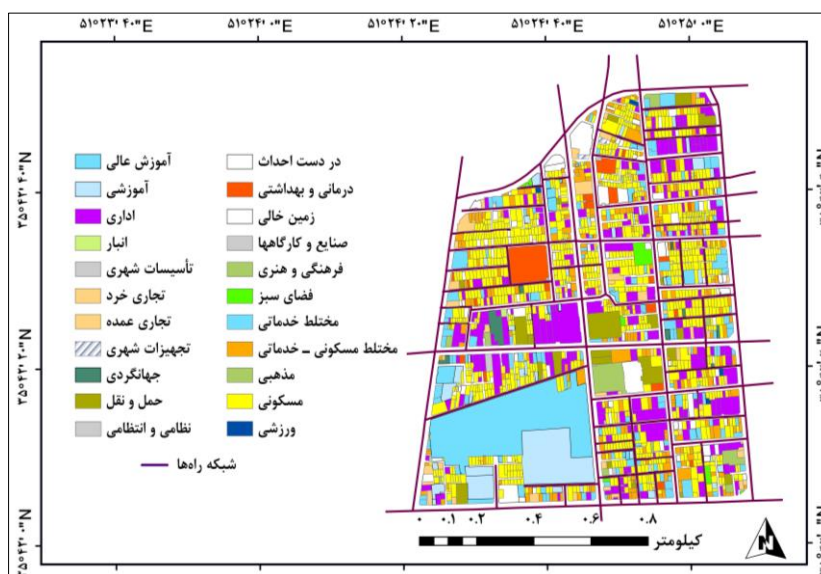
براساس آنچه تاکنون شرح داده شد، باید ضریب جینی معابر به‌عنوان شاخصی از میزان توازن در توزیع کاربری‌ها در هر معبر مورد ارزیابی و بحث قرار گیرد. با توجه به آنچه درباره قواعد و ملزومات ضریب جینی بیان شد، مراحل انجام پژوهش به شرح زیر طراحی شده‌اند:

۱- جمع‌آوری داده‌ها

به‌منظور اجرای تحلیل‌های نرم افزاری، ضروری است دو نوع لایه، شامل اطلاعات مکانی معابر و مشخصات آن‌ها و دیگری مشخصات کاربری‌های زمین محل جمع‌آوری شود. در این مطالعه، در صورت امکان به‌روزترین لایه‌های مربوطه که به‌وسیله شهرداری تهران (شهرداری منطقه ۶) ارائه شده‌اند، مورد استفاده قرار گرفته است؛ همچنین برخی موارد خطاهای به‌وجودآمده رفع و لایه‌های نهایی معابر اصلی و کاربری‌های اراضی محل و لیعصر برای انجام تحلیل‌های مکانی در فضای جی.آی.اس.^۱ آماده‌سازی شدند (شکل ۳).



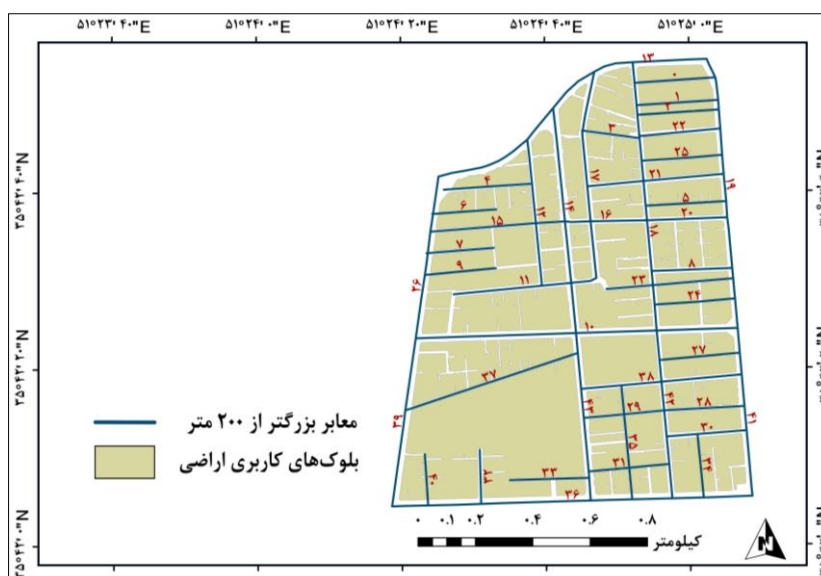
شکل ۲. مراحل انجام پژوهش



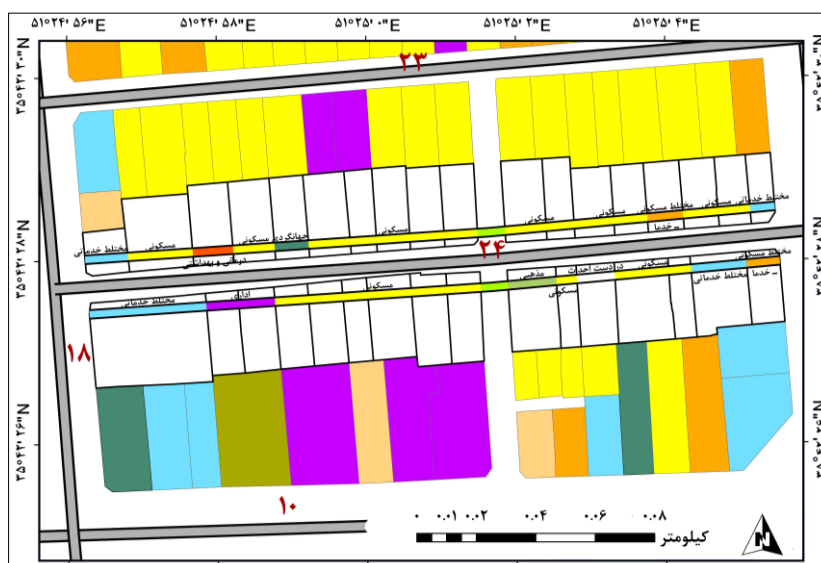
شکل ۳. معابر اصلی و کاربری اراضی محله ولیعصر

۲- تحلیل داده‌ها

در این مرحله می‌بایست تعداد کاربری‌های حاضر در دو سمت یک معبر در فواصل مشخص اندازه‌گیری شود. بدین‌منظور ابتدا معابر بالای ۲۰۰ متر محله انتخاب و شماره‌گذاری شده‌اند (شکل ۴)؛ سپس، از آنجاکه خروجی تحلیل مکانی در فرمول شاخص جینی قرار داده خواهد شد و برای بالابردن دقت محاسبات، هر معبر به ده قسمت مساوی تقسیم‌بندی شده و تعداد کاربری‌های موجود در هر بخش شناخته خواهد شد. گفتنی است فرض مطالعه بر آن است که نقطه شروع هر کاربری نشان‌دهنده حضور آن کاربری در بخش مطبوع خواهد بود. در نتیجه با استفاده از ابزار شناسایی^۱، کاربری‌های متقاطع با خط موازی معبر در هر دو طرف شناسایی خواهند شد؛ بنابراین، همان‌گونه که در تعریف شاخص جینی نیز اشاره شد، میزان توزیع کاربری‌ها در بخش‌های ۱۰ درصدی از یک معبر قابل محاسبه است (شکل ۵ نمونه‌ای از اجرای روند یادشده برای معبر ۲۴ را نمایش می‌دهد).



شکل ۴. معابر انتخاب شده در محله



شکل ۵. نمونه تحلیل مکانی برای یک معبر در محله

۳- محاسبه ضریب جینی

همان‌طور که در بخش‌های پیشین گفته شد، در نوشتار پیش رو میزان عدالت در پراکندگی کاربری‌ها با شاخصی به نام شاخص جینی ارزیابی خواهد شد. این شاخص در محدوده صفر تا یک متغیر است، به طوری که صفر به معنای برقراری کامل عدالت میان گروه‌ها و یک، نشانگر بی‌عدالتی کامل از لحاظ توزیع قابلیت‌ها است که از ۰ تا ۰/۲، ۰/۲ تا ۰/۵ و مقادیر بالاتر از ۰/۵ به ترتیب بیانگر نابرابری کم، متوسط و زیاد هستند (جانگ و همکاران، ۲۰۱۷؛ آلتوف و همکاران، ۲۰۱۷؛ سوگیاما^۱ و همکاران، ۲۰۱۹؛ پرچارد و همکاران، ۲۰۱۹). به طور کلی، فرم گسسته رابطه ضریب جینی برای تحلیل چگونگی توزیع داده‌های Y بر روی Xها، به شکل رابطه ۱ تعریف شده است:

$$G = 1 - \sum_{k=1}^n (X_k - X_{k-1})(Y_k + Y_{k-1}) \quad \text{رابطه ۱}$$

که در این رابطه، G: شاخص جینی است؛ Y_k : فراوانی تجمعی Yها که برای $k = 0, \dots, n$ و $Y_0 = 0$ و $Y_n = 1$ و X_k فراوانی تجمعی Xها است که برای $k = 0, \dots, n$ و $X_0 = 0$ و $X_n = 1$ است. گفتنی است Yها و Xها باید به صورت صعودی مرتب شوند به طوری که $X_k > X_{k-1}$ و $Y_k \geq Y_{k-1}$ باشد.

تحلیل داده‌ها در گام دوم پژوهش دارای دو خروجی اصلی برای محاسبه شاخص جینی هر معبر است. اول تقسیم‌بندی هر معبر در قطعات ۱۰ درصدی طولی (X) و دوم تعداد کاربری‌های هر یک از این قطعات (Y). در نتیجه، در رابطه ۱، G شاخص جینی هر معبر، Y_k فراوانی تجمعی کاربری‌ها در طول یک معبر بوده و X_k فراوانی تجمعی طول - قطعات - معبر است. به این شکل می‌توان دریافت در هر طول از یک معبر چه تعداد کاربری وجود دارد و هر اندازه تعداد کاربری‌های موجود در قطعات مختلف به یکدیگر نزدیک باشند، ضریب جینی معبر به سمت صفر یا برابری کامل سوق می‌یابد. رابطه ۱ برای تمامی معابر محاسبه شده و معابر براساس شاخص جینی تقسیم‌بندی می‌شوند.

اکنون براساس آنچه در بخش پیاده‌سازی گفته شد، طی یک مثال به چگونگی محاسبه شاخص جینی یکی از معابر محله مورد مطالعه پرداخته خواهد شد؛ برای این مثال مشخصات معبر ۲۴ که در شکل ۴ نیز نشان داده شده

است، استفاده خواهد شد. جدول ۱ مشخصات کاربری‌های موجود در دو سمت این معبر را نمایش می‌دهد. اعداد این جدول حاصل آنالیزهای گام دوم پیاده‌سازی پژوهش برای تحلیل نوع و مکان کاربری‌های هر معبر است. اکنون می‌بایست اطلاعات جدول ۱ برای محاسبه ضریب جینی معبر به کار گرفته شوند. در نتیجه، برای هر بخش (شمالی و جنوبی) به طور جداگانه، تعداد کاربری‌های موجود در هر دهک طول معبر $(25/27 = 10 \div 252/7)$ شمارش خواهد شد؛ البته، همان طور که پیش از این گفته شد، نقطه شروع هر کاربری به منزله حضور آن در هر دهک خواهد بود؛ برای مثال، در دهک اول بخش شمالی معبر، دو کاربری مختلط خدماتی و مسکونی حضور دارد. در گام آخر، با قراردادن Y_k به عنوان فراوانی تجمعی کاربری‌ها در طول یک معبر و X_k برای فراوانی تجمعی طول قطعات (قطعات ۲۵/۲۷ متری) در رابطه ۱، ضریب جینی برای هر بخش محاسبه خواهد شد (جدول ۲).

نتایج

شاخص جینی

با توجه به محاسبات بخش گذشته، ضریب جینی کلی هر معبر، از میانگین ضرایب جینی دو سمت معبر محاسبه خواهد شد؛ برای مثال، معبر ۲۴ دارای ضریب جینی شمالی برابر ۰/۰۹ (جدول ۲) و جنوبی ۰/۲۶۲ بوده که شاخص جینی کلی این معبر معادل ۰/۱۸ محاسبه شده است. در نهایت شاخص جینی محاسبه شده برای تمامی معابر محله ولیعصر محاسبه شده است (جدول ۳).

جدول ۱. مشخصات کاربری‌های معبر انتخاب شده

معبر شماره ۲۴					
ردیف	شمالی			جنوبی	
	نوع کاربری	طول (متر)	فراوانی تجمعی طول	نوع کاربری	طول (متر)
۱	مختلط خدماتی	۱۵/۷۲	۱۵/۷۲	مختلط خدماتی	۲۰/۴۲
۲	مسکونی	۲۳/۷۰	۳۹/۴۲	اداری	۱۱/۸۶
۳	درمانی و بهداشتی	۱۴/۸۰	۵۴/۲۰	اداری	۱۳/۱۹
۴	مسکونی	۱۵/۲۰	۶۹/۴۱	مسکونی	۱۲/۳۳
۵	جهانگردی	۱۲/۴۵	۸۱/۸۶	مسکونی	۱۲/۵۳
۶	مسکونی	۱۵/۲۲	۹۷/۰۸	مسکونی	۹/۰۸
۷	مسکونی	۹/۶۱	۱۰۶/۷۰	مسکونی	۱۵/۹۸
۸	مسکونی	۱۲/۱۸	۱۱۸/۸۸	مسکونی	۱۳/۰۲
۹	مسکونی	۱۲/۶۰	۱۳۱/۴۹	مسکونی	۱۲/۳۴
۱۰	مسکونی	۱۲/۱۷	۱۴۳/۶۶	خیابان فرعی	۱۰/۰۰
۱۱	خیابان فرعی	۱۰/۱۱	۱۵۳/۷۸	مذهبی	۱۷/۷۶
۱۲	مسکونی	۱۵/۰۹	۱۶۸/۸۷	مسکونی	۷/۵۰
۱۳	مسکونی	۱۰/۲۵	۱۷۹/۱۲	در دست احداث	۱۳/۹۶
۱۴	مسکونی	۱۴/۵۴	۱۹۳/۶۷	مسکونی	۱۹/۷۲
۱۵	مسکونی	۱۲/۲۸	۲۰۵/۹۵	مسکونی	۸/۱۶
۱۶	مختلط مسکونی-خدماتی	۱۳/۱۱	۲۱۹/۰۷	مختلط خدماتی	۴۲/۶۵
۱۷	مسکونی	۱۲/۸۲	۲۳۱/۸۹	مختلط مسکونی-خدماتی	۱۲/۱۸
۱۸	مسکونی	۱۱/۷۲	۲۴۳/۶۱	-	-
۱۹	مختلط خدماتی	۹/۰۵	۲۵۲/۶۷	-	-
مجموع		۲۵۲/۷		۲۵۲/۷	

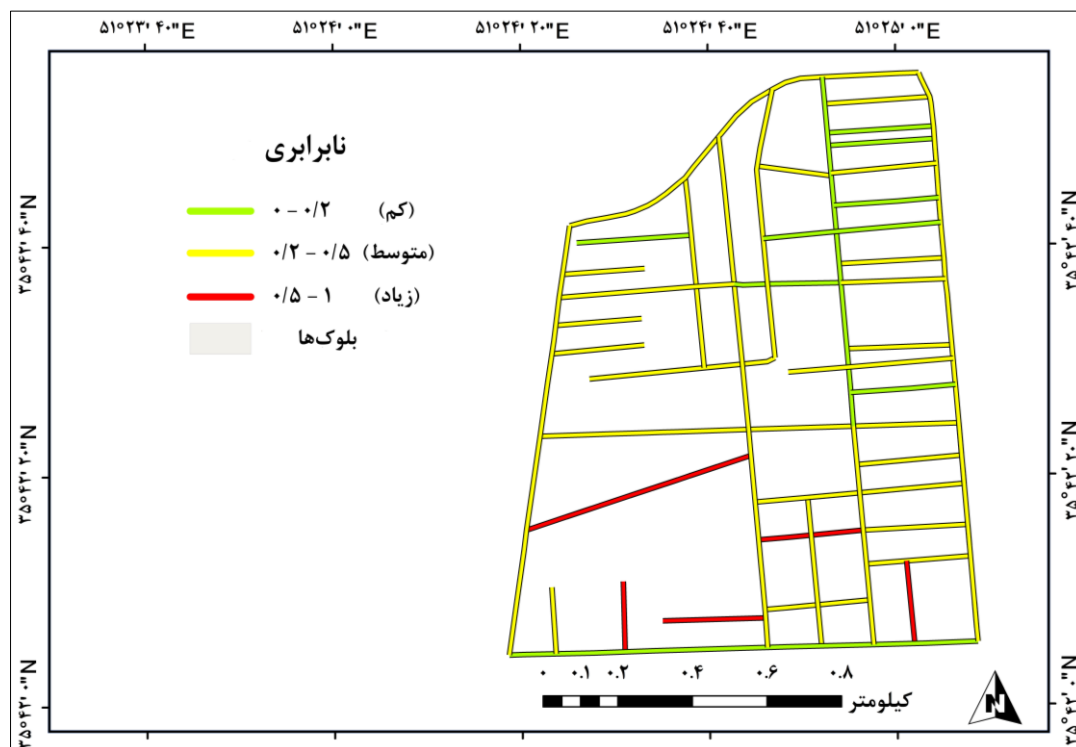
جدول ۲. مراحل محاسبه ضریب جینی برای بخش شمالی معبر ۲۴

معبر ۲۴ - بخش شمالی										
تعداد کاربری					طول معبر					
دهک (k)	تعداد کاربری دهک	نسبت فراوانی	نسبت شده (صعودی)	فراوانی تجمعی (Y _k)	(Y _k + Y _{k-1}) (Y ₀ = 0)	طول قطعه (متر)	نسبت فراوانی	فراوانی تجمعی (X _k)	(X _k - X _{k-1}) (X ₀ = 0)	(Y _k + Y _{k-1}) × (X _k - X _{k-1})
۱	۲	۰/۱۱۱	۰/۰۵۶	۰/۰۵۶	۰/۰۵۵۶	۲۵/۲۷	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰۵۵۶
۲	۱	۰/۰۵۶	۰/۰۵۶	۰/۱۱۱	۰/۱۶۶۷	۲۵/۲۷	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۰۱۶۶۷
۳	۲	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۲۲۲	۰/۳۳۳۳	۲۵/۲۷	۰/۱	۰/۳	۰/۱	۰/۰۳۳۳۳
۴	۲	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۳۳۳	۰/۵۵۵۶	۲۵/۲۷	۰/۱	۰/۴	۰/۱	۰/۰۵۵۵۶
۵	۲	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۴۴۴	۰/۷۷۸	۲۵/۲۷	۰/۱	۰/۵	۰/۱	۰/۰۷۷۸
۶	۱	۰/۰۵۶	۰/۱۱۱	۰/۵۵۶	۱	۲۵/۲۷	۰/۱	۰/۶	۰/۱	۰/۱
۷	۲	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۶۶۷	۱/۲۲۲۲	۲۵/۲۷	۰/۱	۰/۷	۰/۱	۰/۱۲۲۲۲
۸	۲	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۷۷۸	۱/۴۴۴۴	۲۵/۲۷	۰/۱	۰/۸	۰/۱	۰/۱۴۴۴۴
۹	۲	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۰/۸۸۹	۱/۶۶۶۷	۲۵/۲۷	۰/۱	۰/۹	۰/۱	۰/۱۶۶۶۷
۱۰	۲	۰/۱۱۱	۰/۱۱۱	۱	۱/۸۸۸۹	۲۵/۲۷	۰/۱	۱	۱	۰/۱۸۸۸۹
مجموع	۱۸	۱	۱	-	-	۲۵۲/۷	۱	-	-	۰/۹۱۱۱۱
۰/۰۹ ≈ ۱ - ۰/۹۱۱۱۱ ضریب جینی:										

جدول ۳. ضرایب جینی معابر و کل محله ولیعصر

ضریب جینی	شماره معبر	ضریب جینی	شماره معبر	ضریب جینی	شماره معبر	ضریب جینی	شماره معبر
۰/۵۴	۳۳	۰/۲۴	۲۲	۰/۲۴	۱۱	۰/۳۹	۰
۰/۵۲	۳۴	۰/۲۲	۲۳	۰/۲۲	۱۲	۰/۱۹	۱
۰/۳۵	۳۵	۰/۱۸	۲۴	۰/۲۵	۱۳	۰/۱۸	۲
۰/۱۸	۳۶	۰/۱۳	۲۵	۰/۲۸	۱۴	۰/۲۹	۳
۰/۵۴	۳۷	۰/۳۰	۲۶	۰/۲۸	۱۵	۰/۱۸	۴
۰/۳۰	۳۸	۰/۳۷	۲۷	۰/۱۹	۱۶	۰/۲۵	۵
۰/۳۳	۳۹	۰/۳۸	۲۸	۰/۲۳	۱۷	۰/۲۶	۶
۰/۵۰	۴۰	۰/۵۳	۲۹	۰/۱۶	۱۸	۰/۲۴	۷
۰/۲۴	۴۱	۰/۳۳	۳۰	۰/۲۲	۱۹	۰/۲۴	۸
۰/۲۴	۴۲	۰/۲۷	۳۱	۰/۲۹	۲۰	۰/۲۷	۹
۰/۳۶	۴۳	۰/۵۷	۳۲	۰/۱۷	۲۱	۰/۲۲	۱۰
میانگین ضریب جینی محله = ۰/۳							

شاخص جینی کلی محله از میانگین ضرایب جینی تمامی گذرگاه‌های بزرگ‌تر از ۲۰۰ متر محله (به‌جز معابر مرزی محله) محاسبه شده و مطابق حدود نابرابری (برای ضریب جینی) طبقه‌بندی شده است. در نتیجه، براساس میزان نابرابری در توزیع کاربری‌های معابر محله، شاخص جینی برای معابر گوناگون متفاوت است (شکل ۶). افزایش ضریب جینی به دلیل عدم اختلاط مناسب کاربری در یک یا هر دو سمت یک معبر بوده است که مقایسه نتایج با چگونگی توزیع کاربری‌ها در محله گواه این نتیجه است (شکل ۳)؛ برای مثال هرچند خیابان رشت (معبر ۳۷) واقع در ضلع شمالی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، از یک سمت دارای اختلاط کاربری کمابیش خوبی است، اما وجود یک کاربری (دانشگاه) در سرتاسر این خیابان موجب افزایش ضریب جینی (معادل ۰/۵۴) و قرارگرفتن در محدوده نابرابری زیاد است. برعکس، برای نمونه ذکر شده در مقاله (معبر ۲۴)، از آنجاکه اختلاط در دو سمت مطلوب است، شاخص جینی با مقدار ۰/۱۸ بر نابرابری اندک در این خیابان دلالت دارد. با توجه به مفهوم و روابط جینی، یکنواختی تعداد کاربری‌ها در دهک‌های مختلف طولی، بیشترین نقش را در بالابردن برابری ایفا می‌کند.



شکل ۶. طبقه‌بندی ضریب جینی شبکه معابر محله ولیعصر براساس محدوده‌های میزان نابرابری

بحث

در مطالعات اختلاط کاربری ناحیه دارای تنها یک کاربری، کمترین امتیاز و اختلاط موزون همه کاربری‌ها بیشترین امتیاز را به خود اختصاص می‌دهد. نتایج مطالعات مشابه انجام گرفته در محله نشان می‌دهد که محله ولیعصر در کنار تراکم مسکونی کمابیش کم، اختلاط کاربری بالایی دارد. این نتایج در کنار ضریب جینی مطلوب محله، نشان می‌دهد که توزیع کاربری‌ها مختص حضور متوازن کاربری‌های مسکونی نبوده و اختلاط مناسبی در قرارگیری تمامی کاربری‌ها در معابر وجود دارد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۵). در نتیجه، قابلیت پیاده‌روی نیز در این منطقه در سطح بالایی خواهد بود؛ زیرا حضور و توزیع انواع کاربری در راستای معابر، یکی از مهم‌ترین عوامل مشوق افراد برای پیاده‌روی هستند. یافته‌های تحلیل سلسله‌مراتبی پارامترهای مؤثر در قابلیت پیاده‌روی نیز بر اهمیت بالای اختلاط کاربری (با وزن ۰/۵۰۸) دلالت دارد. از طرفی، هرچند بررسی آن‌ها معطوف به مقیاس منطقه و محله بوده و در سطح معابر انجام نگرفته است، اما نتایج به دست آمده برای مقیاس محله با نتایج معابر در پژوهش حاضر کاملاً مطابقت دارد.

آن‌ها به این نتیجه رسیدند که بخش شمالی منطقه دارای اختلاط بهتری است که یافته‌های نوشتار پیش رو نیز نشان می‌دهد معابر شمالی اختلاط بهتری دارند؛ البته این مطالعه در سطح کلان‌تر یعنی محله است و پیاده‌روی را در کل محله، حتی بخش‌هایی که معبر وجود ندارد، محاسبه کرده است؛ در حالی که پیاده‌روی در معابر صورت می‌گیرد و مدل آن‌ها برای محاسبه در سطح معبر نقص دارد؛ که این کمبود در جستار پیش رو پوشش داده شد به‌طوری که نتایج پژوهش‌های پیشین را نیز تأیید می‌کند. افزون بر این، پژوهش دیگری نیز با بررسی سیزده کاربری زمین در سطح محلات منطقه ۶، محله ولیعصر را از لحاظ توزیع مناسب خدمات در رتبه دوم محلات منطقه می‌دانند (تابعی و همکاران، ۱۳۹۶)؛ از سویی، ضریب جینی کلی محله معادل ۰/۳۰ محاسبه شده است که نشان می‌دهد از لحاظ توزیع کاربری‌ها در وضعیت کمابیش مطلوبی قرار دارد (جدول ۳).

از آنجاکه اختلاط کاربری یکی از مهم‌ترین عوامل دخیل در میزان دسترسی افراد در مناطق شهری است و افزایش آن با بهبود دسترسی همراه است، ضریب جینی محاسبه‌شده در پژوهش حاضر باید بر یافته‌های گذشته دیگر پژوهشگران که میزان دسترسی محله را محاسبه کرده‌اند، منطبق باشد. برای بررسی صحت این موضوع، در پژوهشی به‌منظور یافتن میزان دسترسی بلوک‌های مسکونی در منطقه ۶ شهر تهران، فاصله بلوک‌ها تا دیگر کاربری‌ها محاسبه شده است. یافته‌های مطالعه پیش رو برای محله ولیعصر نشان می‌دهد که این محله از این لحاظ در وضعیت مناسبی قرار دارد و فاصله بلوک‌های مسکونی از کاربری‌ها مطلوب است (آزموده و حقیقی، ۱۳۹۷). یکی از مهم‌ترین دلایل این مطلوبیت، وجود اختلاط بالا و دسترسی مناسب به کاربری‌های شهری است؛ همچنین، وجود گزینه‌های مختلف حمل و نقلی در درون محله، فاکتور تأثیرگذار دیگری است که در مطالعات مختلف به آن پرداخته شده است. در مجموع، افزایش سطح دسترسی، مطلوبیت پیاده‌روی، میزان اختلاط کاربری و شاخص جذب سفر همگی بیانگر رابطه درهم‌تنیده‌ای هستند که در نهایت همبستگی مثبتی با ضریب جینی نشان می‌دهد (آزموده و حقیقی، ۱۳۹۷؛ مطبیعیان و مسگری، ۲۰۱۸؛ صالحی و همکاران، ۱۳۸۵)؛ البته نکته نگران‌کننده در کنار قابلیت بالای پیاده‌روی و دسترسی به زیرساخت‌های حمل و نقل عمومی در محله ولیعصر، وجود بالاترین میزان فراوانی حوادث رانندگی منجر به جرح عابران پیاده در این محله است؛ زیرا آمار تصادفات رخ داده در منطقه ۶ تهران نشان می‌دهد که محله ولیعصر با ۱۷٪ کل حوادث، پرخطرترین محله از لحاظ تصادفات منجر به جرح عابرین در سطح منطقه ۶ تهران است (مرادی و همکاران، ۱۳۹۵). این نتایج نشان می‌دهد هرچند به‌واسطه توزیع کمابیش مناسب خدمات در این محله، مطلوبیت پیاده‌روی از بُعد دسترسی در سطح بالایی قرار دارد، اما فراوانی بالای تصادفات در محله می‌تواند عاملی بازدارنده باشد.

نتیجه‌گیری

مطالعات انجام‌شده در حوزه برنامه‌ریزی شهری بیانگر رابطه تنگاتنگ توزیع کاربری‌ها با الگوهای سفر شهروندان است، به‌طوری که با افزایش مطلوبیت اختلاط کاربری‌ها، مسافت سفر و علاقه به استفاده از وسایل نقلیه موتوری به حداقل خود خواهد رسید و تأثیرات مثبت ترافیکی، زیست‌محیطی و سلامت اجتماعی به‌همراه خواهد داشت. در همین راستا، مطالعه حاضر می‌کوشد با استفاده تحلیل‌های مکانی به‌وسیله سیستم اطلاعات جغرافیایی و محاسبه شاخص جینی به‌عنوان شاخص معرف عدالت در توزیع کاربری‌ها، روشی را برای ارزیابی عدالت در توزیع و اختلاط کاربری‌ها در مقیاس معابر شهری محله ولیعصر واقع در منطقه ۶ کلان‌شهر تهران ارائه دهد.

نتایج پژوهش نشان می‌دهد محاسبه ضریب جینی معابر یک منطقه شهری می‌تواند تا حد زیادی در ارتباط با میزان اختلاط کاربری، دسترسی به کاربری‌ها و قابلیت پیاده‌روی در آن منطقه گزارش دهد. این شاخص می‌تواند در کنار دیگر پارامترها در بررسی‌های جامع‌تر استفاده شود و از طرفی به‌تنهایی شاخص عدالت در توزیع کاربری‌ها باشد؛ افزون بر این در اولویت‌بندی اختصاص کاربری‌ها مؤثر بوده و در تعامل با شاخص اختلاط کاربری در برنامه‌ریزی‌ها استفاده شود؛ برای مثال، میزان بالای شاخص جینی (نابرابری بالا) احتمالاً بیانگر وجود یک کاربری با عرض زیاد در راستای معبر است که به‌طبع موجب کاهش مطلوبیت پیاده‌روی خواهد شد؛ همچنین موجب کاهش نمره اختلاط و در نتیجه وجود گزینه‌های محدودتر برای دسترسی افراد خواهد بود؛ از طرفی، محاسبه شاخص جینی می‌تواند در کنار شاخص‌های حمل و نقلی مانند ضریب دسترسی به زیرساخت‌های حمل و نقل عمومی، میزان جذب سفر منطقه و رفتار سفر افراد را پیش‌بینی کند. به‌طبع ضریب جینی بالاتر نمایانگر نیاز به صرف زمان بیشتری برای سفر خواهد بود. این موضوع می‌تواند به تغییر مد سفر ساکنان از پیاده و دوچرخه به نقلیه موتوری

منجر شود؛ که افزایش استفاده از مدهای نقلیه موتوری از دلایل عمده ایجاد ترافیک، کمبود پارکینگ، آلودگی هوا، آلودگی صوتی و همچنین افزایش خطر حوادث جانی برای عابران باشد. به‌طور کلی شاخص جینی به‌عنوان پارامتری از عدالت فضایی و زیرمجموعه عدالت اجتماعی می‌تواند در کنار دیگر ارزیابی‌ها، برای تحلیل عدالت افقی و عمودی در شهرها استفاده شود.

پژوهش حاضر مدل اولیه‌ای از روشی قابل پیشرفت را ارائه داده است که با گسترش پارامترها و دقت تحلیل می‌تواند نتایج دقیق‌تری ارائه کند؛ برای مثال پیشنهاد می‌شود در صورت امکان کاربری بلوک‌های مختلط خدماتی یا مسکونی - خدماتی به تفکیک استخراج و استفاده شود؛ همچنین، می‌توان در تحلیلی مشابه تنها کاربری‌های غیر تکراری در دهک‌های طولی بررسی شود تا افزون بر توزیع کاربری‌ها، اختلاط آن‌ها نیز به‌طور مستقیم ارزیابی شود. به‌علاوه، محاسبه میانگین وزن دار معابر براساس مشخصه خاصی از معبر نیز می‌تواند در محاسبه ضریب جینی به‌عنوان معرّف برابری کاربری منطقه مؤثر باشد. گفتنی است، در صورت وجود داده‌های مکانی به‌روز و آماده‌شده در سیستم اطلاعات جغرافیایی، مطالعات این‌چنینی می‌توانند با محدودیت کمی ارزیابی‌های خود را انجام دهند.

منابع

- آزموده، محمد؛ حقیقی، فرشیدرضا (۱۳۹۷). تأثیرگذاری شاخص‌های مبتنی بر دسترسی بر قیمت معاملات مسکن (مورد مطالعه: منطقه ۶ شهر تهران). *اقتصاد و مدیریت شهری*، ۷ (۲۷)، ۱۶-۳۰.
- تابعی، نادر؛ موحد، علی؛ تولایی، سیمین؛ کمانرودی، موسی (۱۳۹۶). بررسی نقش عدالت فضایی در مدیریت شهری (محدوده مطالعه: محلات منطقه ۶ تهران). *برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)*، ۶ (۲)، ۲۳-۳۶.
- جواد، قاسم؛ طالعی، محمد؛ کریمی، محمد (۱۳۹۱). توسعه مدل ارزیابی اثرات اختلاط کاربری‌های شهری برپایه شاخص‌ها و تحلیل‌های مکانی. *جغرافیا و آمایش شهری - منطقه‌ای*، ۳ (۸)، ۶۹-۸۴.
- جواد، قاسم؛ طالعی، محمد؛ کریمی، محمد (۱۳۹۲). ارزیابی کاربرد شاخص‌های تعیین تنوع در اختلاط کاربری‌های شهری (مطالعه موردی نواحی و محلات منطقه هفت شهرداری تهران). *مطالعات و پژوهش‌های شهری منطقه‌ای*، ۴ (۱۶)، ۲۳-۴۶.
- جیکوبز، جین (۱۳۸۶). مرگ و زندگی شهرهای بزرگ آمریکایی. ویرایش اول. تهران: دانشگاه تهران.
- سلطانی، علی؛ سقاپور، طیه؛ ایزدی، حسن؛ پاکشیر، عبدالرضا (۱۳۹۱). تولید سفرهای درون‌شهری و تأثیرپذیری از تنوع کاربری زمین، نمونه موردی چهار محدوده مسکونی در شهر شیراز. *مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای*، ۳ (۱۲)، ۱-۱۶.
- صالحی، اسماعیل؛ آل محمد، سیده؛ رمضانی مهربان، مجید (۱۳۹۵). تحلیل فضایی قابلیت پیاده‌روی - مطالعه موردی: منطقه ۶ شهر تهران. *صفه*، ۲۶ (۷۴)، ۶۵-۸۵.
- صیامی، قدیر؛ خلیق، علی (۱۳۹۶). تأثیر اختلاط کاربری‌ها بر تولید سفرهای پایدار در محلات شهری (نمونه موردی: محلات میعاد، تربیت و هاشمی در شهر مشهد). *نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی*، ۹ (۳)، ۶۵-۷۸.
- مرادی، علی؛ سوری، حمید؛ کاوسی، امیر؛ عشق‌آبادی، فرشید؛ زینی، صلاح‌الدین (۱۳۹۵). توزیع مکانی مناطق پرخطر و کم‌خطر حوادث رانندگی منجر به جرح مرتبط با عابران پیاده در منطقه ۶ شهر تهران. *پایش*، ۱۶ (۱)، ۲۷-۳۷.
- مرکز آمار تهران (۱۳۹۵). *سالنامه آماری شهر تهران*. تهران: انتشارات مرکز آمار ایران.
- موحدی، سبحان؛ طالعی، محمد؛ کریمی، محمد (۱۳۹۴). توسعه یک مدل GIS مبنا به‌منظور مکان‌یابی مراکز محلات و نواحی شهری مبتنی بر مفاهیم اختلاط کاربری‌ها. *مهندسی فناوری اطلاعات مکانی*، ۳ (۳)، ۱-۲۰.

References

Althoff, T., Sosič, R., Hicks, J. L., King, A. C., Delp, S. L. & Leskovec, J. (2017). Large-scale

- physical activity data reveal worldwide activity inequality. *Nature*, 547 (7663), 336-339. <https://doi.org/10.1038/nature23018>.
- Azmoodeh, M. & Haghighi, F. (2019). The Influence of Access-Based Indices on House Prices (Case: Tehran District 6). *IUESA*, 7 (27), 16-30 (In Persian).
- D'Orso, G. & Migliore, M. (2020). A GIS-based method for evaluating the walkability of a pedestrian environment and prioritised investments. *Transport Geography*, 82, 102555. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2019.102555>.
- Dadashpoor, H., Rostami, F. & Alizadeh, B. (2016). Is inequality in the distribution of urban facilities inequitable? Exploring a method for identifying spatial inequity in an Iranian city. *Cities*, 52, 159-172. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2015.12.007>.
- Gehrke, S. R. & Clifton, K. J. (2019). An activity-related land use mix construct and its connection to pedestrian travel. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46 (1), 9-26. <https://doi.org/10.1177/2399808317690157>.
- Geyer, H. & Quin, L. (2019). Social diversity and modal choice strategies in mixed land-use development in South Africa. *South African Geographical Journal*, 101 (1), 1-21. <https://doi.org/10.1080/03736245.2018.1522270>.
- Hoppenbrouwer, E. & Louw, E. (2005). Mixed-use development: Theory and practice in Amsterdam's Eastern Docklands. *European Planning Studies*, 13 (7), 967-983. <https://doi.org/10.1080/09654310500242048>.
- Im, H. N. & Choi, C. G. (2020). Measuring pedestrian volume by land use mix: Presenting a new entropy-based index by weighting walking generation units. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 47 (7), 1219-1236.
- Jacobs, J. (1992). *The Death and Life of Great American Cities* (Reissue Edition). Vintage (In Persian).
- Jang, S., An, Y., Yi, C. & Lee, S. (2017). Assessing the spatial equity of Seoul's public transportation using the Gini coefficient based on its accessibility. *International Journal of Urban Sciences*, 21 (1), 91-107. <https://doi.org/10.1080/12265934.2016.1235487>.
- Javadi, G., Taleai, D. & Karimi, D. (2013). Development of a Model to Evaluate the Effects of Urban Mixed Land Uses on the Basis of the Spatial Indicators and Analysis. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*, 3 (8), 69-84. doi: 10.22111/gaij.2013.1287 (In Persian).
- Javadi, G., Taleai, D. & Karimi, D. (2014). Evaluating Various Criteria for Determining Diversity of Urban Mixed Land Use via GIS (Case Study: Neighborhoods and Districts of Tehran Municipality No.7). *Urban-Regional Studies and Research*, 4 (16), 23-46 (In Persian).
- Moradi, A., Soori, H., Kavousi, A., Eshghabadi, F. & Zainni, S. (2017). The spatial distribution of high and low risk points leading to pedestrians-related injury in the central area of Tehran. *Payesh*, 16 (1), 27-37 (In Persian).
- Mortazavi, A. H. & Akbarzadeh, M. (2017). A Framework for Measuring the Spatial Equity in the Distribution of Public Transportation Benefits. *Public Transportation*, 20 (1), 44-62. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.20.1.3>.
- Motieyan, H. & Mesgari, M. S. (2018). Development of a TOD Index through Spatial Analyses and HFIS in Tehran, Iran. *Journal of Urban Planning and Development*, 144 (4), 04018038. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000484](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000484).
- Movahedi S, Taleai M. & Karimi M. (2015). Development of a GIS-based model for Locating Urban Neighbourhood and District Centres based on Mixed Land Use Concepts. *Jgit*, 3 (3), 1-20 (In Persian).
- Pritchard, J. P., Tomasiello, D. B., Giannotti, M. & Geurs, K. (2019). Potential impacts of bike-and-ride on job accessibility and spatial equity in São Paulo, Brazil. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 121, 386-400. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.01.022>.
- Riggs, W. (2016). Inclusively walkable: Exploring the equity of walkable housing in the San Francisco Bay Area. *Local Environment*, 21 (5), 527-554. <https://doi.org/10.1080/13549839.2014.982080>.
- Salehi, E., Al Mohammad, S. & Ramezani Mehrian, M. (2015). Spatial Analysis of Walking Capability - Case Study: District 6 of Tehran. *Soffeh*, 26 (74), 65-85 (In Persian).

- Sharma, A., Tiwari, G. & Rao, K. R. (2020). Identifying mixed use indicators for including informal settlements as a distinct land use: Case study of Delhi. *Transportation Research Procedia*, 48, 1918-1930.
- Siami, Gh. & Khaligh, A. (2016). The effect of mixed land-use on the generation of sustainable travel in urban areas (Case study: Miad, Tarbiat and Hashemi neighborhoods in Mashhad). *New Attitudes in Human Geography*, 9 (3), 65-78 (In Persian).
- Soltani, A., Saghapoor, T., Izadi, H. & Pakshir, A. (2012). Trip generation and its relationship with land use diversity: Case studies of four urban districts in Shiraz metropolitan area. *Urban - Regional Studies and Research*, 3 (12), 1-16 (In Persian).
- Song, Y. & Knaap, G.-J. (2004). Measuring the effects of mixed land uses on housing values. *Regional Science and Urban Economics*, 34 (6), 663-680. <https://doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2004.02.003>.
- Statistical Center of Iran (2016) *Statistical Yearbook of Tehran*. Tehran: Statistical Center of Iran Publications (In Persian).
- Sugiyama, T., Cole, R., Koohsari, M. J., Kynn, M., Sallis, J. F. & Owen, N. (2019). Associations of local-area walkability with disparities in residents' walking and car use. *Preventive Medicine*, 120, 126-130. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2019.01.017>.
- Tabei, N., Movahed, A., Tawallai, S. & Kamanroudi, M. (2016). An analysis of spatial equity in the distribution of services, with an emphasis on urban management (Case Study: neighborhoods of Tehran, District 6). *Spatial Planning*, 6 (2), 23-36. doi: 10.22108/sppl.2016.21649 (In Persian).
- Tahmasbi, B., Mansourianfar, M. H., Haghshenas, H. & Kim, I. (2019). Multimodal accessibility-based equity assessment of urban public facilities distribution. *Sustainable Cities and Society*, 49, 101633. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101633>.
- Vich, G., Marquet, O. & Miralles-Guasch, C. (2019). Green streetscape and walking: Exploring active mobility patterns in dense and compact cities. *Journal of Transport & Health*, 12, 50-59. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2018.11.003>.
- Zagorskas, J. (2016). GIS-based Modelling and Estimation of Land Use Mix in Urban Environment. *International Journal of Education and Learning Systems*, 1.
- Zhang, Y. & Guindon, B. (2006). Using satellite remote sensing to survey transport-related urban sustainability: Part 1: Methodologies for indicator quantification. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8 (3), 149-164. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2005.08.005>.



Investigating the Relationship between Air Pollutants and Meteorological Parameters in the Agricultural Sector of Mazandaran Province Using Logistic Regression

Majid Ghorbani^{1*}, Abolfazl Mahmoodi¹, Mohsen Shokat Fadaee¹, Mohammad Khaledi²

¹ Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran

² Department of Agricultural Economics, Research Institute of Planning, Agricultural Economics and Rural Development, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 3 October 2020

Accepted 1 February 2020

Available online 1 February 2020

Keywords:

Environmental Effects, Air Pollution, Logistic Regression, Sustainable Agricultural Management, Pollutant Forecasting.

Citation: Ghorbani, M., Mahmoodi, A., Shokat Fadaee, M., Khaledi, M. (2021). Investigating the Relationship between Air Pollutants and Meteorological Parameters in the Agricultural Sector of Mazandaran Province Using Logistic Regression. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (4), 17-37. doi: [10.22126/GES.2021.5677.2285](https://doi.org/10.22126/GES.2021.5677.2285)

ABSTRACT

Paying attention to environmental effects on the production of agricultural yields can be very useful in the direction of sustainable agricultural management. Understanding biological behaviors in the production of pollutants can play an important role in reducing the adverse effects of air pollution. Logistic regression method is considered as a linear developed method to predict air pollution; Time series analysis of parameters affecting air pollutants and addressing how much data is needed in previous times to predict the amount of pollutants one step ahead is an issue that has been less studied. The current study aims to model the process of five important pollutants including carbon monoxide (CO), ozone (O₃), particulate matter less than 10 µm in diameter (PM₁₀), sulfur dioxide (SO₂) and nitrogen dioxide (NO₂) in Mazandaran province, using logistic regression method and time series analysis, to examine the efficiency and flexibility of the methods used in modeling and forecasting these pollutants. In this study, meteorological data from Ramsar, Amol, Babolsar and Nowshahr stations and air pollution data from Gulogah, Ghaemshahr, Sari and Kiasar stations were received daily in the second half of 2017 and 2018, the average of which has been used in data analysis. The findings reveal that NO₂ and CO of Gulogah station and O₃ of Kiasar station and SO₂, NO₂ and CO of Sari and Ghaemshahr pollution stations are completely related to the parameters of temperature, relative humidity and wind speed, which indicates the effect of these parameters on changing the concentration of these pollutants. Moreover, based on the patterns of univariate functions of regression equations, valid formulas for estimating logistic relationships between pollutants and meteorological parameters were extracted, according to which, having meteorological parameters in stations, it is easy to predict the pollution of the region.



بررسی ارتباط بین آلاینده‌های هوا و پارامترهای هواشناسی در بخش کشاورزی استان مازندران با استفاده از رگرسیون لجستیک

مجید قربانی^{۱*}، ابوالفضل محمودی^۱، محسن شوکت فدایی^۱، محمد خالدي^۲

^۱ گروه اقتصاد کشاورزی، بخش کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

^۲ گروه اقتصاد کشاورزی، مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه روستائی، تهران، ایران

مشخصات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	
تاریخچه مقاله: دریافت ۱۲ مهر ۱۳۹۹ پذیرش ۱۳ بهمن ۱۳۹۹ دسترسی آنلاین ۱۶ بهمن ۱۳۹۹	
کلیدواژه‌ها: آثار زیست‌محیطی، آلودگی هوا، رگرسیون لجستیک، مدیریت پایدار کشاورزی، پیش‌بینی آلاینده‌ها.	
استناد: قربانی، مجید؛ محمودی، ابوالفضل؛ شوکت فدایی، محسن؛ خالدي، محمد (۱۳۹۹). بررسی ارتباط بین آلاینده‌های هوا و پارامترهای هواشناسی در بخش کشاورزی استان مازندران با استفاده از رگرسیون لجستیک. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۰ (۴)، ۳۷-۱۷. doi: 10.22126/GES.2021.5677.2285	توجه به آثار زیست‌محیطی در تولید محصولات کشاورزی می‌تواند در راستای مدیریت پایدار کشاورزی بسیار مفید باشد. شناخت رفتارهای زیستی در تولید آلاینده‌ها می‌تواند نقش مهمی در کاهش اثرات سوء آلودگی هوا داشته باشد. روش رگرسیون لجستیک به‌عنوان روش توسعه‌یافته خطی، به‌منظور پیش‌بینی آلودگی هوا به‌شمار می‌رود؛ تحلیل سری زمانی پارامترهای اثرگذار بر آلاینده‌های هوا و پرداختن به این موضوع که برای پیش‌بینی میزان آلاینده‌ها در یک گام زمانی جلوتر، به چه تعداد داده در زمان‌های قبلی نیاز است، مسئله‌ای است که کمتر بررسی شده است. هدف پژوهش حاضر آن است که با مدل‌سازی فرایند پنج آلاینده مهم شامل مونوکسید کربن، ازن، ذرات معلق با قطر کمتر از ده میکرومتر، دی‌اکسید گوگرد و دی‌اکسید نیتروژن در استان مازندران با استفاده از روش رگرسیون لجستیک و تحلیل سری‌های زمانی، میزان کارایی و انعطاف‌پذیری روش‌های به‌کار گرفته‌شده در مدل‌سازی و پیش‌بینی این آلاینده‌ها را بررسی کند. در نوشتار پیش رو، داده‌های هواشناسی از ایستگاه‌های رامسر، آمل، بابلسر و داده‌های آلودگی هوا از ایستگاه‌های گلگاه، قائم‌شهر، ساری و کیاسر به‌صورت روزانه در نیمسال دوم ۱۳۹۶ و سال ۱۳۹۷ دریافت شده که میانگین آن‌ها در تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شده است. نتایج نشان داد که NO_2 و CO ایستگاه گلگاه و O_3 ایستگاه کیاسر و SO_2 ، NO_2 و CO ایستگاه‌های آلودگی ساری و قائم‌شهر به‌طور کامل با پارامترهای دما، رطوبت نسبی و سرعت باد ارتباط معنی‌داری دارند که بیانگر تأثیر این پارامترها در تغییر غلظت آلاینده‌های پیش‌گفته است؛ همچنین براساس الگوهای توابع یک‌متغیره معادلات رگرسیون‌ها، فرمول‌های معتبری برای تخمین روابط لجستیک بین آلاینده‌ها و پارامترهای هواشناسی استخراج شد که براساس آن، با داشتن پارامترهای هواشناسی در ایستگاه‌ها، به‌راحتی می‌توان میزان آلودگی منطقه را پیش‌بینی کرد.

مقدمه

کشاورزی، فعالیت اقتصادی است که نقش مهمی در تولید ناخالص داخلی^۱ ایفا می‌کند (جهانگرد، ۱۳۹۳)؛ ازسوی دیگر، فعالیت کشاورزی می‌تواند تأثیرات جانبی زیست‌محیطی به‌همراه داشته باشد. آلودگی هوا پدیده جدیدی نیست که امروزه به‌صورت معضل درآمده باشد و ذهن انسان‌ها را برای پیش‌بینی آن به دغدغه انداخته باشد؛ متأسفانه فعالیت‌های روزافزون انسان‌ها به‌ویژه پس از انقلاب صنعتی، باعث ایجاد آلودگی هوا در مقیاس‌های بزرگ شده است (برائر^۲ و همکاران، ۲۰۱۵). پُر واضح است که شناخت رفتارهای زیستی در تولید آلاینده‌های هوا می‌تواند نقش مهمی در کاهش اثرات سوء آلودگی هوا داشته باشد؛ زیرا با داشتن این شناخت، می‌توان برنامه‌ریزی لازم به‌منظور کاهش منابع تولید آلودگی هوا و در نتیجه دستیابی به محیطی سالم را در فکر پروراند (بیلگلی^۳ و همکاران، ۲۰۱۶)؛ بنابراین بررسی اثرات زیست‌محیطی مصرف انرژی اهمیت زیادی دارد و می‌تواند در سیاست‌گذاری‌های اقتصادی تأثیرگذار باشد (امیرنژاد و بهمن‌پوری، ۱۳۹۲).

فشار بر محیط‌زیست به‌سبب فعالیت‌های بشری نه‌تنها از جنبه زیست‌محیطی اهمیت دارد، بلکه از نظر اقتصادی نیز مهم است (تیواری^۴ و همکاران، ۱۹۹۹). در ایران به‌دلیل وجود منابع انرژی فراوان، در استفاده از آن‌ها برای انجام فعالیت‌های اقتصادی، اتلاف و اسراف وجود دارد که این امر منجر به افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌شود (هراتی و همکاران، ۱۳۹۳).

پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه پیش‌بینی آلاینده‌های هوا در وجوه مختلفی گسترش یافته‌اند. برای مدل‌سازی رفتار آلاینده‌های هوا غالباً روش‌های رگرسیون، منطق فازی^۵ و روش‌های آماری استفاده می‌شوند (گرجار^۶ و همکاران، ۲۰۱۶). در روش‌های رگرسیون، لزوم تخمین دقیق نتایج و به‌دست‌آوردن روابط بین پارامترها و متغیرهای مؤثر در نتایج، طیف وسیعی از این روش‌ها را به‌وجود آورده است که از جمله این روش‌های رگرسیون می‌توان روش رگرسیون لجستیک^۷ را نام برد. در برخی از پژوهش‌ها برای مطالعه آلودگی هوا و منابع آلاینده، از این روش استفاده شده است؛ برای مثال، برخی پژوهشگران با استفاده از این روش به تعیین تغییرات مکانی و زمانی آلودگی‌های منوکسید گوگرد با استفاده از تکنیک‌های سامانه اطلاعات جغرافیایی^۸ پرداختند (شادیک^۹ و همکاران، ۲۰۱۸). در گروهی دیگر از پژوهش‌ها، استفاده از پارامترهای هواشناسی برای پیش‌بینی آلاینده مورد نظر پیشنهاد شده است؛ برای مثال، برخی پژوهشگران، استفاده از این پارامترها به‌منظور پیش‌بینی غلظت آلاینده‌هایی شامل اُزون^{۱۰}، ذرات معلق با قطر کمتر از ده میکرومتر^{۱۱}، دی‌اکسید گوگرد^{۱۲} و مونوکسید کربن^{۱۳} را پیشنهاد داده‌اند (شمشیری و همکاران، ۲۰۱۸؛ لیو^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۶). در پاره‌ای دیگر از پژوهش‌ها، استفاده از اطلاعات

1- Gross Domestic Product (GDP)

2- Brauer

3- Bilgili

4- Tiwari

5- Fuzzy logic

6- Gurjar

7- Logistic regression

8- Geographic Information System (GIS)

9- Shaddick

10- O₃11- PM₁₀12- SO₂

13- CO

14- Liu

مربوط به خود آلاینده به‌عنوان ورودی شبکه عصبی پیشنهاد شده است (ژنگ و شی^۱، ۲۰۱۶؛ چاودهوری^۲ و همکاران، ۲۰۱۷). از دیگر ایده‌های مطرح‌شده برای ورودی سیستم پیش‌بینی‌کننده، پیش‌بینی میانگین روزانه PM₁₀ با استفاده از میانگین آن در روز قبل و نیز استفاده از روش درون‌یابی^۳، برای محاسبه ماکزیمم مقدار ازون در محدوده هشت ساعته برای روزهای t و t+1 و t+2 است (الهامی و همکاران، ۱۳۹۵؛ سوئیوشی و یوان^۴، ۲۰۱۵). در پاره‌ای دیگر از پژوهش‌ها، بدون در نظر گرفتن پارامترهای هواشناسی، تنها از اطلاعات آلاینده‌هایی که ارتباط معنی‌داری با یکدیگر دارند، استفاده شده و بهره‌گیری از سری زمانی خود آلاینده به‌منظور پیش‌بینی و تحلیل یک گام زمانی جلوتر آن پیشنهاد شده است (پرا^۵، ۲۰۱۶).

در راستای پیش‌پردازش داده‌ها قبل از ورود به شبکه عصبی، پژوهش‌های صورت‌گرفته بیشتر به‌منظور استخراج ویژگی‌های مناسب برای بهینه‌کردن مدل با استفاده از الگوریتم ژنتیک^۶ انجام گرفته است؛ برای مثال، برخی از آن به‌عنوان وسیله‌ای برای کاهش خطای کلاسه‌بندی ویژگی‌ها و پی‌بردن به روابط پنهان زمانی و مکانی بین آن‌ها و برخی به‌منظور انتخاب مناسب وزن‌های شبکه استفاده کردند یا اینکه به‌منظور بهینه‌شدن کارایی شبکه از ترکیب تحلیل مؤلفه اصلی^۷ و عملکرد پایه شعاعی^۸ برای پیش‌بینی NO و NO_x بهره بردند (بولن^۹، ۲۰۱۵؛ میشر^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۵؛ راثو^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۷). در گروهی دیگر از پژوهش‌ها، با تلفیق شبکه عصبی و الگوریتم‌های فازی، به‌دقت بهتری برای پیش‌بینی آلاینده‌های هوا رسیده‌اند (روبارگ و بنفورادو^{۱۲}، ۲۰۱۸؛ یو^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۸) یا با استفاده از رگرسیون لجستیک پرسپترون چندلایه^{۱۴} به پیش‌بینی آلاینده‌های هوا پرداختند یا اینکه تلفیق روش پرسپترون چندلایه و عملکرد پایه شعاعی با ماشین بردار پشتیبان^{۱۵} را به‌منظور پیش‌بینی کوتاه‌مدت ازون روزانه پیشنهاد کردند و در پژوهش‌های دیگر، به پیش‌بینی کوتاه‌مدت و بلندمدت غلظت ازون با استفاده از شبکه‌های عملکرد پایه شعاعی، رگرسیون عمومی شبکه عصبی^{۱۶} و المان^{۱۷} پرداخته‌اند (کاب^{۱۸} و همکاران، ۲۰۱۹؛ زاوالا و همکاران^{۱۹}، ۲۰۱۸؛ المراز^{۲۰} و همکاران، ۲۰۱۸).

در برخی از پژوهش‌ها نیز فرایند زمانی - مکانی آلاینده‌های هوا با استفاده از روش لجستیک، پیش‌بینی کوتاه‌مدت شده است. در این پژوهش‌ها از روش زنجیره مارکوف مونت کارلو MCMC^{۲۱} به‌منظور تعیین پارامترها

- 1- Zheng & Shi
- 2- Chowdhury
- 3- Interpolation Methods
- 4- Sueyoshi & Yuan
- 5- Perera
- 6- Genetic algorithm
- 7- Principal Component Analysis (PCA)
- 8- Radial Basis Function (RBF)
- 9- Bollen
- 10- Mishra
- 11- Rao
- 12- Robarge & Benforado
- 13- Yu
- 14- Multi Layer Perceptron (MLP)
- 15- Support Vector Machine (SVM)
- 16- General Regression Neural Network (GRNN)
- 17- Elman
- 18- Kaab
- 19- Zavala
- 20- Almaraz
- 21- Markov Chain Monte Carlo (MCMC)

استفاده شده است (چلینگاریان^۱ و همکاران، ۲۰۱۸؛ آزید^۲ و همکاران، ۲۰۱۴). در پژوهش حاضر، پیش‌بینی پنج آلاینده مهم شامل مونوکسید کربن^۳، اُزون^۴، ذرات معلق (با قطر کمتر از ده میکرومتر)^۵، دی‌اکسید گوگرد^۶ و دی‌اکسید نیتروژن^۷ مبنای کار قرار گرفته است. برای مدل‌سازی رفتار آلاینده‌های هوا بیشتر از روش‌های رگرسیون، منطق فازی^۸ و روش‌های آماری استفاده می‌شود (گرجار^۹ و همکاران، ۲۰۱۶). در روش‌های رگرسیون، لزوم تخمین دقیق نتایج و به‌دست‌آوردن روابط بین پارامترها و متغیرهای مؤثر در نتایج، طیف وسیعی از این روش‌ها را به‌وجود آورده است که ازجمله این روش‌های رگرسیون می‌توان روش رگرسیون لجستیک^{۱۰} را نام برد. هدف نوشتار پیش رو این است که با مدل‌سازی فرایند آلاینده‌ها با استفاده از روش رگرسیون لجستیک و تحلیل سری‌های زمانی، میزان کارایی و انعطاف‌پذیری این روش‌ها را در مدل‌سازی بررسی کند.

معرفی منطقه مورد بررسی

استان مازندران از لحاظ وجود ذخایر طبیعی و موقعیت خاص اقلیمی و تنوع آب‌وهوایی، از زمین‌های کشاورزی حاصل‌خیز و مرغوب برخوردار بوده و از دیرباز به‌مثابه یکی از پایه‌های اصلی کشاورزی و تأمین مواد غذایی در کشور مطرح است. این استان براساس خصوصیات دما، بارش و عارضه‌نگاری^{۱۱}، دو نوع آب‌وهوای معتدل خزری و کوهستانی دارد. آب‌وهوای معتدل خزری، جلگه‌های غربی و مرکزی استان تا کوهپایه‌های شمالی البرز را شامل می‌شود که در آن به‌دلیل کمی فاصله کوهستان و دریا، رطوبت تجمع یافته و به بارش‌های قابل ملاحظه و دمای معتدل می‌انجامد. میانگین بارندگی سالیانه در نوار ساحلی مازندران حدود ۱۰۰۰ میلی‌متر است که از غرب به شرق کاهش می‌یابد. آب‌وهوای کوهستانی مازندران از دو نوع معتدل در دامنه‌های البرز تا سرد در ارتفاعات بالاتر از ۳۰۰۰ متر متغیر است. کاهش میزان بارندگی سالیانه، کاهش متوسط درجه حرارت ماهانه، زمستان‌های سرد همراه با یخبندان‌های طولانی و تابستان‌های کوتاه از ویژگی‌های مناطق کوهستانی مازندران است.

استان مازندران بین ۳۵° ۴۷' تا ۳۵° ۳۵' عرض شمالی و ۵۰° ۳۴' تا ۵۴° ۲۷' طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. این استان در قسمت شمال مرکزی کشور واقع شده و دریای خزر در شمال، استان‌های تهران و سمنان در جنوب، استان‌های گیلان و قزوین در غرب و استان گلستان در شرق آن قرار گرفته‌اند (شکل ۱).

مواد و روش‌ها

داده‌ها

داده‌های نمونه‌برداری شده شامل پارامترهای آلاینده هوا همچون CO، O₃، PM₁₀، SO₂ و NO₂ است. قابل ذکر است که واحد این آلاینده‌ها قسمت در میلیون^{۱۲} است. به‌منظور بررسی و تحلیل تغییرپذیری مکانی و زمانی آلاینده‌ها، به ایستگاه‌های مختلف سنجش آلودگی هوا و ایستگاه‌های سنجش پارامترهای جو مؤثر در آلودگی هوا

1- Chlingaryan

2- Azid

3- Carbon monoxide (CO)

4- Ozone (O₃)

5- Particulate Matter (PM₁₀)

6- Sulfur dioxide (SO₂)

7- Nitrogen dioxide (NO₂)

8- Fuzzy logic

9- Gurjar

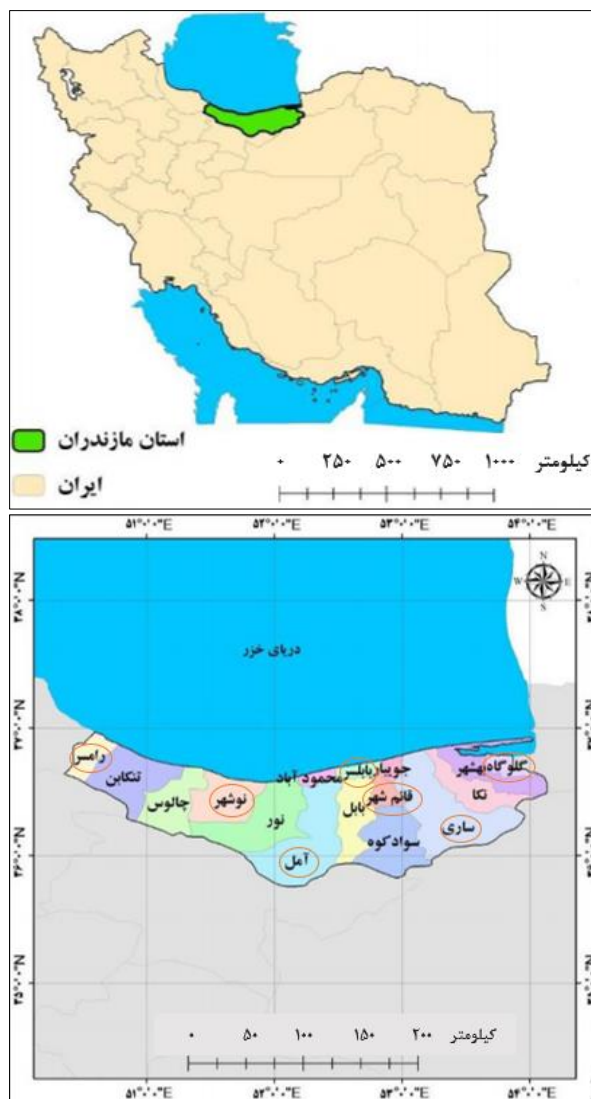
10- Logistic regression

11- Topography

12- Part Per Million (PPM)

به‌منظور پیش‌بینی آلاینده‌ها نیاز است. ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا که در نوشتار پیش رو بررسی شد، شامل ایستگاه‌های گلوگاه، قائم‌شهر، ساری و کیاسر است؛ همچنین از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی رامسر، آمل، بابل و نوشهر استفاده شد که موقعیت جغرافیایی این ایستگاه‌ها روی نقشه بالا نشان داده شده است. داده‌های هواشناسی از ایستگاه‌های سینوپتیک و داده‌های آلودگی هوا از ایستگاه‌های پایش سازمان حفاظت محیط‌زیست استان به‌صورت روزانه در نیمسال دوم ۱۳۹۶ و سال ۱۳۹۷ دریافت شد که میانگین آن‌ها در تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

در پژوهش حاضر به‌منظور مدل‌سازی فرایند آلاینده‌ها، از رگرسیون لجستیک و نرم‌افزار اس.پی.اس.اس.^۱، برای انتخاب بهینه‌ترین حالات از نرم‌افزار مینی‌تب^۲ و برای بررسی الگوی مناسب برای سری‌های زمانی از نرم‌افزار ساس^۳ استفاده شد. نمودار توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی نیز با استفاده از نرم‌افزار متلب^۴ رسم شدند.



شکل ۱. نقشه استان مازندران و موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد بررسی روی نقشه

- 1- Statistical Package for the Social Science (SPSS)
- 2- MINITAB
- 3- Statistical Analysis System (SAS)
- 4- Matrix Laboratory (MATLAB)

روش‌ها

در تجزیه و تحلیل آماری، همبستگی بین پارامترها محاسبه و روابط همبستگی ارائه شد. در پژوهش حاضر همان‌طور که اشاره شد، از روش رگرسیون لجستیک استفاده شد.

رگرسیون لجستیک

در رگرسیون خطی، متغیر وابسته، متغیری کمی در سطح فاصله‌ای یا نسبی است و پیش‌بینی‌کننده‌ها از نوع متغیرهای پیوسته، گسسته یا ترکیبی از این دو هستند. در چنین رگرسیونی همه β_i ها پارامتر هستند (رابطه ۱).

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_p x_{pi} + e_i \quad \text{رابطه ۱}$$

اما هنگامی که متغیر وابسته، کمی نباشد و به‌صورت دو یا چندمقوله‌ای باشد، از رگرسیون لجستیک استفاده می‌شود که امکان پیش‌بینی عضویت گروهی را فراهم می‌کند. در این روش، ضرایب را متغیرهای تصادفی در نظر گرفته و برای آن توزیع اولیه یا پیشینی براساس اطلاعات قبلی موجود، معرفی می‌کنند. برای به‌دست آوردن برآورد رگرسیون لجستیک باید توزیع پسین این متغیرها را به‌دست آورد. این استنتاج براساس تئوری لجستیک واقع شده است که در رابطه ۲ نشان داده شده است (چاوهان^۱ و همکاران، ۲۰۰۶):

$$\underbrace{p(\theta|y)}_{\text{posterior}} = \frac{\underbrace{p(\theta)}_{\text{prior}} \underbrace{p(y|\theta)}_{\text{likelihood}}}{\underbrace{p(y)}_{\text{probability of } y}} \propto p(\theta)p(y|\theta) \quad \text{رابطه ۲}$$

در رابطه بالا، θ : پارامتر مدل، $P(\theta|y)$: احتمال پسین از θ ، $P(\theta)$: توزیع پیشین از پارامتر θ و $P(y|\theta)$: تابع احتمال است.

آزمون تحلیل تغییر مبنای حوزه تغییرات (تحلیل R/S)^۲

تحلیل R/S روش آماری‌ای است که برای سنجش میزان نویز در یک سیستم به‌کار می‌رود و تشخیص یک سری زمانی تصادفی از یک سری غیر تصادفی، با آن امکان‌پذیر است. روش محاسبه بدین‌صورت است (مهاجر دوست و همکاران، ۱۳۸۷):

الف: سری X_t (به طول N) به d بردار n تایی تقسیم می‌شود؛ n مقسوم‌علیه‌های N را شامل می‌شود و هریک از بردارهای حاصله Z_m نامیده می‌شوند و همچنین $m = 1, \dots, d$.

ب: برای هر بردار Z_m :

۱- میانگین (μ_m) و انحراف معیار (S_m) به‌ازای هر m محاسبه می‌شود.

۲- برای $i = 1, 2, \dots, n$ از $X_{i,m} = Z_{i,m} - \mu_m$ سری زمانی انباشته $Y_{i,m} = \sum_{j=1}^i X_{j,m}$ به‌دست می‌آید.

۳- $R_m = \max\{Y_{1,m}, \dots, Y_{n,m}\} - \min\{Y_{1,m}, \dots, Y_{n,m}\}$ نیز محاسبه می‌شود.

۴- با به‌دست آوردن مقیاس‌بندی مجدد R_m/S_m به‌ازای هر m مقدار متوسط آن برای بردارهای n بعدی به‌صورت رابطه ۳ است.

$$(R/S)_n = \frac{1}{d} \sum_{m=1}^d \frac{R_m}{S_m} \quad \text{رابطه ۳}$$

همچنین براساس یک قانون تجربی، رابطه‌ای به صورت رابطه ۴ بیان می‌شود:

$$(R/S)^n = (n)H \quad H \in [0,1] \quad \text{رابطه ۴}$$

H نمای هرست^۱ است و معرف پیشامدهایی است که پی‌درپی و مانند یکدیگر رخ داده‌اند که با کمک بیشترین مقدار آن، میانگین دوره گردش متناوب حاصل می‌شود و به ازای مقادیر مختلف n به صورت رابطه ۵ به دست می‌آید:

$$H = \frac{\text{Log}(R/S)_n}{\text{Log}(n)} \quad \text{رابطه ۵}$$

تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۲ و تحلیل عامل اصلی^۳

این دو تحلیل از روش‌های آماری چندمتغیره هستند که می‌توان از آن‌ها برای کاهش پیچیدگی متغیرهای اولیه مسئله در مواردی که حجم زیادی از اطلاعات وجود دارد و همچنین برای تفسیر بهتر اطلاعات استفاده کرد. با اعمال این روش، متغیرهای اولیه به مؤلفه‌های جدید و مستقل از یکدیگر تبدیل می‌شوند. روش کار برای ایجاد مؤلفه‌های اصلی به صورت زیر است (شوشتریان و همکاران، ۱۳۸۹):

الف: محاسبه فاکتور KMO^۴

روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی از روش‌های آماری ناپارامتری است که لازم است امکان استفاده و نتایج به دست آمده از آن به وسیله عامل KMO یا آزمون بارتلت^۵ مشخص شود. این عامل به کمک ضرایب همبستگی ساده^۶ و جزئی^۷ براساس رابطه ۶ محاسبه می‌شود:

$$KMO = \frac{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p r_{ij}^2}{\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p r_{ij}^2 + \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^p a_{ij}^2} \quad i \neq j \quad \text{رابطه ۶}$$

در رابطه ۶، r_{ij} و a_{ij} به ترتیب ضرایب همبستگی ساده و جزئی هستند. مقدار KMO بین صفر تا یک تغییر می‌کند. در صورتی که این عامل، بزرگ‌تر از ۰/۵ به دست آید، نشان‌دهنده امکان اجرای این روش روی داده‌های اصلی است.

ب: استاندارد کردن متغیرهای ورودی

براساس رابطه ۷ داده‌های ورودی به گونه‌ای استاندارد می‌شوند که میانگین صفر و انحراف معیار یک داشته باشند.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad \text{رابطه ۷}$$

Z: معادل استاندارد شده مشاهدات، X: داده‌های ورودی، μ : میانگین هر متغیر و σ : مقادیر انحراف معیار برای هر متغیر است.

ج: محاسبه ماتریس همبستگی برای متغیرهای اولیه

این ماتریس که میزان تغییرات در نمونه و میزان همبستگی متغیر را باهم نشان می‌دهد، ماتریسی متقارن است که

-
- 1- Hurst exponent
 - 2- Principal Component Analysis (PCA)
 - 3- Principal Factor Analysis (PFA)
 - 4- Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)
 - 5- Bartlett test
 - 6- Simple correlation coefficients
 - 7- Partial correlation coefficients

عضوهای روی قطر اصلی آن، واریانس و بقیه درایه‌های آن، کوواریانس بین متغیرهای ورودی است.

د: محاسبه مقادیر ویژه λ و بردارهای ویژه مربوطه از ماتریس همبستگی

بدین منظور رابطه ۸ حل می‌شود:

$$|R - \lambda I_p| = 0$$

رابطه ۸

I_p : ماتریس واحدی با بُعد $p \times p$ است؛ بنابراین می‌توان p مقدار ویژه مرتب‌شده $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$ را به‌دست آورد؛ به‌طوری که مجموع مقادیر ویژه برابر با p باشد. هرچه کمیت عددی مقادیر ویژه بزرگ‌تر باشد، بیانگر این است که مؤلفه ایجاد از آن نیز درصد بیشتری از اطلاعات متغیرهای اولیه را دربر می‌گیرد.

ه: اجرای چرخش مناسب روی ماتریس ضرایب مؤلفه‌ها

به‌دلیل استفاده از تمام متغیرهای اولیه در تشکیل هر مؤلفه، تفسیر مؤلفه‌ها مشکل خواهد بود؛ بنابراین برای تفسیر ساده‌تر مؤلفه‌ها، روش‌هایی ارائه شده است. این روش‌ها همان چرخش مؤلفه‌ها هستند که به دو نوع چرخش عمودی و مایل تقسیم می‌شوند.

استفاده از توابع خودهمبستگی^۱ و خودهمبستگی جزئی^۲

در پژوهش حاضر، به‌منظور بررسی تأخیرهای زمانی مؤثر هر سری، از روشی که در مدل‌سازی خطی و لجستیک برای انتخاب ورودی‌ها به‌کار برده می‌شود، استفاده می‌گردد. این روش، استفاده از خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی است. اغلب با تعداد متناهی از مشاهدات که در دسترس است یک الگوی پارامتری از مرتبه متناهی برای بیان یک فرایند سری زمانی می‌توان ساخت. ازجمله الگوهای که بدین‌منظور استفاده می‌شوند سه الگوی اتورگرسیو، میانگین متحرک و فرایند مرکب میانگین متحرک و اتورگرسیو هستند (محسن‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱).

نتایج

بررسی قابلیت پیش‌بینی داده‌ها

اولین گام در مسیر مدل‌سازی و پیش‌بینی یک سیستم، بررسی ماهیت داده‌های اثرگذار در آن سیستم است. بدین‌منظور از آزمون تحلیل تغییر مبنای حوزه تغییرات استفاده می‌شود. براساس این آزمون، نمای هرست (H) برای سری زمانی پارامترهای به‌کار گرفته‌شده به‌دست می‌آید. مقادیر متناظر با نمای هرست به‌ازای مقادیر مختلف n برای دو سری اصلی^۳ و به‌هم‌ریخته^۴ داده‌های دو سری زمانی NO_2 نشان می‌دهد نمای H برای سری به‌هم‌ریخته، کمتر از سری اصلی است که این موضوع بیانگر آن است که سری اصلی روندی غیر تصادفی دارد که با برهم‌زدن ترتیب داده‌ها، خاصیت تصادفی پیدا کرده و قابلیت پیش‌بینی را از دست می‌دهد (شکل ۲). با بررسی دیگر پارامترهای مورد مطالعه در این پژوهش، چنین نتیجه‌ای را برای دیگر پارامترها نیز می‌توان استخراج کرد.^۵

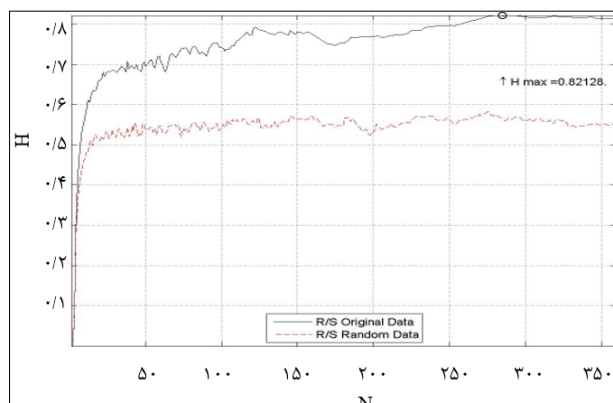
1- Auto Correlation Function (ACF)

2- Partial Auto Correlation Function (PACF)

3- Orginal Data

4- Random Data

۵- با توجه به اینکه در پژوهش حاضر پنج آلاینده به‌عنوان پارامترهای آلاینده‌گی و پنج عامل به‌مثابه پارامترهای هواشناسی مطالعه شده؛ بنابراین در هر قسمت، استخراج نمودار برای تمامی این پارامترها صورت گرفته است؛ اما به‌منظور رعایت اختصار، در فایل اصلی مقاله درج نشده‌اند و به‌صورت پیوست برای دفتر مجله ارسال شده‌اند. خوانندگان محترم مقاله، در صورت علاقه‌مندی به مشاهده این شکل‌ها و نمودارها، می‌توانند با رایانامه دفتر مجله یا نویسنده مسئول مقاله مکاتبه کنند.



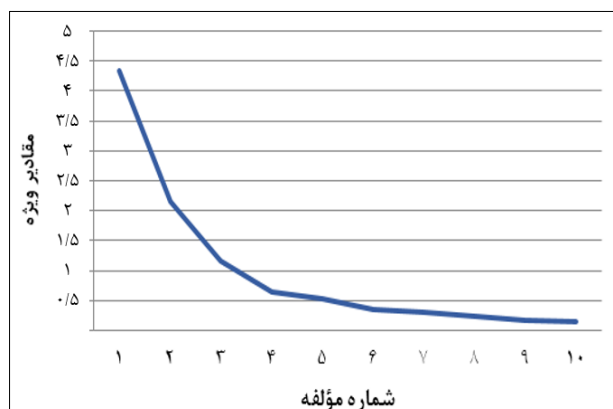
شکل ۲. نمودار نمای هرست برای سری زمانی NO_2

بررسی نتایج تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل عامل اصلی

به‌منظور بررسی داده‌های اثرگذار بر آلاینده‌ها برای ورود به یک سیستم پیش‌بینی‌کننده، از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی و تحلیل عامل اصلی استفاده می‌شود. با محاسبه مقدار KMO برابر ۰/۷۸، امکان اجرای تحلیل مؤلفه‌های اصلی تأیید می‌شود که با اجرای آن روی سری زمانی ده پارامتر مورد مطالعه، ده مؤلفه ایجاد می‌شود که نخستین مؤلفه بیشترین واریانس و آخرین آن کمترین واریانس را نشان می‌دهد (جدول ۱) و به‌ازای شماره مؤلفه، مقادیر ویژه رسم می‌شوند تا مؤلفه ۴ به‌میزان ۸۲/۷۷٪ از کل واریانس موجود در سری داده‌ها توجیه می‌شود و پس از مؤلفه ۴ تقریباً نمودار به‌صورت خطی شده است (شکل ۳)؛ بنابراین چهار مؤلفه اول به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی در نظر گرفته می‌شوند.

جدول ۱. مشخصات مؤلفه‌های ایجاد از متغیرهای اولیه

مؤلفه	مقدار ویژه	درصد از واریانس	واریانس جمعی
۱	۴/۳۲	۴۳/۲۵	۴۳/۲۵
۲	۲/۱۶	۲۱/۶	۶۴/۸۵
۳	۱/۱۵	۱۱/۵۱	۷۶/۳۶
۴	۰/۶۴	۶/۴۲	۸۲/۷۸
۵	۰/۵۲	۵/۲۵	۸۸/۰۲
۶	۰/۳۴	۳/۴۳	۹۱/۴۶
۷	۰/۲۹	۲/۹۴	۹۴/۳۹
۸	۰/۲۴	۲/۳۸	۹۶/۷۷
۹	۰/۱۶	۱/۶۵	۹۸/۴۲
۱۰	۰/۱۶	۱/۵۸	۱۰۰



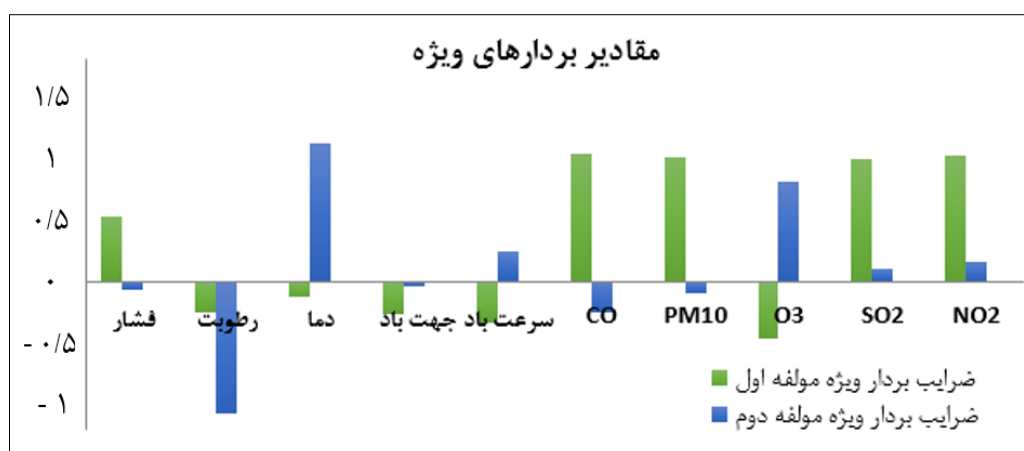
شکل ۳. اندازه مقادیر ویژه مؤلفه‌ها برای انتخاب مؤلفه‌های اصلی

روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی درمورد اینکه کدامیک از آلاینده‌ها غالب تغییرات را توصیف می‌کنند، اطلاعاتی نمی‌دهد. برای دستیابی به این اطلاعات از روش تحلیل عامل اصلی استفاده می‌شود. اکنون با استفاده از چرخش وریماکس^۱ روی ماتریس ضرایب مؤلفه‌های اصلی، بردارهای ویژه^۲ به‌دست می‌آیند و مقادیر ویژه^۳ برای هر مؤلفه و همچنین واریانس آن‌ها پس از انجام چرخش نشان داده می‌شود. چون چهار مؤلفه اول به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی انتخاب شده‌اند، بنابراین چرخش بین چهار مؤلفه اول انجام شده است (جدول ۲).

با مقادیر به‌دست‌آمده برای بردارهای ویژه متناسب با هر مؤلفه، ترسیم مناسبی از ارتباط بین پارامترهای هواشناسی و آلاینده‌های هوا ایجاد می‌شود (شکل ۴). با نگاهی به ستون‌های مقدار بردار ویژه، ارتباط معنی‌دار بین آلاینده‌ها و پارامتر فشار مشخص می‌شود. نکته دیگری که استخراج می‌شود، ارتباط مستقیم بین پارامترهای بیان‌شده است؛ بدین‌معنا که افزایش هریک از پارامترها، اثر افزایشی روی خروجی و کاهش هریک، اثر کاهشی بر آن دارند؛ بنابراین اثر متقابل آن‌ها درنهایت، اثر مستقیم است. با نگاهی دقیق‌تر می‌توان مشاهده کرد که آلاینده O_3 با پارامتر دما ارتباط مستقیم و با رطوبت رابطه عکس دارد.

جدول ۲. مشخصات مؤلفه‌ها پس از ایجاد چرخش

مؤلفه	مقادیر ویژه اولیه			مقادیر ویژه حاصل از چرخش مؤلفه‌های اصلی		
	مقدار ویژه	درصد از واریانس	واریانس تجمعی	مقدار ویژه	درصد از واریانس	واریانس تجمعی
۱	۴/۳۲	۴۳/۲۵	۴۳/۲۵	۳/۳۳	۳۳/۳	۳۳/۳
۲	۲/۱۶	۲۱/۶	۶۴/۸۵	۲/۲۲	۲۲/۱۶	۵۵/۴۶
۳	۱/۱۵	۱۱/۵۱	۷۶/۳۶	۱/۷۸	۱۷/۸	۷۳/۲۶
۴	۰/۶۴	۶/۴۲	۸۲/۷۸	۰/۹۵	۹/۵۱	۸۲/۷۸
۵	۰/۵۲	۵/۲۵	۸۸/۰۲			
۶	۰/۳۴	۳/۴۳	۹۱/۴۶			
۷	۰/۲۹	۲/۹۴	۹۴/۴			
۸	۰/۲۴	۲/۳۸	۹۶/۷۷			
۹	۰/۱۶	۱/۶۵	۹۸/۴۲			
۱۰	۰/۱۶	۱/۵۸	۱۰۰			



شکل ۴. نمودار میله‌ای مقادیر ویژه مؤلفه‌ها برای دو مؤلفه اصلی اول

1- Varimax rotation

2- Eigen vectors

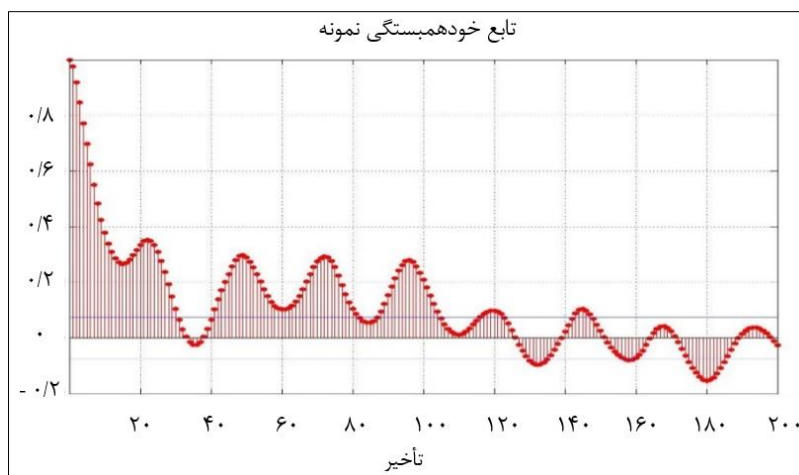
3- Eigen values

بررسی سری‌های زمانی به‌منظور تعیین تأخیرهای زمانی مؤثر برای پیش‌بینی یک گام زمانی جلوتر در نوشتار پیش رو برای بررسی الگوی مناسب برای سری‌های زمانی از نرم‌افزار ساس استفاده شده است؛ در اینجا برای اختصار و به‌عنوان نمونه، سری زمانی رطوبت بررسی شده است.

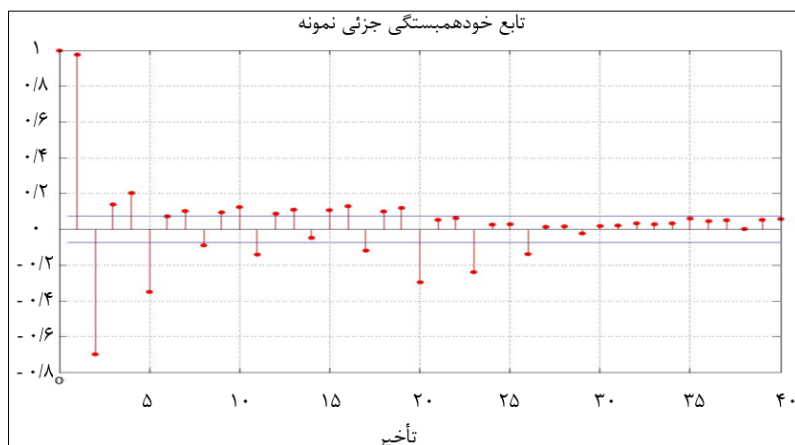
بررسی سری زمانی رطوبت

نمودار توابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی با استفاده از نرم‌افزار متلب رسم شد (شکل ۵ و ۶). با توجه به تابع خودهمبستگی رسم‌شده مشاهده می‌شود که ضرایب همبستگی دارای پیک‌های معنی‌دار پریودیک بوده و مقادیر τ_k نزولی هستند؛ همچنین تابع خودهمبستگی جزئی پس از چند تأخیر به سمت صفر میل می‌کند؛ بنابراین مدل مناسب برای این سری می‌تواند AR باشد.

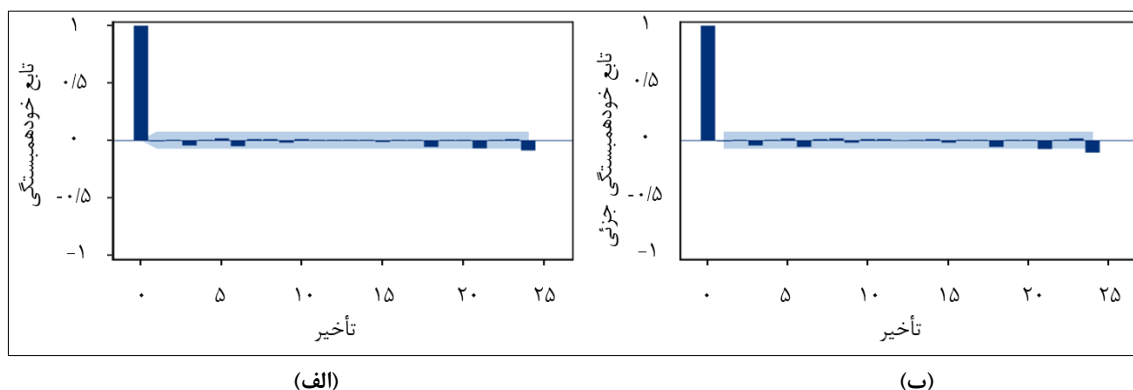
داده‌ها دارای دوره ۲۴ ساعته هستند؛ بنابراین می‌توان گفت که حداقل ۲۴ داده قبل می‌تواند در پیش‌بینی مؤثر باشد؛ بنابراین ابتدا الگوی AR از مرتبه ۲۴ در نرم‌افزار SAS به داده‌ها برازش داده می‌شود. با بررسی نمودار توابع خودهمبستگی (شکل ۷ الف) و خودهمبستگی جزئی باقیمانده‌ها (شکل ۷ ب) که پس از برازش مدل با نرم‌افزار رسم می‌شود، این نتیجه حاصل می‌شود که مدل برازش‌داده‌شده تاحدی مناسب است، ولی می‌توان برای داشتن دقت بیشتر، تعداد داده‌ها را افزایش داد و دوباره نمودارها را بررسی کرد تا به بهترین حالت دست یافت. بهترین حالت زمانی است که نمودار توابع تابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی باقی‌مانده نزدیک صفر باشند.



شکل ۵. تابع خودهمبستگی سری زمانی رطوبت



شکل ۶. تابع خودهمبستگی جزئی سری زمانی رطوبت



شکل ۷. الف: تابع خودهمبستگی باقیمانده‌ها برای مدل AR از مرتبه ۲۴؛ ب: تابع خودهمبستگی جزئی باقیمانده‌ها برای مدل AR از مرتبه ۲۴ (سری زمانی رطوبت)

در اینجا منظور از مرتبه، تأخیرهای زمانی مؤثر برای پیش‌بینی یک گام زمانی جلوتر است و مقادیر تابع خودهمبستگی و خودهمبستگی جزئی در شروع، یکسان در نظر گرفته شده است که این مقادیر با توجه به افزایش تأخیرها و مرتبه در نظر گرفته شده متفاوت است. بر این اساس، به‌ازای پارامترهای مورد نظر، تأخیرهای زمانی مؤثر برای پیش‌بینی یک گام زمانی جلوتر نشان داده شده است (جدول ۳).

بررسی همبستگی بین پارامترهای هواشناسی و آلاینده‌های هوا

پس از بررسی تعداد تأخیرهای زمانی هر سری زمانی برای پیش‌بینی یک گام زمانی جلوتر آلاینده‌ها، بایستی داده‌ها برای ورود به رگرسیون لجستیک آماده شوند. در این بخش به‌منظور پیش‌بینی آلاینده‌های مورد بررسی، چگونگی پیش‌بینی آلاینده O_3 به‌عنوان نمونه بیان شده است.

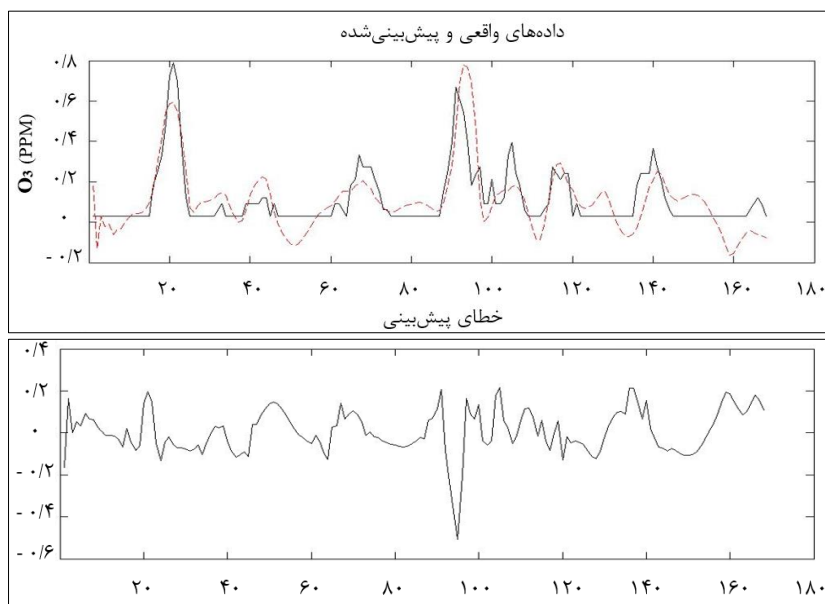
پیش‌بینی O_3

رگرسیون لجستیک با ششصد تکرار در لایه میانی اجرا شده است. نتیجه مرحله تست و نیز خطای پیش‌بینی در مرحله تست شبکه (شکل ۸) و همبستگی بین داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی شده (شکل ۹) نشان داد ضریب تعیین R^2 بین داده‌های واقعی و داده‌های پیش‌بینی شده برابر ۰/۶۲ است. معیار RMSE برای مرحله تست محاسبه شده و برابر ۰/۱ است.

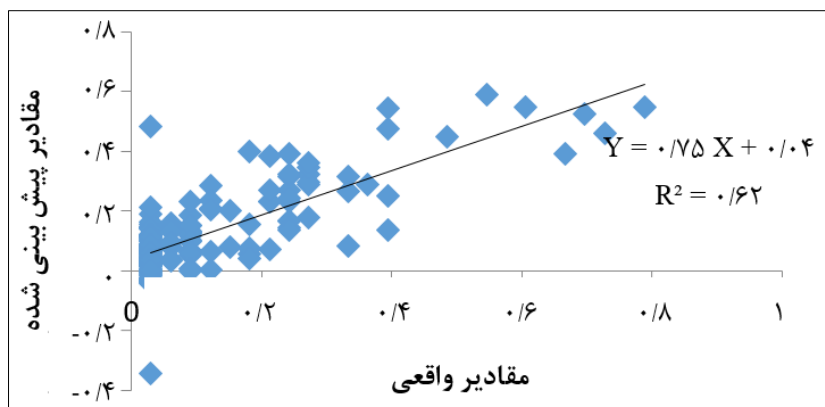
رابطه بین مقادیر واقعی O_3 و خطای حاصل از تست شبکه نشان می‌دهد رابطه سیستماتیک بین مقادیر O_3 و خطا وجود ندارد و برای مقادیر گوناگون O_3 خطاهای مختلف وجود دارد (شکل ۱۰). می‌توان تغییرات خطا را برای بازه‌های مختلف مقادیر O_3 با میانگین‌گیری از مقادیر خطا در آن محدوده به‌دست آورد (جدول ۴). مقدار خطا برای بازه ۰-۰/۴ تقریباً برابر با ± 0.1 PPM است.

جدول ۳. تأخیرهای زمانی مؤثر برای پیش‌بینی یک گام زمانی جلوتر

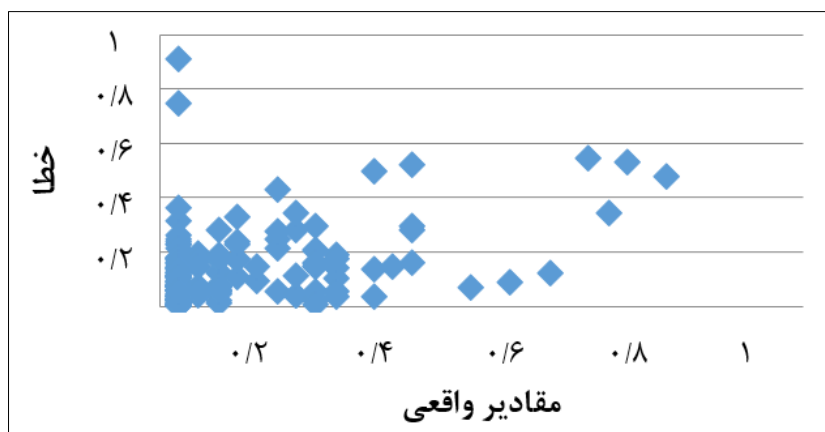
پارامتر	تأخیرهای زمانی مؤثر
O_3	۲۴
NO_2	۲۵
SO_2	۱۶
PM_{10}	۲۴
CO	۲۴
فشار	۴۸
رطوبت	۳۶
دما	۴۸



شکل ۸. پیش‌بینی O_3 و خطای آن در مرحله تست رگرسیون لجستیک



شکل ۹. همبستگی بین داده‌های واقعی O_3 و داده‌های پیش‌بینی شده در رگرسیون لجستیک



شکل ۱۰. رابطه بین خطا و مقادیر واقعی O_3 در رگرسیون لجستیک

جدول ۴. تغییرات خطا برای مقادیر مختلف O_3

مقادیر O_3	تغییرات خطا
-۰.۲	± 0.09
۰.۲ - ۰.۴	± 0.1

پیش‌بینی سایر آلاینده‌ها

در این قسمت به اختصار به نتایج حاصل از پیش‌بینی سایر پارامترها اشاره می‌شود. با اجرای رگرسیون لجستیک و بررسی دقت‌های به دست آمده از آن‌ها برای پیش‌بینی چهار آلاینده دیگر، این نتیجه حاصل می‌شود که رابطه سیستماتیک بین مقادیر این آلاینده‌ها و خطا وجود نداشته و مقادیر مختلف آن‌ها، خطاهای مختلفی دارند. بر این اساس می‌توان مقدار خطا برای این آلاینده‌ها در بازه $0.04-0.07$ را تقریباً بین $0.07 \pm$ تا $0.1 \pm$ فرض کرد (جدول ۵).

بررسی همبستگی بین پارامترهای هواشناسی و آلاینده‌های هوا

در این قسمت، نوع و میزان همبستگی بین پارامترهای هواشناسی و آلاینده‌های مورد بررسی بین ایستگاه‌ها واکاوی خواهد شد. بررسی‌ها نشان داد ارتباط معنی‌داری بین میزان O_3 و دما در ایستگاه هواشناسی آمل و ایستگاه آلودگی قائم‌شهر وجود دارد (جدول ۶)؛ همچنین بررسی همبستگی بین پارامترهای هواشناسی و آلاینده‌ها در ایستگاه‌های هواشناسی رامسر و آلودگی کیاسر، ارتباطی معنی‌دار بین میزان SO_2 و سرعت باد، برای ایستگاه‌های هواشناسی بابل‌سر و آلودگی ساری، ارتباطی معنی‌دار بین میزان O_3 و دما و بالاخره برای ایستگاه‌های هواشناسی نوشهر و آلودگی گلوگاه، ارتباطی معنی‌دار بین میزان SO_2 و دما را نشان داد.

جدول ۵. تغییرات خطا برای مقادیر مختلف آلاینده‌ها

آلاینده	CO	NO ₂	SO ₂	PM ₁₀	بازه
	± 0.06	± 0.09	± 0.07	± 0.07	تغییرات
	± 0.08	± 0.08	± 0.09	± 0.1	خطا

جدول ۶. همبستگی بین پارامترهای هواشناسی و آلاینده‌های هوا در ایستگاه هواشناسی آمل و ایستگاه آلودگی قائم‌شهر

ایستگاه آلودگی قائم‌شهر	ایستگاه هواشناسی آمل		
	سرعت باد (m/s)	میانگین رطوبت نسبی (%)	میانگین دما (C°)
NO ₂	نوع ارتباط: منفی n = ۲۶۹ r ² = ۰.۱۹/۶ P = .	نوع ارتباط: مثبت n = ۳۳۸ r ² = ۰.۶/۸ P = .	نوع ارتباط: منفی n = ۳۴۳ r ² = ۰.۳۱/۸ P = .
	نوع ارتباط: منفی n = ۲۶۹ r ² = ۰.۲۱/۲ P = .	ارتباطی وجود ندارد n = ۳۴۵ r ² = ۰.۰/۵ P = ۰.۲	نوع ارتباط: منفی n = ۳۴۵ r ² = ۰.۴/۵ P = .
	ارتباطی وجود ندارد n = ۲۴۱ r ² = ۰.۱ P = ۰.۱	ارتباطی وجود ندارد n = ۳۰۵ r ² = ۰.۲/۷ P = ۰.۰۰۴	ارتباطی وجود ندارد n = ۳۱۰ r ² = ۰.۰/۹ P = ۰.۰۹
	نوع ارتباط: منفی n = ۲۶۰ r ² = ۰.۲۰/۶ P = .	نوع ارتباط: مثبت n = ۳۳۱ r ² = ۰.۱۱/۵ P = .	نوع ارتباط: منفی n = ۳۳۶ r ² = ۰.۳۴/۵ P = .
O ₃	ارتباطی وجود ندارد n = ۲۶۷ r ² = ۰.۲/۸ P = ۰.۰۰۶	نوع ارتباط: منفی n = ۳۳۸ r ² = ۰.۱۲/۳ P = .	نوع ارتباط: مثبت n = ۳۴۴ r ² = ۰.۴۰ P = .

استخراج معادلات آلاینده‌ها بر حسب دما، رطوبت و سرعت باد برای ایستگاه‌های مختلف

زمانی که بین دو متغیر همبستگی وجود دارد، می‌توان یک متغیر را از راه متغیر دیگر برآورد نمود. پس از تعیین درجه همبستگی، معادلات آلاینده‌ها و روابط کلی برای هر ایستگاه براساس میانگین دما (MT)، میانگین رطوبت نسبی (MRh) و سرعت باد (WS) مشخص می‌شود (جدول ۷ تا ۱۰).

براساس معادلات به‌دست‌آمده، با داشتن پارامترهای هواشناسی در ایستگاه‌ها، به‌راحتی می‌توان میزان آلودگی منطقه را پیش‌بینی کرد؛ برای مثال اگر دما ۲۵ درجه سانتی‌گراد، میانگین رطوبت نسبی ۵۲٪ و سرعت باد ۵/۵ متر بر ثانیه باشد، میزان آلودگی در ایستگاه آلودگی قائم‌شهر و ایستگاه سینوپتیک آمل به‌دست می‌آید (جدول ۱۱).

جدول ۷. معادلات آلاینده‌ها بر حسب دما، رطوبت و سرعت باد برای ایستگاه آلودگی قائم‌شهر و ایستگاه سینوپتیک آمل

آلاینده	روابط مربوطه
NO ₂	NO ₂ = 0.19812 - 0.0011MT + 0.000256MRh - 0.001838WS
SO ₂	SO ₂ = 0.15422 - 0.000939MT - 0.00006404WS
PM ₁₀	
CO	CO = 23.62 - 0.2409MT + 0.07086MRh - 0.5123WS
O ₃	O ₃ = 0.054269 + 0.001253MT - 0.000349MRh

جدول ۸. معادلات آلاینده‌ها بر حسب دما، رطوبت و سرعت باد برای ایستگاه آلودگی کیاسر و ایستگاه سینوپتیک رامسر

آلاینده	روابط مربوطه
NO ₂	
SO ₂	SO ₂ = 0.04153 - 0.001836WS
PM ₁₀	PM ₁₀ = 151.17 + 0.6512MT - 3.221WS
CO	CO = 14.717 + 0.1603MT - 0.07322MRh
O ₃	O ₃ = 0.09034 + 0.00064MT - 0.000224MRh - 0.001799WS

جدول ۹. معادلات آلاینده‌ها بر حسب دما، رطوبت و سرعت باد برای ایستگاه آلودگی ساری و ایستگاه سینوپتیک بابلسر

آلاینده	روابط مربوطه
NO ₂	NO ₂ = 0.16208 - 0.000778MT + 0.000617MRh - 0.008161WS
SO ₂	SO ₂ = 0.06749 - 0.00015MT + 0.000182MRh - 0.001648WS
PM ₁₀	
CO	CO = 21.552 - 0.05585MT + 0.05792MRh - 0.5984WS
O ₃	O ₃ = 0.08867 + 0.000924MT - 0.0006MRh

جدول ۱۰. معادلات آلاینده‌ها بر حسب دما، رطوبت و سرعت باد برای ایستگاه آلودگی گلگاه و ایستگاه سینوپتیک نوشهر

آلاینده	روابط مربوطه
NO ₂	NO ₂ = 0.10486 - 0.000753MT + 0.000247MRh - 0.002099WS
SO ₂	SO ₂ = 0.036947 - 0.000377MT + 0.000139MRh - 0.000629WS
PM ₁₀	PM ₁₀ = 196.14 + 1.829MT - 0.7697MRh
CO	CO = 22.14 - 0.1002MT + 0.04757MRh - 0.3892WS
O ₃	O ₃ = 0.08867 + 0.000924MT - 0.0006MRh

جدول ۱۱. محاسبه آلاینده‌های ایستگاه آلودگی قائم‌شهر و ایستگاه سینوپتیک آمل

آلاینده	روابط مربوطه
NO ₂	NO ₂ = 0.19812 - 0.0011 * (25) + 0.000256 * (52) - 0.001838 * (5.5) = 0.174
SO ₂	SO ₂ = 0.15422 - 0.000939 * (25) - 0.006404 * (5.5) = 0.096
PM ₁₀	
CO	CO = 23.62 - 0.2409 * (25) + 0.07086 * (52) - 0.5123 * (5.5) = 18.465
O ₃	O ₃ = 0.054269 + 0.001253 * (25) - 0.000349 * (52) = 0.067

بحث

استفاده از سری زمانی پارامترهای اثرگذار بر آلاینده‌های هوا از جمله مواردی است که در بیشتر پژوهش‌ها به آن پرداخته شده است (قاضی^۱ و همکاران، ۲۰۱۵؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۶؛ شمشی‌ری و همکاران، ۱۳۹۷؛ پررا، ۲۰۱۶)؛ اما نکته‌ای که در پژوهش‌های پیشین به آن اشاره کمتری شده است، تحلیل این سری‌های زمانی و پرداختن به این موضوع است که برای داشتن پیش‌بینی آلاینده‌ها در یک گام زمانی جلوتر، به چه تعداد داده در زمان‌های قبلی نیاز است؛ بنابراین در نوشتار پیش رو، سعی بر آن است تا با مدل‌سازی فرایند آلاینده‌ها با استفاده از روش رگرسیون لجستیک و تحلیل سری‌های زمانی، میزان کارایی و انعطاف‌پذیری این روش‌ها در مدل‌سازی بررسی شود. با توجه به آثار مهلکی که این آلاینده‌ها می‌توانند بر سلامت انسان داشته باشند، اتخاذ تصمیمات لازم برای برنامه‌ریزی صحیح در مقابله با این معضل ضروری به نظر می‌رسد (سیکارد^۲ و همکاران، ۲۰۱۶). بدین‌منظور، برای بررسی داده‌های اثرگذار بر آلاینده‌ها برای ورود به یک سیستم پیش‌بینی‌کننده، براساس روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی چهار عامل مشخص شد و با استفاده از چرخش وریماکس روی ماتریس ضرایب مؤلفه‌های اصلی، بردارهای ویژه به‌دست آمد و بر این اساس، ارتباط معنی‌دار و مستقیم بین پارامترهای هواشناسی و آلاینده‌های هوا مشخص شد (جدول ۱ و ۲ و شکل ۳ و ۴)؛ همچنین با نگاه کلی به ضرایب همبستگی به‌دست‌آمده بین داده‌ها می‌توان گفت تمامی تغییرات بین داده‌های ایستگاه‌ها، با یکدیگر ارتباط مستقیم و مؤثر دارند (بوغودی^۳ و همکاران، ۲۰۱۶؛ جونز^۴ و همکاران، ۲۰۱۷).

با اجرای رگرسیون لجستیک و بررسی دقت‌های به‌دست‌آمده از آن‌ها برای پیش‌بینی آلاینده‌های مورد بررسی، این نتیجه حاصل شد که رابطه سیستماتیک بین مقادیر این آلاینده‌ها و خطا وجود نداشته و مقادیر مختلف آن‌ها، خطاهای متفاوتی دارند (استادزاد و بهلولی، ۱۳۹۴؛ بولن، ۲۰۱۵؛ روبارگ و بنفورد، ۲۰۱۸؛ یو و همکاران، ۲۰۱۸). خطای تخمین آلاینده‌ها در برخی از ایستگاه‌ها می‌تواند ناشی از تفاوت در شرایط انتشار آلاینده‌ها، تحولات شیمیایی آلاینده‌ها، منابع تولیدکننده و همچنین متغیرهای مورد استفاده برای تخمین آلاینده‌ها در آن منطقه نسبت به سایر مناطق باشد (آگیره-باسارکو^۵ و همکاران، ۲۰۰۶). براساس نتایج همبستگی، ارتباط مثبت و معنی‌داری بین میزان O_3 و دما در ایستگاه‌های هواشناسی آمل و آلودگی قائم‌شهر و همچنین ایستگاه‌های هواشناسی بابل‌سر و آلودگی ساری وجود دارد؛ همچنین بررسی همبستگی بین پارامترهای هواشناسی و آلاینده‌ها در ایستگاه‌های هواشناسی رامسر و آلودگی کیاسر، ارتباطی منفی و معنی‌دار بین میزان NO_2 و دما (فنگ^۶ و همکاران، ۲۰۱۹) و برای ایستگاه‌های هواشناسی نوشهر و آلودگی گلوگاه، ارتباطی منفی و معنی‌دار بین میزان SO_2 و دما را نشان داد (کریستوفر^۷ و همکاران، ۲۰۱۸)؛ بنابراین نتایج به‌طور واضح نشان می‌دهد که دما مؤثرترین عامل بر روند ایجاد آلاینده‌های مورد بررسی در استان مازندران است. این نتیجه با نتیجه پژوهش خورشیددوست و همکاران (۱۳۹۷) که ارتباط پارامترهای جوی با آلودگی هوای شهر تبریز را بررسی کرده‌اند، مطابقت دارد؛ اما با نتیجه مطالعه سلیقه و کاخکی مهنه (۱۳۹۴) که روابط بین عناصر آب‌وهوایی و نوسانات آلودگی هوا در شهر مشهد

1- Ghazi

2- Sicard

3- Bougoudis

4- Jones

5- Agirre-Basurko

6- Feng

7- Christopher

را بررسی کردند، مغایرت دارد که در آن، رطوبت نسبی به‌عنوان تأثیرگذارترین عامل بر آلاینده‌های CO و SO₂ شناسایی شد؛ از سوی دیگر، این موضوع قابل توجه است که در ایستگاه‌های مختلف، عناصر مختلفی با دما ارتباط معنی‌دار دارند؛ این تفاوت در عملکرد مدل‌های مکانی برای ایستگاه‌های مختلف، در پژوهش‌های دیگر نیز تأیید شده است (آلیمسیس^۱ و همکاران، ۲۰۱۸). این تفاوت‌ها می‌تواند بیانگر این مسئله باشد که عملکرد عوامل انتشار آلاینده‌ها و نیز نوع این عوامل، می‌تواند برای ایستگاه‌های مختلف متفاوت باشد؛ بنابراین، ساز و کار انتشار و توسعه آلاینده‌ها نیز در یک ایستگاه با ایستگاه‌های دیگر می‌تواند متفاوت باشد (شمس‌الدینی و احمدی، ۱۳۹۹).

زمانی که بین دو متغیر همبستگی وجود دارد، می‌توان یک متغیر را از راه متغیر دیگر برآورد کرد؛ بنابراین پس از تعیین درجه همبستگی، معادلات آلاینده‌ها و روابط کلی برای هر ایستگاه براساس میانگین دما، میانگین رطوبت نسبی و سرعت باد مشخص شد؛ علت اینکه این معادلات به‌صورت رابطه بیان شدند این است که تنها مورد استفاده برای سال بررسی‌شده در این مطالعه نباشند و بدین ترتیب براساس این معادلات، با داشتن پارامترهای هواشناسی در ایستگاه‌ها، به‌راحتی می‌توان میزان آلودگی منطقه را برای سال‌های بعد تعمیم داد و پیش‌بینی کرد.

نتیجه‌گیری

نوشتار پیش رو کوششی برای تعیین ساختار فیزیکی معادلات در اثر برهم‌کنش جو با آلاینده‌ها در استان مازندران است. بدین‌منظور ارتباط پارامترهای هواشناسی همچون دما، رطوبت نسبی و سرعت باد با مقدار غلظت آلاینده‌ها بررسی شد. از مهم‌ترین ویژگی‌های مدل‌های به‌دست‌آمده قابلیت آن‌ها در سنجش کمی آلاینده‌ها در شرایط جوی متفاوت است.

براساس نتایج به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های مورد بررسی می‌توان گفت NO₂ و CO ایستگاه گلوگاه و O₃ ایستگاه کیاسر و SO₂، NO₂ و CO ایستگاه آلودگی ساری و قائم‌شهر به‌طور کامل با پارامتر دما، رطوبت نسبی و سرعت باد ارتباط معنی‌داری را نشان دادند که بیانگر تأثیر این پارامترها در تغییر غلظت آلاینده‌های پیش‌گفته است. با توجه به یکنواختی تغییرات در داده‌های ایستگاه‌ها می‌توان استنباط کرد که تغییرات به‌دست‌آمده، از الگوهای عمومی و کلی پیروی می‌کنند؛ به این شرح که ایستگاه‌هایی که ضریب همبستگی بیشتری دارند، دارای الگوهای نزدیک به هم و شبیه‌تر و ایستگاه‌هایی که ضریب همبستگی کمتری دارند، دارای الگوهای منحصربه‌فرد و خاص‌تری برای همان ایستگاه هستند.

با اجرای رگرسیون لجستیک و بررسی دقت‌های به‌دست‌آمده از آن‌ها برای پیش‌بینی آلاینده‌ها، این نتیجه حاصل شد که رابطه سیستماتیک بین مقادیر این آلاینده‌ها و خطا وجود نداشته و مقادیر مختلف آن‌ها، خطاهای مختلفی دارند؛ همچنین براساس نتایج حاصله، می‌توان مقدار خطا برای این آلاینده‌ها در بازه ۰/۴-۰ را کمابیش بین ۰/۷± تا ۰/۱± فرض کرد. از میان شصت معادله رگرسیون لجستیک به‌دست‌آمده، چهل مورد آن ارتباط بین آلاینده‌ها و پارامترهای هواشناسی را به‌صورت منفی و مثبت معنی‌دار نشان داد.

درنهایت، براساس هدف پژوهش حاضر، در راستای بررسی میزان کارایی و انعطاف‌پذیری این روش‌ها در مدل‌سازی فرایند آلاینده‌ها با استفاده از روش رگرسیون لجستیک و تحلیل سری‌های زمانی، براساس الگوهای توابع یک‌متغیره معادلات رگرسیون مدل‌ها، فرمول‌های معتبری برای تخمین روابط لجستیک بین آلاینده‌ها و یکی از پارامترهای هواشناسی استخراج شد. براساس این معادلات به‌دست‌آمده، با داشتن پارامترهای هواشناسی در ایستگاه‌ها، به‌راحتی می‌توان میزان آلودگی هر منطقه را پیش‌بینی کرد.

منابع

- استادزاد، علی حسین؛ بهلولی، پریسا (۱۳۹۴). تأثیر انرژی‌های تجدیدپذیر بر منحنی زیست‌محیطی کوزنتسی در ایران. *نظریه‌های کاربردی اقتصاد*، ۲ (۲)، ۱۲۷-۱۵۴.
- الهامی، بهزاد؛ اکرم، اسداله؛ خانعلی، مجید (۱۳۹۵). بهینه‌سازی انرژی مصرفی و کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در تولید عدس آبی با استفاده از روش تحلیل پوششی داده‌ها. *مهندسی بیوسیستم/ایران*، ۴۷ (۴)، ۷۰۱-۷۰۴.
- امیرنژاد، حمید؛ بهمن پوری، صفیه (۱۳۹۲). تلفیق هدف‌های زیست‌محیطی و اقتصادی بهره‌برداران کشاورزی در تعیین الگوی بهینه کشت؛ مطالعه موردی: دشت بیضاء استان فارس. *تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۵ (۱۸)، ۱۱۷-۱۳۱.
- جهانگرد، اسفندیار (۱۳۹۳). اولویت‌بندی سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های اقتصادی ایران با ملاحظه آلودگی‌های زیست‌محیطی. *مجلس و راهبرد*، ۲۱ (۸۰)، ۱۳۷-۱۶۸.
- خورشیددوست، علی‌محمد؛ محمدی، غلامحسن؛ عقلمند، فریبا؛ حسینی صدر، عاطفه (۱۳۹۷). تحلیل آماری - توصیفی ارتباط پارامترهای جوی با آلودگی هوای شهر تبریز. *مدیریت مخاطرات محیطی*، ۵ (۲)، ۲۱۷-۲۳۰.
- سلیقه، محمد؛ کاخکی مهنه، حمید (۱۳۹۴). بررسی روابط بین عناصر آب‌وهوایی و نوسانات آلودگی هوا (مورد: شهر مشهد). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۴ (۳)، ۷۷-۹۴.
- شمس‌الدینی، علی؛ احمدی، وائکو (۱۳۹۹). تخمین مکانی - زمانی آلاینده‌های منواکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن شهر تهران مبتنی بر داده‌های حاصل از سنجش‌ازدور و داده‌های کمکی. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۰ (۳)، ۱۰۷-۱۲۴.
- شوشتریان، آشان؛ زیبایی، منصور؛ سلطانی، غلامرضا (۱۳۸۹). بررسی پایداری سیستم‌های زراعی با توجه به اهداف اقتصادی و زیست‌محیطی: مطالعه موردی در منطقه کامفیروز استان فارس. *اقتصاد کشاورزی*، ۴ (۴)، ۷۹-۹۶.
- محسن‌زاده، فاطمه؛ هزارجریبی، ابوطالب؛ شریفان، حسین؛ دهقانی، احمد (۱۳۹۱). بهینه‌سازی الگوی کشت با استفاده از روش الگوریتم ژنتیک (مطالعه موردی منطقه آق‌قلا). در: علی جمالی، کنفرانس ملی استفاده بهینه از منابع آب، (صص. ۶۳-۶۹). دزفول: دانشگاه آزاد اسلامی واحد دزفول.
- مهاجردوست، وحید؛ اکرم، اسداله؛ مشهوری‌آذر، مسعود (۱۳۸۷). آنالیز انرژی مصرفی و هزینه‌های تولید محصولات عمده زراعی شهرستان مراغه. در: نیما سبحانی، پنجمین کنگره ملی مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون، (صص. ۲۶-۳۳). مشهد: انجمن مهندسی ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران، دانشگاه فردوسی مشهد.
- هراتی، جواد؛ اسلاملوئیان، کریم؛ قطمیری، محمدعلی؛ هادیان، ابراهیم (۱۳۹۳). تجزیه و تحلیل خسارت‌های رفاهی ناشی از آلودگی‌های زیست‌محیطی در ایران (با رویکرد دینامیک سیستم). *پژوهش‌های رشد و توسعه پایدار (پژوهش‌های اقتصادی)*، ۱۴ (۴)، ۱۱۳-۱۴۷.

References

- Agirre-Basurko, E., Ibarra-Berastegi, G. & Madariaga, I. (2006). Regression and multilayer perceptron-based models to forecast hourly O₃ and NO₂ levels in the Bilbao area. *Environmental Modelling & Software*, 21 (4), 430-446.
- Alimissis, A., Philippopoulos, K., Tzanis, C. G. & Deligiorgi, D. (2018). Spatial estimation of urban air pollution with the use of artificial neural network models. *Atmospheric environment*, 191, 205-213.
- Almaraz, M., Bai, E., Wang, C., Trousdell, J., Conley, S., Faloona, I. & Houlton, B. Z. (2018). Agriculture is a major source of NO_x pollution in California. *Science advances*, 4 (1), 347-361. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao3477>.
- Amirnejad, H. & Bahmanpouri, S. (2013). Integration of environmental and economic goals of agricultural operators in determining the optimal cultivation pattern; Case study: Beiza plain of Fars province. *Agricultural Economics Research Quarterly*, 5 (18), 74-91 (In Persian).
- Azid, A., Juahir, H., Toriman, M. E., Kamarudin, M. K. A., Saudi, A. S. M., Hasnam, C. N. C. & Osman, M. R. (2014). Prediction of the level of air pollution using principal component

- analysis and artificial neural network techniques: A case study in Malaysia. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225 (8), 206-223.
- Bilgili, F., Koçak, E. & Bulut, Ü. (2016). The dynamic impact of renewable energy consumption on CO₂ emissions: a revisited Environmental Kuznets Curve approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54 (8), 838-845. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.080>.
- Bollen, J. (2015). The value of air pollution co-benefits of climate policies: analysis with a global sector-trade CGE model called WorldScan. *Technological Forecasting and Social Change*, 90, 178-191. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2014.10.008>.
- Bougoudis, I., Demertzis, K. & Iliadis, L. (2016). Fast and low cost prediction of extreme air pollution values with hybrid unsupervised learning. *Integrated Computer-Aided Engineering*, 23 (2), 115-127. <https://doi.org/10.3233/ICA-150505>.
- Brauer, M., Freedman, G., Frostad, J., Van Donkelaar, A., Martin, R., Dentener, F. & Balakrishnan, K. (2015). Ambient air pollution exposure estimation for the global burden of disease 2013. *Environmental science & technology*, 50 (1), 79-88. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03709>.
- Chauhan, N. S., Mohapatra, P. K. J. & Pandey, K. P. (2006). Improving energy productivity in paddy production through benchmarking: an application of data envelopment analysis. *Energy Conversion and Management*, 47, 1063- 1085. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2005.07.004>.
- Chlingaryan, A., Sukkarieh, S. & Whelan, B. (2018). Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review. *Computers and electronics in agriculture*, 151, 61-69. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.05.012>.
- Chowdhury, S., Dey, S., Tripathi, S. N., Beig, G., Mishra, A. K. & Sharma, S. (2017). “Traffic intervention” policy fails to mitigate air pollution in megacity Delhi. *Environmental science & policy*, 74, 8-13. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.04.018>.
- Christopher, W., Joshua, S., Andrew, L., Nicholas, Z., Kimberley, A., David, A. & Jason, D. (2018). Inequity in consumption of goods and services adds to racial-ethnic disparities in air pollution exposure. *Journal of PANS*, 38 (5), 62-87. doi.org/10.1073/pnas.1818859116.
- Elhami, B., Akram, A. & Khanali, M. (2016). Optimization of energy consumption and environmental impacts of chickpea production using data envelopment analysis (DEA) and multi objective genetic algorithm (MOGA) approaches. *Information processing in agriculture*, 3 (3), 190-205. <https://doi.org/10.22059/ijbse.2017.60264> (In Persian).
- Feng, X., Fu, T., Cao, H., Tian, H., Fan, Q. & Chen, X. (2019). Neural network predictions of pollutant emissions from open burning of crop residues: Application to air quality forecasts in southern China. *Atmospheric Environment*, 204, 22-31.
- Ghazi, S., Dugdale, J. & Khadir, T. (2015). A Multi-Agent based Approach for Simulating the Impact of Human Behaviours on Air Pollution. *Informatica*, 39, 501-505.
- Gurjar, B., Ravindra, K. & Nagpure, A. S. (2016). Air pollution trends over Indian megacities and their local-to-global implications. *Atmospheric Environment*, 142, 475-495. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.06.030>.
- Harati, J., Islamluian, K., Qatmiri, M. & Hadian, A. (2014). Analysis of Welfare Damages Caused by Environmental Pollution in Iran (with Dynamic System Approach). *Quarterly Journal of Economic Research (Sustainable Growth and Development)*, 14 (4), 113-147 (In Persian).
- Jahangard, E. (2014). Prioritize investment in Iran's economic activities in terms of environmental pollution. *Parliament and Strategy*, 21 (80), 137-168 (In Persian).
- Jones, J. W., Antle, J. M., Basso, B., Boote, K. J., Conant, R. T., Foster, I. & Keating, B. A. (2017). Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products: State of agricultural systems science. *Agricultural systems*, 155, 269-288. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2016.10.002>.
- Kaab, A., Sharifi, M., Mobli, H., Nabavi-Pelesaraei, A. & Chau, K. W. (2019). Combined life cycle assessment and artificial intelligence for prediction of output energy and environmental impacts of sugarcane production. *Science of the Total Environment*. 664, 1005-1019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.004>.

- Khorshiddoost, A., Mohammadi, Gh., Aghlmand, F. & Hosseini Sadr, A. (2018). Statistical-descriptive analysis of the relationship between atmospheric parameters and air pollution in Tabriz. *Environmental risk management*, 5 (2), 217-230 (In Persian).
- Liu, J., Mauzerall, D.L., Chen, Q., Zhang, Q., Song, Y., Peng, W. & Lin, W. (2016). Air pollutant emissions from Chinese households: A major and underappreciated ambient pollution source. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 113 (28), 7756-7761. <https://doi.org/10.1073/pnas.1604537113>.
- Mishra, D., Goyal, P. & Upadhyay, A. (2015). Artificial intelligence based approach to forecast PM_{2.5} during haze episodes: A case study of Delhi, India. *Atmospheric Environment*, 102, 239-248. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.11.050>.
- Mohajerdoost, V., Akram, A. & Mashhuri-Azar, M. (2008). Analysis of energy consumption and production costs of major agricultural products in Maragheh city. In: Nima Sobhani, *Fifth National Congress of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization*, (pp. 26-33). Mashhad: Iranian Association of Agricultural Machinery Engineering and Mechanization, Ferdowsi University of Mashhad (In Persian).
- Mohsenzadeh, F., HezarJaribi, A., Sharifan, H. & Dehghani, A. (2012). Optimization of cultivation pattern using genetic algorithm method (Case study: Aqqala region). In: Ali Jamali, *National Conference on Optimal Utilization of Water Resources*, (pp. 63-69). Dezful: Islamic Azad University, Dezful Branch (In Persian).
- Ostadzad, A. & Bohloli, P. (2015). The effect of renewable energies on the Kuznetsi environmental curve in Iran. *Applied Theories of Economics*. 2 (2), 127-154 (In Persian).
- Perera, F. P. (2016). Multiple threats to child health from fossil fuel combustion: impacts of air pollution and climate change. *Environmental health perspectives*. 125(2), 141-148. <https://doi.org/10.1289/EHP299>.
- Rao, S., Klimont, Z., Smith, S. J., Van Dingenen, R., Dentener, F., Bouwman, L. & Reis, L. A. (2017). Future air pollution in the Shared Socio-economic Pathways. *Global Environmental Change*. 42, 346-358. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.012>.
- Robarge, G. M. & Benforado, J. (2018). Reducing Agricultural Impacts on the Environment: Current EPA Program and Research Activities—And Future Directions. In *Integrating Sustainable Agriculture, Ecology, and Environmental Policy*, 45, 123-140. https://doi.org/10.1300/J064v02n03_10.
- Saligheh, M. & Kakhaki Mahneh, H. (2015). Investigating the relationships between climate elements and air pollution fluctuations (Case: Mashhad). *Geography and Environmental Hazards*, 14 (3), 77-94 (In Persian).
- Shaddick, G., Thomas, M. L., Green, A., Brauer, M., van Donkelaar, A., Burnett, R. & Gurney, S. (2018). Data integration model for air quality: a hierarchical approach to the global estimation of exposures to ambient air pollution. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 67 (1), 231-253. <https://doi.org/10.1111/rssc.12227>.
- Shamshiri, R. R., Kalantari, F., Ting, K. C., Thorp, K. R., Hameed, I. A., Weltzien, C., Ahmad, D. & Shad, Z. (2018). Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11 (1), 1-22. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181101.3210>.
- Shamsoddini, A. & Ahmadi, W. (2020). Spatial-temporal estimation of carbon monoxide and nitrogen dioxide pollutants in Tehran based on remote sensing data and auxiliary data. *Geography and environmental sustainability*, 10 (3), 107-124 (In Persian).
- Shushtarian, A., Zibaei, M. & Soltani, Gh. (2008). Investigating the sustainability of agricultural systems according to economic and environmental goals: A case study in the Camphiroz region of Fars province. *Agricultural Economics Quarterly*, 4(4), 79-96 (In Persian).
- Sicard, P., Augustaitis, A., Belyazid, S., Calfapietra, C., de Marco, A., Fenn, M. & Serengil, Y. (2016). Global topics and novel approaches in the study of air pollution, climate change and forest ecosystems. *Environmental pollution*, 213, 977-987. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.075>.
- Sueyoshi, T. & Yuan, Y. (2015). China's regional sustainability and diversified resource allocation:

- DEA environmental assessment on economic development and air pollution. *Energy Economics*, 49, 239-256. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.01.024>.
- Tiwari, D.N., Loof, R. & Paudyal, G. N. (1999). Environment Economic Decision Making In Lowland Agriculture Using Multicriteria Analysis Techniques. *Agricultural System*, 60 (1), 99-112.
- Yu, S., Li, P., Wang, L., Wu, Y., Wang, S., Liu, K. & Zhang, X. (2018). Mitigation of severe urban haze pollution by a precision air pollution control approach. *Scientific reports*, 8 (1), 51-81. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26344-1>.
- Zavala, J., Krug, J. D., Warren, S. H., Krantz, Q. T., King, C., McKee, J. & Meier, M. J. (2018). Evaluation of an air quality health index for predicting the mutagenicity of simulated atmospheres. *Environmental science & technology*, 52 (5), 3045-3053. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b00613>.
- Zheng, D. & Shi, M. (2016). Multiple environmental policies and pollution haven hypothesis: evidence from China's polluting industries. *Journal of Cleaner Production*, 141, 295-304. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.091>.



Mixed Land use Pattern in Deteriorated and Inefficient Neighborhoods of Region Eighteen of Tehran and its Role in Sustainable Neighborhood Regeneration

Mojtaba Roustaei¹, Ahmad Pour Ahmad^{2*}, Nafiseh Marsousi¹, Esmaeil Ali akbari¹

¹ Department of Geography, Payame Noor University, Tehran, Iran

² Department of Human Geography, Faculty of Geography, Tehran University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 29 November 2020

Accepted 4 February 2021

Available online 4 February 2021

Keywords:

Mixed Land use, Regeneration, Sustainable Development, Deteriorated and Inefficient Urban Area, Eighteen Region of Tehran.

Citation: Roustaei, M., Ahmad Pour, A., Marsousi, N., Ali akbari, E. (2021). Mixed Land use Pattern in Deteriorated and Inefficient Neighborhoods of Region Eighteen of Tehran and its Role in Sustainable Neighborhood Regeneration. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (4), 39-52. doi: [10.22126/GES.2021.5816.2304](https://doi.org/10.22126/GES.2021.5816.2304)

ABSTRACT

Urban development based on the mixed land use is a new approach not only to regulate and make optimal use of physical space but also achieve sustainability, especially in the process of regenerating deteriorated and inefficient urban area of neighborhoods. The current study aims to investigate the correlation between mixed land use and sustainability indicators in deteriorated and inefficient urban area of neighborhoods. In this study, after evaluating the amount of mixed land use by entropy models, access scale and focal statistics have been calculated by using a questionnaire and SPSS software. Moreover, the degree of stability of deteriorated and inefficient urban area and also the correlation between mixed land use and sustainability were also investigated. The target tissues of the research have been calculated. Findings indicate that the rate of mixed land use in 17 neighborhoods of the study area does not have the same distribution and in terms of stability, all deteriorated and inefficient urban area of the study areas are below the average stability level which are considered unstable. Besides, the findings of the third part of the study indicate that there is a positive relationship and correlation between the mixed land use of neighborhood and sustainability indicators (participation, diversity and visual richness) and vice versa, with increasing mixed land use, sustainability in indicators (correlation, Vitality, accessibility, greenery, spatial affiliation, security, transportation, housing quality and environmental quality) decreased. The final results of the study reveal that the mixed land use can affect the level of sustainability of deteriorated and inefficient urban area in neighborhoods. However, the interrelationship of sustainability indicators with each other, the type of composition and quality of uses of the area of worn tissue and surrounding tissues can determine the aspects of sustainability of deteriorated and inefficient urban area.



الگوی کاربری ترکیبی در بافت‌های فرسوده ناکارآمد منطقه هجده شهر تهران و نقش آن در بازآفرینی پایدار محله‌ای

مجتبی روستائی^۱، احمد پوراحمد^{۲*}، نفیسه مرصوصی^۱، اسماعیل علی‌اکبری^۱

^۱گروه جغرافیا، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

^۲گروه جغرافیای انسانی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

مشخصات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	
تاریخچه مقاله:	
دریافت ۹ آذر ۱۳۹۹	
پذیرش ۱۶ بهمن ۱۳۹۹	
دسترسی آنلاین ۱۶ بهمن ۱۳۹۹	
کلیدواژه‌ها:	
کاربری ترکیبی، بازآفرینی، توسعه پایدار، بافت فرسوده ناکارآمد، منطقه هجده تهران.	توسعه شهری مبتنی بر ترکیب کاربری‌ها، رویکرد جدیدی برای نظم‌بخشیدن و استفاده بهینه از فضای کالبدی و همچنین دستیابی به پایداری به‌ویژه در فرایند بازآفرینی بافت‌های فرسوده ناکارآمد شهری به‌شمار می‌آید. هدف از پژوهش حاضر بررسی همبستگی بین کاربری ترکیبی و شاخص‌های پایداری در بافت‌های فرسوده ناکارآمد محلات است. در نوشتار پیش رو پس از ارزیابی میزان کاربری ترکیبی به‌وسیله مدل‌های آنتروپی، مقیاس دسترسی و آماره کانونی، با استفاده از تکمیل پرسش‌نامه و بهره‌گیری از نرم‌افزار اس.پی.اس.، میزان پایداری بافت‌های فرسوده ناکارآمد و همچنین همبستگی میان کاربری ترکیبی و پایداری بافت‌های هدف پژوهش محاسبه شده است. یافته‌های پژوهش بیانگر آن است که میزان کاربری ترکیبی در محلات مورد مطالعه از توزیع یکسانی برخوردار نبوده و از نظر پایداری نیز، تمامی بافت‌های فرسوده ناکارآمد، در وضعیت پایین‌تر از حد متوسط پایداری قرار داشته و ناپایدار به‌شمار می‌روند؛ همچنین یافته‌های بخش سوم پژوهش بیانگر آن است که بین میزان ترکیبی بودن کاربری‌های محلات و شاخص‌های پایداری (مشارکت، تنوع و غنای بصری) رابطه و همبستگی مثبت وجود دارد و برعکس، با افزایش کاربری ترکیبی، پایداری در شاخص‌های (همبستگی و تعامل اجتماعی، سرزندگی، دسترسی، سربیزی، تعلق مکانی، امنیت، حمل و نقل، کیفیت مسکن و کیفیت محیط) کاهش یافته است. نتایج نهایی پژوهش نشان‌دهنده آن است که میزان ترکیبی بودن کاربری‌ها می‌تواند بر سطح پایداری بافت‌های فرسوده ناکارآمد در محلات تأثیرگذار باشد؛ اما ارتباط درونی شاخص‌های پایداری با همدیگر، نوع ترکیب و کیفیت کاربری‌های محدوده بافت فرسوده و بافت‌های اطراف، می‌تواند جهت‌های پایداری بافت‌های فرسوده ناکارآمد را مشخص کند.

استناد: روستائی، مجتبی؛ پوراحمد، احمد؛ مرصوصی، نفیسه؛ علی‌اکبری، اسماعیل (۱۳۹۹). الگوی کاربری ترکیبی در بافت‌های فرسوده ناکارآمد منطقه هجده شهر تهران و نقش آن در بازآفرینی پایدار محله‌ای. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۰ (۴)، ۵۲-۳۹.
doi: [10.22126/GES.2021.5816.2304](https://doi.org/10.22126/GES.2021.5816.2304)

مقدمه

جایگاه و اهمیتی که شهر و شهرنشینی دارد، صاحبان قدرت و اندیشمندان همه دوره‌ها را واداشته تا بر جنبه‌های مختلف جسم و روح شهر درنگ کنند و بکوشند قانون‌مندی‌های زندگی شهری را دریابند و برپایه یافته‌های خود به برنامه‌ریزی شهری مناسب دست یابند (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۸). کاربری اراضی شهری و چگونگی توزیع فضایی - مکانی آن‌ها، یکی از مهم‌ترین کارکردها به‌منظور استفاده بهینه از فضای شهری به‌شمار می‌آید (سلمانی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۷)؛ همچنین ارزیابی و ساماندهی فضایی - مکانی کاربری‌ها و عملکردهای شهری، از مهم‌ترین و تأثیرگذارترین محورهای توسعه پایدار شهری به‌شمار می‌رود (ابراهیم‌زاده و قادرمرزی، ۱۳۹۶).

براساس آخرین آمارهای سرشماری، تعداد شهرهای ایران در سال ۱۳۹۵ به ۱۲۴۵ شهر که حدود ۷۴٪ جمعیت کشور را دربر می‌گیرد رسیده است؛ یعنی حدود ۲۰٪ بیش از میانگین شهرنشینی جهان (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵). چنین رشد پرشتابی، کشورهای جهان به‌ویژه کشورهای درحال توسعه را با مشکلات جدی و متعددی روبه‌رو کرده است. درنتیجه طی چند دهه اخیر مفهوم توسعه پایدار شهری به یکی از مفاهیم اساسی در فرهنگ جهانی و ادبیات توسعه شهرها تبدیل شده است. برنامه شهرهای پایدار سازمان ملل، شهر پایدار را این‌گونه تعریف می‌کند: شهری که موقعیت‌ها و کامیابی‌هایش در ابعاد مختلف توسعه اقتصادی، اجتماعی، کالبدی و زیست‌محیطی در درازمدت تداوم داشته باشد. شهر پایدار جانشینی موّجه و معقول برای شهرسازی مخرب قرن بیستم است و در آن به‌موازات توجه به مسائل زیست‌محیطی، به مسائل اجتماعی و انسانی همچون مسکن مناسب و زندگی حداقل نیز توجه می‌شود (لینچ^۱، ۱۳۷۶).

آنچه امروزه باعنوان بازآفرینی بافت‌های ناکارآمد فرسوده، تاریخی و حاشیه‌ای در ادبیات برنامه‌ریزان به‌کار گرفته می‌شود، حاصل چاره‌اندیشی شهرسازان متأخر برای جلوگیری از زوال روزافزون و غلبه بر ناکارآمدی و احیاء این بافت‌ها به‌ویژه در محله‌های سنتی موجود، جلوگیری از گسترش افقی در پیرامون شهرها و مقابله با جوامع وابسته به اتومبیل است (دانی^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). هر موضوعی که حس مکان و آگاهی‌های مردم را نسبت به محله خودشان تقویت می‌کند، جزء مقوله‌های بازآفرینی شهری پایدار به‌شمار می‌آید (کالتروپ و فالتون^۳، ۲۰۰۱: ۷۵). این نوع نگاه به مرمت و بهسازی، واکنشی است درمقابل چالش‌های نوظهوری همچون جهانی‌شدن، تغییرات ساختاری و عدم تعادل فضایی ناشی از رشد گسترده شهرها که امکان ایجاد رویکردی جامع، یکپارچه و عمل‌گرا برای پاسخ به مسائل شهری را فراهم آورده است (روبرت و سایکس^۴، ۲۰۰۸: ۱۴۹).

از دهه نود میلادی به این‌سو، دگرگونی‌هایی در رویکرد بازآفرینی در ابعاد مختلف صورت پذیرفت که در هم‌سویی با آن، بحث‌های توسعه پایدار نیز مورد توجه قرار گرفتند. ساده‌ترین درس‌های گرفته شده از بازآفرینی دهه‌های ۷۰ و ۸۰ میلادی این بود که بازآفرینی چیزی بیش از بحث آجر و ملات بوده است. درنتیجه بازآفرینی پایدار شهری به رویکردی مداخله‌ای در شهر اطلاق می‌شود که تمامی ابعاد شهر اعم از اقتصاد، اجتماع، فرهنگ، محیط‌زیست، کالبد و همچنین تمامی متغیرهای آن‌ها را نیز شامل می‌شود. چنان‌چه بلک‌من نیز بیان می‌کند که هرگونه تلاشی برای ادغام بازآفرینی شهری و توسعه باید به‌عنوان «اصل راهبر» و بنیادی سیاست آینده شهری، اهداف پایداری را دربر داشته باشد (بحرینی و ایزدی، ۱۳۹۳).

1- Lynch

2- Duanny

3- Calthorpe & Fulton

4- Roberts & Sykes

در مسیر بازآفرینی پایدار بافت‌های فرسوده ناکارآمد شهری، شاخص‌های متنوع و کاربردی هم‌سو با اصول توسعه پایدار همچون استفاده از کاربری ترکیبی، معاصر سازی عملکردهای تجاری، اولویت حرکت پیاده بر سواره، حذف اشتغال کاذب درون بافت، در ادبیات برنامه‌ریزی شهری حال حاضر دنیا مطرح هستند (حسن‌زاده و سلطان‌زاده، ۱۳۹۵). از جمله کاربردی‌ترین این شاخص‌ها، تشویق و استفاده از کاربری ترکیبی به‌طور معمول به‌عنوان یک اصل مطرح می‌شود که از ویژگی‌های حداقل سه منبع درآمد؛ یعنی خرده‌فروشی، مسکونی و تجاری استفاده کند (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۴: ۸۹).

منطقه‌بندی و تفکیک کاربری‌ها و فعالیت‌ها در گذشته عامل مرگ عرصه‌های شهری شده است. زندگی، کار، تجارت، خرید و بازی همگی از تعامل با یکدیگر سود می‌برند. ادغام کاربری‌ها، چه در سطح خیابان‌ها و چه در ساختمان‌های منفرد محیط‌هایی ایمن و پویا پدید می‌آورد. علت جذابیت و امنیت عرصه عمومی این است که می‌تواند افراد مختلف را در زمان‌های متفاوت و برای اهداف گوناگون به خود بخواند. این کار نه تنها سبب افزایش تحرک و پویایی محیط می‌شود، بلکه نظارت غیر رسمی بر عرصه عمومی را نیز فراهم می‌سازد (تیبالدز^۱، ۱۳۸۷: ۵۴). اصل اساسی در این برنامه‌ریزی، پیاده‌مداری و توجه به عناصر مربوط به محیط زندگی، کار و بازی است (دیلاسل و گریسام^۲، ۲۰۱۱).

به‌منظور اطمینان از اینکه مردم کوتاه‌ترین فاصله را برای رفع نیازهای روزمره زندگی طی می‌کنند، ترکیب متوازی از کاربری زمین در ناحیه‌ها، شهرها و مناطق از اهمیت خاصی برخوردار هستند (گافرن^۳ و همکاران، ۱۳۹۰: ۵۲)؛ اما تعریفی که امروزه برای کاربری مختلط استفاده می‌شود، ترکیبی از اجزاء و متغیرهای گوناگونی است که همه باهم کار می‌کنند (اسمعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). به‌بیانی ساده‌تر، کاربری مختلط به‌معنای ترکیبی از کاربری‌های تجاری (خرده‌فروشی، اداری و تفریحی) و کاربری غیر تجاری همانند مسکونی است که ممکن است به‌صورت عمودی (برای مثال واحدهای مسکونی بالای خرده‌فروشی) یا افقی (واحدهای مسکونی در کنار خرده‌فروشی) ترکیب شوند (وحیدی، ۱۳۸۷). با این توضیح که ترکیب کاربری‌های شهری اکسیر و نوشدارویی به‌شمار نمی‌رود که اگر هر شهری آن را به‌کار بست، تمامی مشکلاتش برطرف شود، چون مشکلات شهری درنهایت از شیوه زندگی و اولویت‌های فرهنگی و اقتصادی جامعه شهری تأثیرپذیر هستند (فرجام، ۱۳۹۲: ۱۲۱).

تاکنون بیش از ۶۷ هزار هکتار بافت فرسوده ناکارآمد در بیش از ۳۷۳ شهر ایران با جمعیت بیش از ۸/۵ میلیون نفر شناسایی شده‌اند. وسعت بسیار زیاد این بافت‌ها به یکی از مسائل و موضوعات مورد توجه سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان کشور تبدیل شده است. منطقه هجده شهر تهران نیز به‌عنوان دربرگیرنده بخشی از این گونه بافت‌های کشور، از وجود این مشکلات مستثنی نیست و توجه به برنامه‌ریزی کارآمد برای بازآفرینی آن‌ها می‌تواند ضمن ارزش‌آفرینی، تحریک روند بازآفرینی بافت و حل مسائل موجود در درون آن‌ها، بخشی از نیازهای توسعه آتی شهر تهران را نیز برآورده سازد و در نتیجه از رشد حاشیه‌ای شهر که تأمین زیرساخت‌هایش مستلزم هزینه زیادی است، جلوگیری کند؛ بنابراین، در پژوهش حاضر برای نشان‌دادن مسیری به‌منظور بازآفرینی پایدار بافت‌های ناکارآمد شهری تلاش شده است تا با الگو قراردادن بافت‌های فرسوده ناکارآمد محلات منطقه هجده، نشان داده شود که تا چه حد بین میزان کاربری ترکیبی و شاخص‌های پایداری بافت‌های فرسوده ناکارآمد محلات، ارتباط و همبستگی وجود دارد.

1- Tibbalds

2- DeLisle & Grissom

3- Gaffron

مواد و روش‌ها

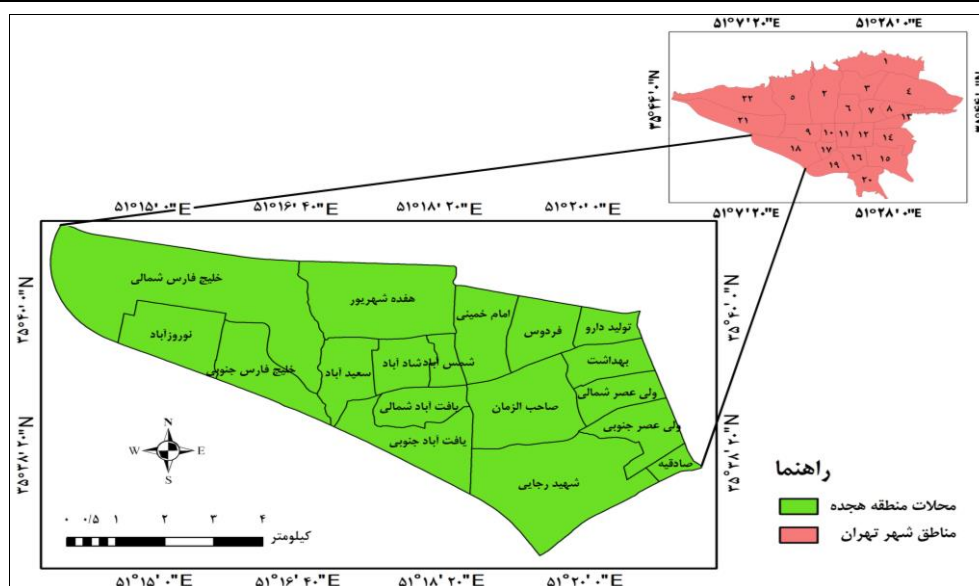
منطقه هجده شهرداری کلان‌شهر تهران در منتهی‌الیه جنوب غربی شهر واقع شده است (شکل ۱). وسعت این منطقه ۸۱ کیلومتر مربع است که ۳۸ کیلومتر مربع آن داخل محدوده شهری و ۴۳ کیلومتر مربع در حریم شهر تهران قرار دارد (جدول ۱). زمین‌های این منطقه بیشتر مسطح و دارای شیب ملایم از شمال به جنوب هستند. این منطقه دارای ۴۱۹۲۴۹ نفر جمعیت، معادل ۱۱۰۳۲۹ خانوار با بعد خانوار ۳/۸ است و از نظر جمعیتی با تراکم خالص ۷۶۰ نفر و تراکم ناخالص ۱۰۰ نفر در هر هکتار، بین مناطق ۲۲ گانه شهر تهران، در رتبه ششم قرار دارد. در این منطقه از هجده محله موجود، هفده محله (به جز محله خلیج فارس شمالی) دارای بافت فرسوده ناکارآمد هستند که مساحتی بالغ بر ۱۲۳ هکتار را شامل می‌شود (جدول ۲). از مجموع مساحت این بافت‌ها، ۳۴ هکتار (بیشترین) در ناحیه ۳ و ۱۱ هکتار (کمترین) در ناحیه ۴ قرار گرفته‌اند (سازمان نوسازی شهرداری تهران، ۱۳۹۵). براساس آمار مستخرج از شهرداری منطقه هجده در طول سال‌های ۱۳۹۰ تا انتهای سال ۱۳۹۸، تعداد ۱۱۰۵ پلاک (۱۲۹۸۷۵ متر مربع) از بافت‌های فرسوده ناکارآمد این محدوده نوسازی شده است که از جمع این پلاک‌ها، حدود ۹۱٪ (۱۱۸۴۰۲ متر مربع) آن به کاربری مسکونی و کمتر از ۹٪ (۱۱۴۷۳ متر مربع) به سایر کاربری‌ها اختصاص یافته است که بیشتر براساس کاربری وضع موجود نوسازی شده‌اند.

جدول ۱. وسعت و جمعیت منطقه هجده

منطقه هجده	مساحت (هکتار)	جمعیت (نفر)	مساحت بافت فرسوده ناکارآمد (هکتار)
منطقه هجده	۳۸۰۹	۴۱۹۲۴۹	۱۲۳
شهر تهران	۷۴۶۶۶	۸۷۳۴۳۵۴	۳۲۶۷

جدول ۲. وضعیت توزیع جمعیت و کاربری در سطح محلات منطقه هجده شهر تهران

نواحی	محلات	جمعیت (نفر)	مسکونی (متر مربع)	اداری (متر مربع)	تجاری (متر مربع)	آموزشی (متر مربع)	درمانی (متر مربع)	بافت فرسوده (هکتار)
یک	ولیعصر شمالی	۳۶۷۷۲	۴۰۵۸۵۸	۳۰۲۱۴	۵۴۷۶۴	۱۶۷۰۰	۸۰۶	۷/۵۷
	بهداشت	۲۶۹۶۵	۳۳۳۳۳۱	۵۹۸۵۰	۴۵۲۱۴	۱۰۲۴۰۰	۲۴۲۰۳	۰/۱۹
	تولید دارو	۲۰۰۷۱	۲۴۲۴۴۴	۳۲۸۶۲	۳۶۷۲۸	۹۹۹۵	۱۱۷	۴/۲۵
	فردوس	۳۴۷۳۹	۳۹۳۵۲۶	۴۷۰۶۳	۹۸۸۸۸	۱۳۴۹۱۴	۱۶۹۵۳	۱۲/۰۳
دو	شهرک صادقیه	۶۵۴۷	۸۴۹۰۸	۱۴۰	۷۰۵۶۱	۳۱۱۸	۱۵۴	۶/۴
	شهید رجایی	۴۳۲۷۷	۵۶۱۱۵۶	۹۷۴۱	۱۰۶۵۱۱	۶۲۱۴۷	۹۸۹	۱۱/۴
	ولیعصر جنوبی	۳۰۵۲۳	۳۱۱۷۱۶	۷۹۸۵	۸۷۷۴۰	۴۲۱۸۴	۱۸۶۳	۱۱/۶۴
	یافت‌آباد جنوبی	۳۰۲۲۴	۳۳۱۲۱۷	۴۵۱۰	۲۶۴۸۷	۲۰۰۲۱	۳۲۲۴۵	۱۶/۰۸
سه	یافت‌آباد شمالی	۲۲۰۹۱	۳۴۳۷۲۲	۱۰۰۸	۴۴۴۰۷	۹۱۱۴	۶۸	۱۲/۵۶
	صاحب‌الزمان	۲۵۰۶۵	۱۹۱۷۶۵	۱۹۵۹۰	۱۷۶۵۰	۱۱۰۸۳	۷۷	۵/۴۰
	سعیدآباد	۲۴۵۵	۳۰۱۲۴	۰	۱۷۰۲	۲۴۱۶	۰	۴/۳
چهار	شادآباد	۱۰۱۸۸	۱۱۱۷۸۸	۱۱۶۷۳	۱۰۰۹۲۶	۳۶۹۱	۵۹۹	۵/۱۳
	شمس‌آباد	۱۱۶۹۴	۱۲۹۳۷۶	۰	۱۲۳۰۲	۳۶۸۴	۰	۱/۳
	امام‌خمینی	۸۲۱۷	۱۱۶۹۲۱	۴۹۹	۳۳۹۴۸۷	۷۸۶۲	۰	۰/۵۴
	هفده‌شهریور	۳۵۶۹۷	۴۴۸۶۸۲	۳۴۱۷۰	۲۹۷۰۱۹	۴۰۳۶۴	۰	۴
	خلیج فارس	۳۱۰۰۷	۳۳۱۱۳۱	۱۰۴	۴۲۲۰	۱۷۰۸۶	۱۴۸۳	۱۸/۳۱
پنج	جنوبی	۸۹۹۷	۱۳۴۵۸۱	۲۰۱۳۹	۳۳۵۹	۲۸۶۶	۰	۲/۱
	نوروزآباد							



شکل ۱. موقعیت محلات منطقه هجده در بین مناطق کلان‌شهر تهران

پژوهش حاضر از لحاظ هدف کاربردی و ماهیت و روش پژوهش، توصیفی-تحلیلی است. به منظور جمع‌آوری داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز از مطالعات کتابخانه‌ای - اسنادی (مقالات، مجلات، نشریه‌ها، اینترنت و غیره) و میدانی (توزیع پرسش‌نامه) استفاده شده است. در گام نخست اطلاعات کاربری‌های وضع موجود محلات و بافت‌های فرسوده ناکارآمد از نقشه‌های پایه طرح تفصیلی و برداشت میدانی، در محیط نرم‌افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی^۱ استخراج شده و سپس با سنجش میزان کاربری ترکیبی بافت فرسوده ناکارآمد محلات هدف‌گانه با استفاده از سه مدل آنتروپی، شاخص دسترسی و آماره کانونی^۲ و محاسبه میانگین ضرایب به دست آمده برای هر محله، ضریب نهایی کاربری ترکیبی محلات سنجیده و محله‌ها رتبه‌بندی شده‌اند. در گام دوم برای تعیین میزان پایداری محلات، با تکمیل ۳۸۲ پرسش‌نامه (با طیف لیکرت)، که به وسیله فرمول تعیین حجم نمونه کوکران^۳، تعداد آن محاسبه شده و پایایی و روایی پرسش‌ها به وسیله آزمون آلفای کرونباخ با میزان اعتبار ۸۷٪ تأیید شده، شاخص‌های پایداری محلات (مستخرج از مبانی نظری پژوهش) در سه دسته؛ مؤلفه اجتماعی - فرهنگی شامل معیارهای تعلق مکانی، امنیت محله‌ای، همبستگی و تعاملات اجتماعی، مشارکت، سرزندگی و پویایی محله‌ای و مؤلفه اقتصادی شامل معیارهای برابری در دسترسی به خدمات، تنوع و رفاه اقتصادی و مؤلفه کالبدی - محیطی شامل معیارهای سرسبزی، پیاده‌محوری، کیفیت مسکن، غنای بصری، کیفیت محیط محله، تنوع کالبدی، به وسیله نرم‌افزار ای.سی.پی.ای.اس.اس.^۴ تجزیه و تحلیل شده و وضعیت پایداری بافت فرسوده محلات مشخص شده است. در گام سوم، میزان همبستگی بین ضریب کاربری ترکیبی محلات و شاخص‌های پایداری هر محله با استفاده از آزمون ضریب همبستگی پیرسن، بین دامنه ۱- تا ۱+، سنجش و ارزیابی شده است.

نتایج

شناسایی میزان کاربری ترکیبی محلات

نتایج بررسی کاربری ترکیبی محلات هدف‌گانه منطقه هجده با استفاده از سه مدل ضریب آنتروپی، ضریب

1- Geographic Information System (GIS)

2- Focal Statistic

3- Cochran

4- Statistical Package for Social Science (SPSS)

دسترسی و ضریب آمارهٔ کانونی نشان می‌دهد که محلات منطقهٔ هجده از میزان کاربری ترکیبی متفاوتی برخوردار هستند (جدول ۳). محلات خلیج فارس جنوبی، یافت آباد شمالی، فردوس، صادقیه، شادآباد، یافت آباد جنوبی، تولیددارو و ولیعصر جنوبی با برخورداری از ۴۸٪ جمعیت و ۳۴٪ مساحت در بین محلات، دارای بالاترین میزان کاربری ترکیبی و محلات هفده شهریور، بهداشت و امام خمینی با برخورداری از ۱۹٪ جمعیت و ۲۴٪ مساحت محلات منطقه، پایین‌ترین میزان کاربری ترکیبی در بین محلات را دارند (جدول ۴ و شکل ۲).

وضعیت پایداری بافت‌های فرسودهٔ ناکارآمد محلات منطقهٔ هجده شهرداری تهران

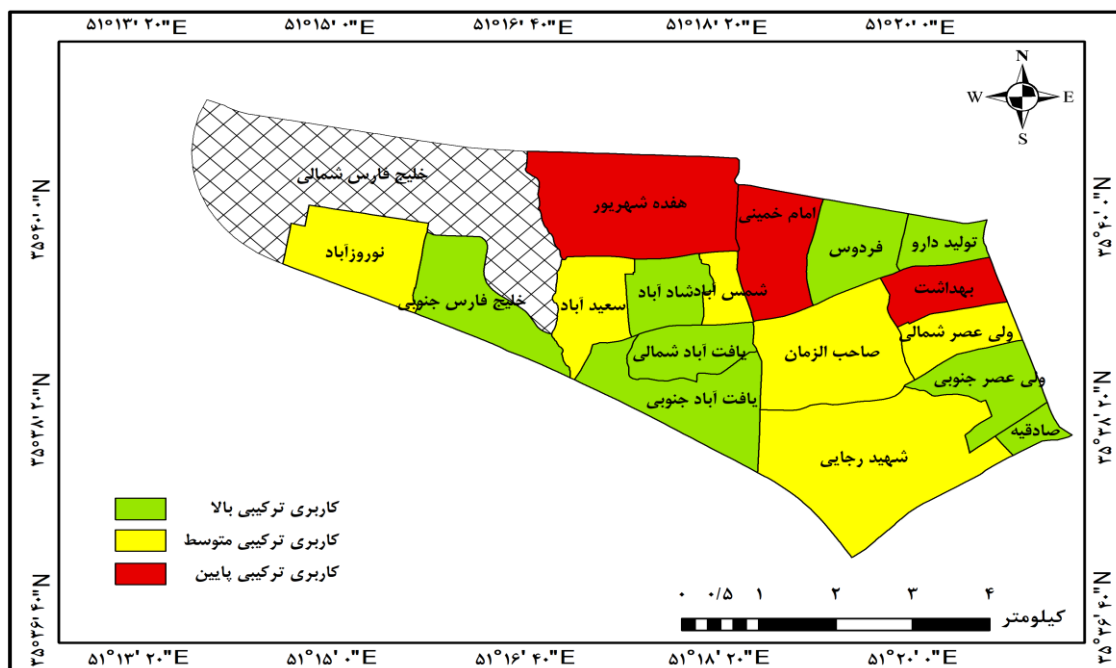
نتایج پژوهش نشان می‌دهد که درمجموع از میان سیزده شاخص پایداری بررسی شده در سطح محلات (همبستگی و تعامل اجتماعی، مشارکت، سرزندگی، دسترسی، تنوع و رفاه اقتصادی، سربیزی محله، غنای بصری، تنوع کالبدی، تعلق مکانی، امنیت محله، حمل و نقل، کیفیت مسکن و کیفیت محیطی)، تمامی بافت‌های فرسودهٔ ناکارآمد محلات منطقهٔ هجده شهرداری تهران، در وضعیت پایین‌تر از حد متوسط پایداری (۳)، قرار دارند که این نتایج نیز تأییدکنندهٔ فرسودگی و ناکارآمدی این بافت‌ها است.

جدول ۳. ضریب کاربری ترکیبی محلات براساس مدل‌های آنتروپی، دسترسی و آمارهٔ کانونی

الگو	نواحی	محلات	ضریب آنتروپی	ضریب دسترسی	ضریب آمارهٔ کانونی
کاربری ترکیبی	ناحیهٔ ۱	ولیعصر شمالی	۰/۴۳۵	۰/۶۲۳	۰/۳۹۵
		بهداشت	۰/۲۲۵	۰/۳۳۱	۰/۵۴۱
		تولیددارو	۰/۲۶۸	۰/۶۲۷	۰/۶۷۱
		فردوس	۰/۴۶۲	۰/۶۱۲	۰/۵۵۴
	ناحیهٔ ۲	شهرک صادقیه	۰/۴۵۱	۰/۸۲۱	۰/۳۵۳
		شهید رجایی	۰/۳۳۱	۰/۳۱۲	۰/۶۵۱
		ولیعصر جنوبی	۰/۲۹۸	۰/۴۸۹	۰/۷۶۳
	ناحیهٔ ۳	یافت آباد جنوبی	۰/۵۶۱	۰/۴۵۴	۰/۵۹۱
		یافت آباد شمالی	۰/۲۴۱	۰/۶۴۵	۰/۷۵۳
		صاحب‌الزمان	۰/۲۸۵	۰/۲۹۰	۰/۶۶۹
	ناحیهٔ ۴	سعیدآباد	۰/۲۲۱	۰/۶۴۲	۰/۴۳۴
		شادآباد	۰/۴۲۳	۰/۷۱۴	۰/۴۴۸
		شمس آباد	۰/۴۵۱	۰/۳۴۵	۰/۶۸۰
		امام خمینی	۰/۲۴۷	۰/۳۵۲	۰/۴۳۱
		هفده شهریور	۰/۳۶۲	۰/۱۷۱	۰/۶۴۶
	ناحیهٔ ۵	خلیج فارس جنوبی	۰/۴۲۲	۰/۵۴۱	۰/۶۸۳
		نوروزآباد	۰/۱۸۳	۰/۵۳۲	۰/۵۴۹

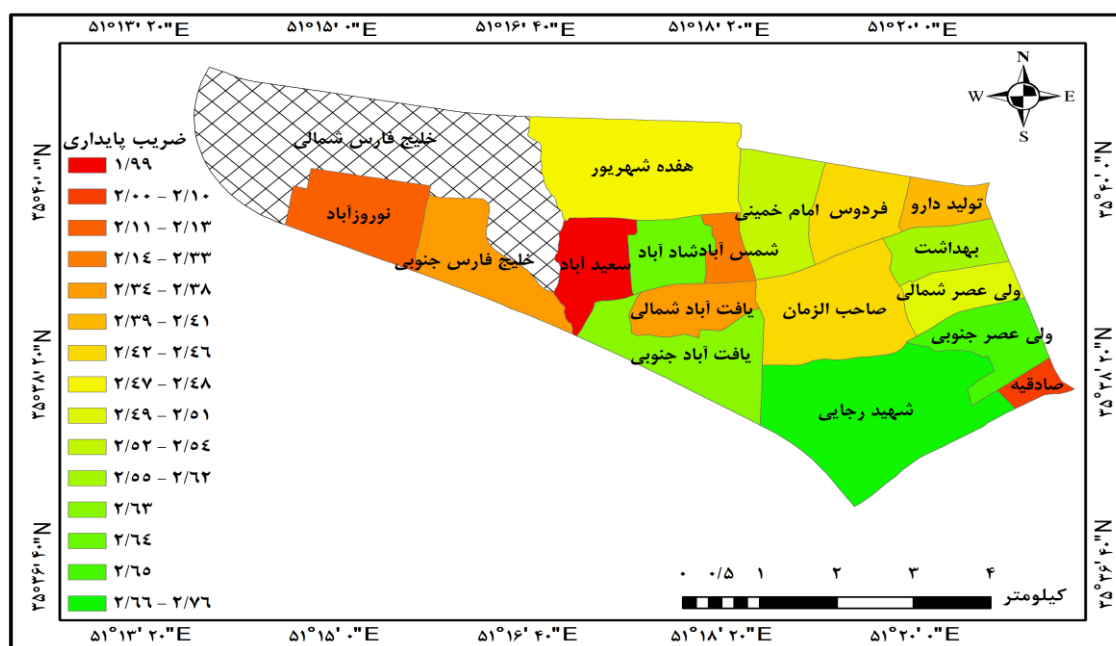
جدول ۴. ضریب نهایی کاربری ترکیبی محلات منطقهٔ هجده

محلات با کاربری ترکیبی بالا	ضریب نهایی	محلات با کاربری ترکیبی متوسط	ضریب نهایی	محلات با کاربری ترکیبی پایین	ضریب نهایی
خلیج فارس جنوبی	۰/۵۴۹	شمس آباد	۰/۴۹۲	هفده شهریور	۰/۳۹۳
یافت آباد شمالی	۰/۵۴۶	ولیعصر شمالی	۰/۴۸۴	بهداشت	۰/۳۶۵
فردوس	۰/۵۴۳	شهید رجایی	۰/۴۳۳	امام خمینی	۰/۳۴۳
شهرک صادقیه	۰/۵۴۱	سعیدآباد	۰/۴۳۲		
یافت آباد جنوبی	۰/۵۳۵	نوروزآباد	۰/۴۲۱		
شادآباد	۰/۵۲۸	صاحب‌الزمان	۰/۴۱۵		
تولیددارو	۰/۵۲۲				
ولیعصر جنوبی	۰/۵۱۷				
درصد از مساحت کل محلات	۳۴		۴۲		۲۴
درصد از جمعیت کل محلات	۴۸		۳۳		۱۹



شکل ۲. وضعیت نهایی رتبه‌بندی محلات براساس میزان کاربری ترکیبی

لازم به ذکر است که وضعیت پایداری در بین تمامی محلات یکسان نبوده و محله شهید رجایی با میانگین (۲/۷۶)، بیشترین پایداری را نسبت به سایر محلات دارد که دلیل اصلی آن، وضعیت کمابیش مطلوب این محله در شاخص‌های سرزندگی (۳/۴۴)، دسترسی (۳/۳۳)، کیفیت مسکن (۳/۲۲) و کیفیت محیط (۳/۳۰) است؛ همچنین محله سعیدآباد نیز با میانگین پایداری (۱/۹۹)، در پایین‌ترین سطح پایداری نسبت به سایر محلات قرار دارد. شاخص‌های کیفیت مسکن با میانگین (۱/۶۶)، غنای بصری با (۱/۷۳)، تنوع و رفاه اقتصادی (۱/۷۵) و کیفیت محیط (۱/۷۸)، این محله را در بحرانی‌ترین وضعیت پایداری قرار داده است (جدول ۵ و شکل ۳).



شکل ۳. وضعیت محلات براساس شاخص‌های پایداری

جدول ۵. وضعیت شاخص‌های پایداری و همبستگی با کاربری ترکیبی محلات

شاخص‌ها	همبستگی و تعامل	مشارکت	سرزندگی	دسترسی	تنوع و رفاه اقتصادی	سرسبزی	غناي بصری	تنوع کالبدی	تعلق مکانی	امنیت	حمل و نقل	کیفیت مسکن	کیفیت محیط	شاخص پایداری کل
خلیج فارس جنوبی	۲/۴۸	۲/۷۵	۲/۴۴	۲/۲۷	۲/۱۱	۲/۱۹	۲/۲۲	۲/۴۵	۲/۱۵	۲/۳۸	۲/۴۲	۲/۵۵	۲/۵۴	۲/۳۸۰
نوروزآباد	۳/۵۰	۲/۸۰	۲/۰۰	۱/۳۰	۱/۹۰	۲/۱۵	۱/۱۶	۱/۶۰	۲/۶۰	۲/۰۵	۱/۷۳	۲/۳۶	۲/۶۰	۲/۱۳۵
شمس‌آباد	۲/۳۱	۲/۲۶	۲/۲۶	۲/۷۶	۱/۸۰	۲/۱۵	۱/۷۶	۲/۲۰	۲/۴۲	۲/۶۳	۲/۲۳	۲/۶۷	۲/۹۶	۲/۳۳۹
شهرک امام خمینی	۲/۸۳	۲/۳۷	۲/۸۰	۲/۶۶	۱/۴۰	۲/۰۵	۱/۸۳	۲/۵۳	۲/۷۶	۳/۰۰	۲/۵۱	۳/۰۳	۳/۲۶	۲/۵۴۱
ولیعصر شمالی	۲/۵۳	۲/۷۷	۳/۳۰	۲/۹۹	۱/۶۶	۲/۰۳	۱/۶۹	۲/۵۰	۲/۸۰	۲/۷۱	۲/۴۶	۲/۴۹	۲/۷۰	۲/۵۱۰
صادقیه	۲/۶۱	۲/۵۵	۱/۶۴	۱/۹۶	۱/۷۳	۱/۶۱	۱/۸۷	۲/۰۷	۲/۰۹	۲/۱۱	۲/۱۰	۲/۵۰	۲/۴۹	۲/۱۰۲
ولیعصر جنوبی	۲/۴۱	۲/۳۷	۳/۳۹	۳/۱۶	۱/۹۱	۲/۳۸	۲/۲۰	۲/۲۲	۲/۸۰	۳/۱۴	۲/۷۲	۲/۷۳	۳/۰۵	۲/۶۵۲
رجایی	۲/۵۵	۲/۶۵	۳/۴۴	۳/۳۳	۲/۱۹	۲/۶۳	۲/۲۱	۲/۱۳	۲/۸۸	۲/۹۴	۲/۵۱	۳/۲۲	۳/۳۰	۲/۷۶۸
صاحب‌الزمان	۲/۷۱	۲/۲۶	۳/۳۸	۲/۷۳	۱/۷۶	۱/۸۴	۱/۳۸	۱/۴۸	۲/۷۵	۳/۰۷	۲/۵۶	۲/۹۴	۳/۲۴	۲/۴۶۹
یافت‌آباد شمالی	۲/۴۹	۲/۵۷	۲/۶۲	۲/۷۳	۱/۹۵	۱/۸۷	۱/۹۱	۲/۴۰	۲/۲۴	۲/۴۶	۲/۰۱	۲/۸۲	۲/۹۴	۲/۳۸۵
یافت‌آباد جنوبی	۲/۴۸	۲/۵۴	۳/۰۸	۳/۰۸	۲/۲۰	۲/۳۰	۲/۰۰	۲/۸۰	۲/۷۰	۲/۷۴	۲/۳۰	۲/۹۴	۳/۰۶	۲/۶۳۲
فردوس	۲/۶۰	۲/۵۷	۲/۶۵	۲/۷۷	۱/۷۶	۲/۲۰	۱/۸۴	۱/۹۶	۲/۶۴	۲/۹۱	۲/۵۲	۲/۸۷	۲/۷۴	۲/۴۶۴
تولیدارو	۲/۱۳	۲/۱۵	۲/۲۲	۳/۱۶	۲/۷۵	۲/۱۲	۲/۱۸	۱/۸۳	۲/۶۷	۲/۶۰	۲/۳۰	۲/۵۲	۲/۷۸	۲/۴۱۲
بهداشت	۲/۳۶	۲/۰۵	۲/۶۶	۲/۸۸	۲/۱۵	۲/۸۵	۱/۹۰	۲/۱۳	۳/۰۸	۲/۹۱	۲/۷۳	۲/۹۸	۳/۴۲	۲/۶۲۳
سعیدآباد	۱/۸۵	۲/۰۵	۱/۹۳	۱/۸۶	۱/۷۵	۱/۹۵	۱/۷۳	۲/۲۶	۲/۷۶	۲/۲۳	۲/۱۵	۱/۶۶	۱/۷۸	۱/۹۹۶
شادآباد	۲/۴۰	۲/۴۴	۳/۳۰	۳/۳۰	۲/۱۸	۲/۵۰	۲/۰۵	۲/۰۵	۲/۷۵	۲/۷۷	۲/۳۹	۳/۰۶	۳/۱۷	۲/۶۴۳
هفده شهریور	۲/۳۶	۲/۶۵	۳/۴۲	۲/۹۲	۱/۵۹	۱/۹۰	۱/۷۲	۲/۴۸	۲/۶۳	۲/۶۶	۲/۵۹	۲/۶۸	۲/۷۰	۲/۴۸۵
همبستگی کاربری														
ترکیبی و شاخص‌های پایداری	-۱۰۹	۲۳۲	-۴۷۹	-۱۸۶	۲۸۲	-۰۸۲	۳۱۵	-۰۲۳	-۶۴۱	-۵۸۴	-۵۹۷	-۲۰۱	-۴۵۱	-۱۹۴

سنجش همبستگی میان کاربری ترکیبی و پایداری بافت‌های فرسوده ناکارآمد محلات

نتایج بررسی همبستگی بین میزان کاربری ترکیبی و شاخص‌های پایداری محلات بیانگر آن است که بین میزان ترکیبی بودن کاربری‌های محلات و شاخص‌های مشارکت با ضریب (۰/۲۳۲)، تنوع با ضریب (۰/۲۸۲) و غناي بصری با ضریب (۰/۳۱۵)، رابطه و همبستگی مثبت وجود دارد، بدین معنی که با افزایش ترکیب کاربری‌ها میانگین پایداری در سه شاخص یادشده افزایش یافته است و برعکس با افزایش کاربری ترکیبی، میانگین پایداری شاخص‌های همبستگی و تعامل با ضریب (۰/۱۰۹-)، سرزندگی (۰/۴۷۹-)، دسترسی (۰/۱۸۶-)، سرسبزی (۰/۰۸۲-)، تعلق مکانی (۰/۶۴۱-)، امنیت (۰/۵۸۴-)، حمل و نقل (۰/۵۹۷-)، کیفیت مسکن (۰/۲۰۱-) و کیفیت محیط با ضریب (۰/۴۵۱-)، کاهش یافته است؛ یعنی بین میزان کاربری ترکیبی بافت‌های فرسوده ناکارآمد محلات و شاخص‌های پیش‌گفته همبستگی معکوس وجود دارد (جدول ۵).

بحث

هدف کلان و آرمان کلی و کیفی سیاست‌های فضایی در زمینه برنامه‌ریزی و آمایش شهری و راهبردهای فضایی برآمده از آن، توزیع موزون جمعیت و فعالیت و امکانات، فرصت‌ها و منابع و ساماندهی کالبدی فضا بر مبنای استفاده بهینه از ظرفیت‌های موجود در مقیاس ملی و شهری است (علی‌اکبری، ۱۳۹۶). توسعه شهری نیازهای حال را بدون در نظر گرفتن نسل‌های آینده برای رفع نیازمندی‌هایشان، بر طرف می‌کند. در حالی که توسعه شهری پایدار ملزم است تهدید ناشی از استفاده بی‌رویه منابع غیر قابل تجدید را کاهش دهد تا مجبور به جایگزینی فضایی و جغرافیایی المان‌های محیطی در مکان دیگر نباشد و تعادل دینامیکی را از بین نبرد (چن^۱ و همکاران، ۲۰۰۷).

امروزه یکی از مشکلات عمده شهرها، وجود بافت‌های فرسوده و ناکارآمد در آن‌هاست که خود منشأ بسیاری از مشکلات شهری شده و مسائل مختلف شهری را در پی داشته و زمینه ناپایداری را در بسیاری از شهرها فراهم کرده است. در حالی که میزان خدمات، وجود ظرفیت‌ها، دسترسی‌ها و اراضی دارای پتانسیل توسعه میان‌افزای موجود در این بافت‌ها، این مناطق را در اولویت بالایی برای بازآفرینی و توسعه درونی شهرها در راستای توسعه پایدار همه‌جانبه، قرار داده است. در این زمینه سند ملی راهبردی بهسازی، نوسازی و توانمندسازی بافت‌های فرسوده و ناکارآمد شهری مصوب هیئت محترم دولت در تاریخ ۱۳۹۳/۷/۳ و مصوبه‌های شورای عالی شهرسازی و معماری مورخ ۱۳۹۳/۹/۱۸ با تأکید بر به‌کارگیری الگوی بازآفرینی شهری در برخورد با بافت‌های فرسوده ناکارآمد نیز از جمله الزامات قانونی هستند که در راستای تسهیل امر در سال‌های اخیر تدوین شده‌اند (یعقوبی و شمس، ۱۳۹۸). اسناد پیش‌گفته و در فرادست همه آن‌ها احکام ماده‌های ۵۹، ۶۰ و ۶۱ قانون برنامه ششم توسعه، رویکرد بازآفرینی شهری را به‌عنوان ضرورتی برای بازاندیشی در فرایندها، روش‌ها، ابزارهای مرسوم برنامه‌ریزی شهری، در رویارویی با محدوده‌های ناکارآمد شهری تأکید می‌کنند. سیاستی که همچنین با اهداف و چشم‌انداز توسعه بلندمدت و راهبردهای توسعه سند اصلی طرح جامع ساختاری - راهبردی شهر تهران و همین‌طور ویژگی‌ها و ظرفیت‌های کالبدی بافت‌های فرسوده و ناکارآمد شهر تهران هم‌سویی و انطباق کامل دارد.

در منطقه هجده تهران، ۱۲۳ هکتار از بافت‌های مسکونی براساس شاخص‌های ریزدانی، کیفیت بنا و معابر با عرض کمتر از شش متر، در زمره بافت‌های فرسوده ناکارآمد به‌شمار می‌آیند و براساس الزامات اسناد فرادستی و ضرورت‌هایی که شرایط ناپایدار بافت‌های فرسوده سطح کشور و ازسوی دیگر فرصت‌هایی که این بافت‌ها برای توسعه درونی و جلوگیری از پراکنده‌رویی و گسترش افقی به‌دست می‌دهند، اتخاذ رویکردهای پایدار در مسیر احیاء این‌گونه بافت‌ها را بیش از پیش ضروری ساخته است. یکی از اصول پایه‌ای در اجرایی‌شدن رویکرد بازآفرینی پایدار بافت‌های فرسوده ناکارآمد شهری، استفاده از الگوی ترکیبی و مختلط کاربری‌هاست که در کنار سایر شاخص‌های بازآفرینی پایدار، می‌تواند استراتژی جذابی برای عملکرد مطلوب‌تر محیط شهری و افزایش کیفیت زندگی ساکنان بافت‌های فرسوده ناکارآمد و در نتیجه اقدامات بازآفرینی باشد. رویکرد توسعه شهری مبتنی بر ترکیب کاربری‌ها که برخی آن را کلیدی‌ترین رویکرد در توسعه شهری می‌دانند (رابینسکی و کلمنت^۲، ۲۰۰۹). رویکردی است که به‌عنوان مؤلفه کلیدی در نظریه‌های رشد هوشمند، جوامع زیست‌پذیر، توسعه محلات سنتی و توسعه مبتنی بر حمل و نقل مطرح شده است (اسمعیل‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). این رویکرد نواحی شهری با کاربری ترکیبی پایین را مستعد فعالیت‌های بازآفرینی و حرکت از فرم شهری ناپایدار به سمت پایداری بیشتر می‌داند (کارملینا^۳ و

1- Chen

2- Rabianski & Clement

3- Carmelina

همکاران، ۲۰۱۳).

پژوهش حاضر با هدف کلی بررسی همبستگی بین میزان ترکیبی بودن کاربری بافت‌های فرسوده شهرداری منطقه هجده و پایداری این بافت‌ها، با هدف به‌کارگیری رویکرد توسعه کاربری ترکیبی در فرایند بازآفرینی پایدار در سطح محلات انجام شده است. براساس دیدگاه‌های مطرح در توسعه شهری پایدار و شهرسازی نوین همچون رشد هوشمند، شهر فشرده، کاربری ترکیبی، شهر متراکم و غیره، می‌توان با به‌کارگیری شاخص‌هایی مانند افزایش تراکم در محلات شهری، فشرده‌سازی بافت‌ها، اختلاط و ترکیب کاربری‌ها و غیره (به‌عنوان راه‌حل و استراتژی مطلوب درمقابل شهرسازی مبتنی بر منطقه‌بندی و تفکیک کاربری‌ها)، به شهرها و محله‌هایی پایدارتر دست یافت (آذر و حسین‌زاده دلیر، ۱۳۸۷؛ جیکوبز^۱، ۱۳۸۸؛ ویلیامز^۲ و همکاران، ۱۳۸۹؛ نیک‌پور، ۱۳۹۰؛ جمعه‌پور و همکاران، ۱۳۹۱؛ سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۴؛ قربانی و ترکمن‌نیا، ۱۳۹۴)؛ اما برخلاف دیدگاه‌های مطرح‌شده، نتایج بررسی پژوهش حاضر، مؤید عدم همبستگی مثبت بین میزان کاربری ترکیبی محلات و پایداری بافت‌ها در بیشتر شاخص‌های پایداری در سطح محلات منطقه هجده است؛ به‌طوری که در سیزده شاخص بررسی‌شده، بین میزان کاربری ترکیبی محلات و شاخص‌های پایداری (همبستگی و تعامل اجتماعی، سرزندگی، دسترسی، سربیزی، تعلق مکانی، امنیت، حمل و نقل، کیفیت مسکن و کیفیت محیط) همبستگی منفی وجود دارد و تنها در سه شاخص (مشارکت، تنوع و غنای بصری) همبستگی مثبت بوده است؛ ازسوی دیگر ارتباط مثبت پایداری پایین بافت محله با مساحت بافت‌های فرسوده ناکارآمد در سطح محلات و برعکس ارتباط منفی آن با میزان کاربری ترکیبی محلات کاملاً مشهود است. به‌طوری که محلات خلیج فارس جنوبی، یافت‌آباد شمالی و فردوس باوجود داشتن بالاترین ضریب کاربری ترکیبی در بین محلات هفده‌گانه، به‌ترتیب با داشتن ۱۸/۳ و ۱۲/۵ و ۱۲ هکتار بافت فرسوده، دارای کمترین میزان پایداری بودند و محلات امام‌خمینی و بهداشت با برخورداری از ۰/۵ و ۰/۱۹ هکتار بافت فرسوده و وضعیت کاربری ترکیبی پایین‌تر، از پایداری بیشتری برخوردار بوده‌اند (جدول ۵).

از مهم‌ترین دلایل همبستگی معکوس بین میزان کاربری ترکیبی بافت‌ها و پایداری محلات با ضریب همبستگی ۰/۱۹۴- را می‌توان افزون بر میزان فرسودگی بافت‌ها، وجود و گسترش کاربری‌های ناسازگار در مجاورت بافت‌های مسکونی محلات همچون بازار آهن، معادن شن و ماسه، دو خط راه‌آهن، کارخانجات و صنایع، کارگاه‌های تولیدی، حمل و نقل عمومی ناکارآمد، معابر کم‌عرض با پوشش نامناسب، ریزدانی بافت و نسبت کم سطح پیاده‌رو برشمرده که موجب پیچیدگی و ناپایداری هرچه بیشتر این بافت‌ها شده است و ضروری است که در برنامه‌ریزی‌های آتی بازآفرینی بافت‌های فرسوده محلات، درکنار توجه به ترکیب کاربری‌ها و تأمین سرانه‌ها براساس استانداردها، نسبت به حذف کاربری‌های ناسازگار موجود که اهداف بازآفرینی را به‌چالش می‌کشند، توجه ویژه شود؛ اما نکته مهم و قابل توجه در بررسی شاخص‌های پایداری محلات منطقه هجده این است که شاخص‌های پایداری تحت تأثیر و مرتبط با مردم نسبت به شاخص‌هایی که در نتیجه عملکرد مدیریت شهری شکل گرفته‌اند، از وضعیت پایداری کمابیش بیشتری برخوردار هستند. با مقایسه نتایج همبستگی‌های به‌دست‌آمده، مشخص شده که معیارهای اجتماعی (تعلق مکانی، امنیت محله‌ای، همبستگی و تعاملات اجتماعی، مشارکت، سرزندگی و پویایی محله‌ای)، نسبت به معیارهای کالبدی (سربیزی، پیاده‌محوری، کیفیت مسکن، غنای بصری، کیفیت محیط محله و تنوع کالبدی) امتیاز بیشتری در میزان پایداری محله کسب کرده‌اند.

این یافته‌ها و نتایج سایر پژوهش‌های انجام‌شده، تأکید می‌کنند که بهره‌گیری از رویکرد کاربری ترکیبی در

1- Jacobs

2- Williams

فرایند بازآفرینی بافت‌های فرسوده شهری، نباید به‌تنهایی بر شالوده شاخص‌های کالبدی، اجتماعی، اقتصادی استوار باشد؛ بلکه در اجرا و بهره‌گیری از این رویکرد مجموعه‌ای از اهداف و ملاحظات سیاسی، فرهنگی، زیرساختی، کالبدی، اقتصادی و معیشتی مورد نظر قرار گیرند و چنان‌چه پیاده‌سازی الگوی کاربری ترکیبی براساس مبانی تئوریک و رهیافت‌های موجود در نظریه انجام نشود، چه‌بسا افزایش کاربری ترکیبی در سطح محلات می‌تواند به‌راحتی منجر به پایداری کمتر محلات شود. بر همین اساس لازم و ضروری است که نهاد برنامه‌ریزی و مدیریت شهری در کشور با همکاری همه ذی‌نفعان، الگوی پایدار کاربری ترکیبی را با توجه به موقعیت جغرافیایی، سطح اقتصادی، ویژگی‌های اجتماعی و غیره در محلات تدوین کنند تا فرایند بازآفرینی این‌گونه بافت‌ها، با حداکثر پایداری همراه شود؛ زیرا فرم‌هایی در نظام توزیع و چینش کاربری اراضی در نتیجه نوسازی بافت‌های فرسوده ناپایدار ایجاد می‌شوند که تا دهه‌ها پابرجا خواهند ماند.

نتیجه‌گیری

محلات هدفه‌گانه منطقه هجده شهرداری تهران با توجه به ظرفیت‌ها و موقعیت قرارگیری آن‌ها، تجربه‌های متفاوتی در زمینه کاربری ترکیبی داشته‌اند. به‌طوری که محلات خلیج فارس جنوبی، یافت‌آباد شمالی و فردوس به‌ترتیب دارای بیشترین کاربری ترکیبی و محله‌های امام‌خمینی، بهداشت و هفده‌شهریور به‌ترتیب به‌عنوان محلات با کمترین میزان کاربری ترکیبی در بافت‌های فرسوده ناکارآمد شناسایی شده‌اند که این نتیجه بیانگر آن است که در توزیع خدمات و کاربری‌هایی همچون دسترسی به حمل و نقل، فضای سبز، خدمات درمانی در سطح محلات منطقه هجده، عدالت در سرانه کاربری‌های محلات رعایت نشده است؛ همچنین یافته‌های پژوهش بیان می‌کند به‌طور کلی بافت‌های فرسوده ناکارآمد محلات منطقه هجده وضعیت مناسبی در شاخص‌های پایداری ندارند و می‌توان همه این بافت‌ها را ناپایدار قلمداد کرد که نیازمند برنامه‌ریزی دقیق برای برون‌رفت از وضعیت فعلی و استفاده از پتانسیل این بافت‌ها برای افزایش کیفیت زندگی ساکنان و در نتیجه جمعیت‌پذیری بالاتر و کاهش گسترش افقی محلات دانست.

نتایج بخش سوم پژوهش نیز که نشان‌دهنده همبستگی مثبت بین افزایش کاربری ترکیبی و شاخص‌های پایداری تنها در سه شاخص (مشارکت، تنوع و غنای بصری) بوده و در ده شاخص دیگر مورد بررسی (همبستگی، تعامل، سرزندگی، دسترسی، سرسبزی، تعلق مکانی، امنیت، حمل و نقل، کیفیت مسکن و کیفیت محیط) همبستگی و رابطه معکوس بین میزان کاربری ترکیبی و پایداری بافت‌ها وجود دارد، مؤید همبستگی منفی کلی بین میزان کاربری ترکیبی و پایداری بافت‌های هدف در منطقه هجده است؛ بنابراین نتایج پژوهش بیانگر آن است که ارتباط درونی شاخص‌های پایداری به‌همدیگر، نوع ترکیب، سازگاری و کیفیت کاربری‌های موجود در محدوده بافت و اطراف آن است که می‌تواند جهت‌های پایداری یا ناپایداری بافت‌های فرسوده ناکارآمد را مشخص کند؛ بنابراین ضروری است که این امر در فرایند بازآفرینی بافت‌های فرسوده ناکارآمد محلات منطقه هجده به‌وسیله مدیریت شهری مورد توجه ویژه قرار گیرد. به‌عنوان پیشنهاد کلی این پژوهش می‌توان عنوان کرد در فرایند بازآفرینی بافت‌های فرسوده ناکارآمد افزون بر تأکید بر توسعه کاربری ترکیبی سازگار با بافت فرسوده به بافت اطراف نیز باید توجه داشت، زیرا با توجه صرف به محدوده بافت فرسوده و غفلت از بافت‌های اطراف که با یکدیگر در ارتباط تنگاتنگ قرار دارند، اهداف بازآفرینی پایدار محقق نخواهد شد.

منابع

آذر، علی؛ حسین‌زاده دلیر، کریم (۱۳۸۷). ساماندهی و بهسازی محلات سنتی با استفاده از رویکرد شهرسازی جدید. *جغرافیا*

- و توسعه ناحیه‌ای، ۱۱ (۲)، ۱۱۷-۱۴۶.
- ابراهیم‌زاده، عیسی؛ قادرم‌ری، جمیل (۱۳۹۶). ارزیابی کمی و کیفی کاربری اراضی شهری با تأکید بر پایداری کاربری مسکونی نمونه موردی: شهر دهگلان در استان کردستان. آمایش محیط، ۱۰ (۸۸)، ۱-۲۷.
- اسمعیل‌پور، نجما؛ کارآموز، الهام؛ فخارزاده، زهرا (۱۳۹۴). ارزیابی اختلاط کاربری در فضای شهری خیابان و راهکارهای ارتقای آن (مورد نمونه: خیابان کاشانی در بافت میانی شهر یزد). تحقیقات جغرافیایی، ۳۰ (۳)، ۱-۲۴.
- بحرینی، حسین؛ ایزدی، محمدحسین (۱۳۹۳). رویکردها و سیاست‌های نوسازی شهری. مطالعات شهری، ۳ (۹)، ۱۷-۳۰.
- پوراحمد، احمد؛ زیاری، کرامت‌الله؛ ابدالی، یعقوب؛ الله‌قلی‌پور کهرالانی، سارا (۱۳۹۸). تحلیل معیارهای تاب‌آوری در بافت فرسوده شهری در برابر زلزله با تأکید بر تاب‌آوری کالبدی (مورد: منطقه ۱۰ شهرداری تهران). پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۱۰ (۳۶)، ۱-۲۰.
- تیبالدز، فرانسیس (۱۳۸۷). شهرسازی شهروندگرا (ارتقای عرصه‌های همگانی در شهرها و محیط‌های شهری). مترجم: محمد احمدی‌نژاد. اصفهان: خاک.
- جمعه‌پور، محمود؛ نجفی، غلامرضا؛ شفیعا، سعید (۱۳۹۱). بررسی رابطه تراکم و پایداری اجتماعی در مناطق شهرداری تهران. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۲۳ (۴)، ۱۸۵-۲۰۰.
- جیکوبز، جین (۱۳۸۸). مرگ و زندگی شهرهای بزرگ آمریکایی. مترجمین: حمیدرضا پارسا و آرزو افلاطونی. تهران: دانشگاه تهران.
- حسن‌زاده، مهرانوش؛ سلطان‌زاده، حسین (۱۳۹۵). طبقه‌بندی راهبردهای برنامه‌ریزی بازآفرینی براساس سطح پایداری بافت‌های تاریخی. شهر/ایرانی - اسلامی، ۶ (۲۳)، ۱۹-۲۹.
- سازمان نوسازی شهر تهران (۱۳۹۵). سند جامع توسعه محلات منطقه هجده شهرداری تهران. تهران.
- سلمانی‌مقدم، محمد؛ خداینده‌لو، حسن؛ درودی‌نیا، عباس؛ میرواحدی، نگین‌سادات (۱۳۹۷). ارزیابی کاربری اراضی شهری با رویکرد عدالت فضایی (مطالعه موردی: شهر زنجان). مطالعات برنامه‌ریزی سکونت‌گاه‌های انسانی، ۱۳ (۲)، ۴۴۵-۴۶۴.
- سلیمانی، محمد؛ فرجام، رسول؛ زنگانه، احمد (۱۳۹۴). توسعه ترکیبی کاربری‌های شهری از نظریه تا اجرا. تهران: جهاد دانشگاهی واحد دانشگاه خوارزمی.
- علی‌اکبری، اسماعیل (۱۳۹۶). توسعه درونی: ظرفیت‌ها و ضرورت‌های مدیریت رشد و بازآرایی فضایی کلان‌شهر تهران. تحقیقات جغرافیایی، ۱۵ (۵۳)، ۵۵-۷۲.
- فرجام، رسول (۱۳۹۲). تحلیل فضایی توسعه ترکیبی کاربری‌ها و زوال بخش مرکزی شهر: (مورد پژوهش: کلان‌شهر شیراز). پایان‌نامه دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، تهران: دانشگاه خوارزمی.
- قربانی، رسول؛ ترکمن‌نیا، نعیمه (۱۳۹۴). بررسی تطبیقی نقش کاربری ترکیبی بر تولید سفر در محلات شهری. جغرافیا و توسعه فضای شهری، ۲ (۱)، ۸۱-۹۲.
- گافرن، پ؛ هویسمان، گی؛ اسکالا، فرانتس (۱۳۹۰). بوم‌شهر. مترجم: نفیسه مرصوصی. تهران: نشر فضا.
- لینچ، کوین (۱۳۷۶). تئوری شکل خوب شهر. مترجم: سید حسین بحرینی. تهران: دانشگاه تهران.
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۵). نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن. تهران.
- نیک‌پور، عامر (۱۳۹۰). شهر فشرده، تئوری درمقابل عمل. پایان‌نامه دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. تهران: دانشگاه تهران.
- وحیدی، گلдіس (۱۳۸۷). راهکارهای اجرایی اختلاط کاربری‌ها. شهرنگار، ۸ (۴۸)، ۲۳-۲۸.
- ویلیامز، کتی؛ برتون، الیزابت و جنکز، مایک (۱۳۸۹). دستیابی به شکل پایدار شهری. مترجم: وراز مرادی مسیحی. تهران: پردازش و برنامه‌ریزی شهری.

یعقوبی، مهدی؛ شمس، مجید (۱۳۹۸). بازآفرینی بافت فرسوده با رویکرد توسعه پایدار مطالعه موردی شهر ایلام. شهر پایدار، ۲ (۱)، ۶۳-۷۷.

References

- Ali Akbari, I. (2017). Internal Development: Capacities and Needs of Management of Growth Management and Spatial Rearrangement of Tehran Metropolis. *Quarterly Journal of Geographical Research*, 15 (53), 55-72 (in Persian).
- Azar, A. & Hosseinzadeh Dalir, K. (2009). Organizing and improving traditional neighborhoods using a new urban planning approach. *Geography and Regional Development*, 7 (11), 117-146 (in Persian).
- Bahraini, H. & Izadi, M. (2014) Approaches and Policies of Urban Renovation. *Journal of Urban Studies*, 3 (9), 17-30 (in Persian).
- Calthorpe, P. & Fulton, W. (2001). *The Regional City*. Island: Island Press.
- Carmelina, B., Jusy, C. & Carla, M. (2013). The Role of Community in Urban Regeneration: Mixed Use Areas Approach in USA. *Regeneration*, 3 (11), 116-131.
- Chen, H., Jan, B. & Lau, S. (2007). Sustainable urban form for Chinese Compact cities: Challenges of a rapid urbanized economy. *Habitat International*, 32 (1), 28-40.
- DeLisle, J. & Grissom, T. (2011). An Empirical Study of the Efficacy of Mixed-use Development. *The Seattle Experience, Journal of Real Estate Literature*, 21 (1), 1-10.
- Duanny, A., Zyberk, E. & Speck, J. (2011). The Rise of Sprawl and the Decline of the American Dream. *North Point Journal*, 5 (18), 180-193.
- Ebrahim Zadeh, I. & Qader Marzi, J. (2017). Quantitative and qualitative evaluation of urban land use with emphasis on the sustainability of residential use. Case study: Dehghan city in Kurdistan province. *Journal of Environmental Management*, 10 (88), 1-27 (in Persian).
- Farjam, R. (2012). *Spatial analysis of the mixed land uses and the decline of the central part of the city: (Case study: Shiraz metropolis)*. Ph.D. Thesis in Geography and Urban Planning, Tehran: Kharazmi University (in Persian).
- Gaffron, P., Huisman, G. & Skala, F. (2011). *Buom Shahr*. Translator: Nafiseh Marsousi. Space Publishing (in Persian).
- Ghorbani, R. & Turkmen Nia, N. (2016). A comparative study of the role of combined use on travel production in urban areas. *Quarterly Journal of Geography and Urban Space Development*, 2 (1), 81-92 (in Persian).
- Hassan Zadeh, M. & Sultanzadeh, H. (2016). Classification of Reconstruction Planning Strategies Based on the Level of Stability of Historical Textures. *Iranian-Islamic City Quarterly*, 6 (23) 19-29 (in Persian).
- Ismail pour, N., Karamoz, E. & Fakhar Zadeh, Z. (2015). Evaluation of land use mixing in urban space and its promotion strategies (case study: Kashani Street in the middle of Yazd). *Geographical Research Quarterly*, 30 (118), 1-24 (in Persian).
- Jacobs, J. (2010). *Death and life of big American cities*. Translators: Hamidreza Parsi and Arezoo Platoni. Tehran: University of Tehran Press (in Persian).
- Juma Pour, M., Najafi, G. & Shafia, S. (2012). Investigating the Relationship between Density and Social Sustainability in Tehran Municipal Areas. *Journal of Geography and Environmental Planning*, 23 (4), 185-200 (in Persian).
- Lynch, Q. (1376). *The theory of the good shape of the city*. Translator: Seyed Hossein Bahraini. Tehran: University of Tehran Press (in Persian).
- Nikpour, A. (2010). *Compact City, Theory against Practice*. Ph.D. Thesis in Geography and Urban Planning. Tehran: University of Tehran (in Persian).
- Pour ahmad, A., Ziari, K. & Ebdali, Y. (2019). Analysis of resilience criteria in deteriorated urban context against earthquakes with emphasis on physical resilience (Case: District 10 of Tehran Municipality). *Quarterly Journal of Urban Research and Planning*, 10 (36), 1-20 (in Persian).
- Rabianski, J. & Clement, J. (2009). Mixed-Use Development: A Review of Professional Literature. *Real Estate literature*, 17 (2), 205-230.

- Roberts, P. & Sykes, H. (2008). *Urban Regeneration*. London: Sage Publication.
- Salmani Muqaddam, M., Khodabandeh lo, H., Droudnia, A. & Mir Ahadi, N. S. (2018). Urban land use evaluation with spatial justice approach (Case study: Zanzan city). *Human Settlement Planning Studies*, 13 (2), 445-464 (in Persian).
- Soleimani, M., farjam, R. & Zanganeh, A. (2015). *Combined development of urban uses from theory to implementation*. Tehran: Jihad daneshgahi, Kharazmi University Branch (in Persian).
- Statistics Center of Iran (2015). *Results of the General Census of Population and Housing*. Tehran (in Persian).
- Tehran City Renovation Organization (2016). *Comprehensive document for the development of neighborhoods in the 18th district of Tehran Municipality*. Tehran (in Persian).
- Tibaldz, F. (2008). *Citizen-oriented Urban Planning (Promoting Public Areas in Cities and Urban Environments)*. Translator: Mohammad Ahmadinejad. Isfahan: Khak Publications (in Persian).
- Vahidi, G. (2007). Implementing Strategies for Mixing Uses. *Shahnagar*, 8 (48), 23-28 (in Persian).
- Williams, K., Burton, E. & Jenks, M. (2011). *Achieving a sustainable urban form*. Translator: Varaz Moradi Masihi. Tehran: Urban Planning and Processing Publications (in Persian).
- Yaqubi, M. & Shams, M. (2019). Reconstruction of deteriorated urban area with sustainable development approach, Case study of Ilam city. *Quarterly Journal of sustainable city*, 2 (1), 63-77 (in Persian).



Investigating Marl Formation and their Dominant Land use and Erosion in Kermanshah Province

Mosayeb Heshmati^{1*}, Hamidreza Peyrovan², Mohammad Gheitury¹, Majid Ahmadi Molaverdi³, Ali Moradpur⁴

¹Department of Soil Conservation and Watershed Management, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran

²Department of Soil Conservation Soil Conservation, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

³Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Razi University, Kermanshah, Iran

⁴Department Education, Kermanshah Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Kermanshah, Iran

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 17 December 2020

Accepted 1 March 2021

Available online 1 March 2021

Keywords:

Aghajari Formation, Amiran Formation, Erosion Features, Ghasr-e-Shirin Areas, Land use Change.

Citation: Heshmati, M., Peyrovan, H., Gheitury¹, M., Ahmadi Molaverdi, M., Moradpur, A. (2021). Investigating Marl Formation and their Dominant Land use and Erosion in Kermanshah Province. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (4), 53-72.

doi: [10.22126/GES.2021.5987.2330](https://doi.org/10.22126/GES.2021.5987.2330)

ABSTRACT

Land use/cover change at the geological marl formations, especially the conversion of forest and rangeland areas to rain-fed lands and subsequent improper tillage practice has led to severe soil erosion and sedimentation, soil moisture lost, dust-blown, global warming, and water pollution. The current study aims to prepare the spatial distribution of marl formation in Kermanshah province in Iran and to assess dominant land-use, plant cover, slope, and erosion features using satellite image (SPOT 2000) and field survey. The field data have been analyzed through ArcGIS software. The results of this study reveal that there are eight major marls formations in Kermanshah province including Amiran, Aghajari, Gachsaran, Gurpi, Talezangh, Kashkan, Pabdeh, and Mishan occupying about 24.21% of province areas. Among these formations, three formations including Amiran, Kashkan, and Aghajari are the most vulnerable to degradation due to topographic conditions, high solubility, and improper land-use practices. The sensitive facies of Amiran and Kashkan Formations are more prominent in the forest and rain-fed areas with hill slope conditions. In these areas, deforestation, illegal charcoal extraction, improper agricultural and non-agricultural activities resulted in the dissolution of sensitive layered and consequently landslide incidents. Thus during each effective rainfall occurrence, there is severe erosion and siltation deliver fresh sediment in lower drainage systems affecting road, brigs, and farmlands. In gentle slope, this process causes head-cut and gully development. Aghajari formation, which covers a wide range of winter pastures in Kermanshah province, has a high potential of dissolution due to its mineralogical and soil properties increasing soil erosion and sediment yield. It is concluded that severe land use/cover change at marl formation of Zagros areas are the factors sensitive to soil erosion, sedimentation and flood hazard as well as the solution of serious crises such water deficiency and desertification.



پراکنش سازندهای مارنی، کاربری اراضی و فرسایش غالب آن‌ها در استان کرمانشاه

مسبب حشمتی^{۱*}، حمیدرضا پیروان^۲، محمد قیطوری^۱، مجید احمدی ملاوردی^۳، علی مرادپور^۴

^۱گروه حفاظت خاک و آب‌خیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

^۲گروه حفاظت خاک، پژوهشکده حفاظت خاک و آب‌خیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۳گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

^۴گروه آموزش، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران

چکیده

تغییر کاربری سازندهای مارنی منطقه زاگرس منجر به تشدید فرسایش، رسوب، هدررفت رطوبت خاک، تشدید ریزگردها، گرمایش زمین و آلودگی منابع آب شده است. هدف از نوشتار پیش رو تهیه نقشه پراکنش سازندهای مارنی، شناسایی کاربری اراضی و فرسایش غالب آن‌ها در استان کرمانشاه بود. نقشه پراکنش سازندهای مارنی با استفاده از بررسی‌های میدانی و نقشه‌های زمین‌شناسی تهیه شد؛ سپس اشکال فرسایش در هریک از سازندها با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اسپات و بررسی میدانی مشخص شد، اما کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مشخص شد. نتایج پژوهش نشان داد که در استان کرمانشاه هشت سازند مارنی به ترتیب مساحت شامل امیران، آغاچاری، گچساران، گورپی، تله زنگ، کشکان، پابده و میشان هستند که رخنمون آن‌ها ۲۴/۲۱٪ مساحت استان است؛ همچنین نتایج نشان داد که سه سازند امیران، کشکان و آغاچاری به دلیل شرایط توپوگرافی، حساسیت به انحلال و تغییر کاربری، آسیب‌پذیرترین سازندهای مارنی هستند. پدیده انحلال در مناطق جنگلی، مرتعی و دیم‌زارهای شیب‌دار دو سازند امیران و کشکان فعال‌تر بوده و در مناطق دچار تغییر کاربری، شخم در جهت شیب، زغال‌گیری و جاده‌سازی نامناسب، موجب تشدید فرسایش بین شیاری، شیاری و زمین‌لغزش شده است؛ همچنین این بررسی‌ها نشان داد که در نقاط کم‌شیب فرایند انحلال منجر به تشکیل بالاکن در شاخه‌های فرعی خندق‌ها به همراه افزایش ابعاد کانال‌های آن‌ها می‌شود. بیشترین مساحت منطقه قصرشیرین و از جمله سامانه کشاورزی گرمسیری روی سازند آغاچاری گسترش دارد که در نقاط دچار تغییر کاربری و تخریب شدید پوشش گیاهی آن پدیده‌های انحلال، فرسایش خندقی و رسوب‌زایی تشدید شده بود. به‌طور کلی سازندهای مارنی منطقه زاگرس به دلیل شرایط کانی‌شناسی، مقدار زیاد رس و سیلت به همراه توپوگرافی غالب ماهوری نسبت به انحلال و انواع فرسایش و زمین‌لغزش حساس هستند که با تغییر کاربری عرصه‌های جنگلی و مرتعی، تخریب پوشش گیاهی و شخم در جهت شیب تشدید می‌شود.

مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۲۷ آذر ۱۳۹۹

پذیرش ۱۱ اسفند ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۱۱ اسفند ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

اشکال فرسایش، تغییر کاربری، سازند امیران، سازند آغاچاری، منطقه قصرشیرین.

/استناد: حشمتی، مسبب؛ پیروان، حمیدرضا؛ قیطوری، محمد؛ احمدی ملاوردی، مجید؛ مرادپور، علی (۱۳۹۹). پراکنش سازندهای مارنی، کاربری اراضی و فرسایش غالب آن‌ها در استان کرمانشاه. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۰ (۴)، ۵۳-۷۲.

doi: [10.22126/GES.2021.5987.2330](https://doi.org/10.22126/GES.2021.5987.2330)

مقدمه

مارن‌ها و نهشته‌های حاصل از آن‌ها حساس‌ترین سازندهای زمین‌شناسی به فرسایش و تخریب هستند. بخش قابل توجهی از اراضی تپه‌ماهوری منطقه زاگرس از سازندهای مارنی تشکیل یافته است. کاربری غالب این سازندها جنگل و مرتع است. با این وجود، تغییر کاربری به‌ویژه تبدیل عرصه‌های جنگلی و مرتعی به دیم‌زار و درپی آن شخم نامناسب و فعالیت‌های عمرانی، خاک و لایه‌های سطحی این سازندها را نسبت به زمین‌لغزش، فرسایش خندقی، هدررفت رطوبت و تشدید انتشار کربن آلی خاک آسیب‌پذیر کرده است (حشمتی^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). این روند در حوضه‌های دارای سدهای بزرگ موجب تغییر کیفیت آب و شوری خاک نیز شده است (قبادی و همکاران، ۱۳۹۳). افزون بر این، سازندهای مارنی در پدیده بیابان‌زایی نقش اصلی دارند که در نوع تبخیری آن‌ها شدیدتر است (واعظی و فرومدی، ۱۳۹۷).

نتایج پژوهش‌های متعدد پیرامون مشخصات درونی (کانی‌شناسی، فیزیکی و مکانیکی) و بیرونی (فرسایش‌پذیری، پوشش گیاهی و شرایط توپوگرافی) مارن‌ها، بیانگر حساسیت قابل توجه آن‌ها با درجات متفاوت به تخریب و فرسایش است. شرایط متنوع اقلیمی، آب‌وهوایی، توپوگرافی و پوشش گیاهی منطقه زاگرس موجب شده که این سازندها رخساره‌های مختلفی داشته باشند. به همین دلیل، بررسی دقیق رخساره‌های هر سازند برحسب نوع کاربری و شکل غالب فرسایش در مقیاس محلی ضروری است تا بتوان براساس آن به اولویت‌بندی اقدامات پیشگیرانه و کنترلی ازجمله حفاظت خاک و کنترل سیل و رسوب مبادرت کرد. کانی‌های آماس‌پذیر شاخص مشترک سازندهای مارنی منطقه زاگرس است و به‌همین دلیل خاک حاصل از آن‌ها نیز از نظر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی ناپایدار هستند (کاسمس^۲ و همکاران، ۲۰۰۶). اسمکتیت و پس از آن ورمیکولیت دو کانی آماس‌پذیر هستند که ساختار غالب کانی‌شناسی سازندهای مارنی عرصه‌های مختلف این منطقه هستند و در تولید خاک ریزدانه با پتانسیل زیاد فرسایش‌پذیری نقش کلیدی دارند (پرویزی و همکاران، ۱۳۹۳). در اسمکتیت فاصله زیاد بین لایه‌های عامل اصلی سله، ترک و انحلال به‌عنوان مقدمه لغزش و تشکیل خندقی آن‌هاست (بورچادت^۳، ۱۹۸۹؛ لوتنرگر و سراتو^۴، ۲۰۰۱).

افزون بر کانی‌شناسی، املاح مختلف ازجمله نمک نیز در کانی‌های تبخیری این سازندها زیاد است که نمونه بارز آن دو سازند گچساران و آغاچاری است. در چنین مناطقی آسیب‌پذیری به تخریب به‌شدت افزایش می‌یابد. چنین شرایطی به‌دلیل برخورداری از گنبد‌های نمکی است که در صورت مدیریت نامناسب خسارت‌های زیادی به منابع آب و محیط‌زیست تحمیل می‌کنند (مایل و پوزما^۵، ۱۹۹۷). نواحی جنوب غربی، جنوب و مرکز زاگرس گنبد‌های نمکی دارند که در صورت استفاده نابه‌جا (مانند احداث سد گتوند در استان خوزستان) گنبد‌های نمکی برونزد یافته و به خاک، آب و شبکه‌های آبیاری و محصولات کشاورزی خسارت‌هایی وارد می‌کند (نصیری^۶ و همکاران، ۲۰۱۳).

گرچه شرایط مناسب اقلیمی ازجمله بارش کافی سالانه موجب پیدایش پوشش گیاهی کافی در عرصه‌های جنگلی و مرتعی سطح سازندهای مارنی این منطقه شده است، اما تغییر کاربری گسترده به‌دلیل فعالیت‌های بی‌رویه کشاورزی و عمرانی (جاده، شبکه گاز و معدن) منجر به تخریب و حذف این پوشش بی‌نظیر و ارزشمند شده است و متأسفانه دورنمای امیدبخشی برای آن متصور نیست. این روند موجب شده که افزون بر کاهش شدید

1- Heshmati

2- Kosmas

3- Borchardt

4- Lutenegegger & Cerato

5- Miall & Postma

6- Nasiri

تراکم و تنوع پوشش گیاهی، شاخص‌های مهم و حیاتی خاک از جمله ظرفیت نگهداری رطوبت، ذخیره کربن آلی، عناصر غذایی و پایداری را نیز با آسیب جدی روبه‌رو ساخته است (پرویزی و همکاران، ۱۳۹۳).

آسیب به خاک بر اثر تغییر کاربری اراضی مارنی مخاطره‌آمیزتر است. تخریب و حذف پوشش گیاهی عرصه‌های جنگلی و مرتعی سازندهای مارنی منجر به افزایش سطح خاک لخت و برخورد مستقیم قطرات باران به آن می‌شود؛ همچنین به دلیل کاهش شدید ماده آلی، پیوند بین خاکدانه‌ها و پایداری خاک به شدت کاهش می‌یابد (نائل^۱ و همکاران، ۲۰۰۴). مهم‌ترین نتیجه این روند، ایجاد درز و شکاف سطحی و وقوع پدیده انحلال است که توسعه جانبی و عمقی حفره‌های حاصله موجب پیدایش یا گسترش فرسایش خندقی و زمین لغزش می‌شود (برناتک جکیل و پوسن^۲، ۲۰۱۸). در چنین شرایطی به دلیل کاهش قابل توجه نفوذپذیری خاک منجر به تمرکز زیاد رواناب می‌شود که به راحتی ذرات ریز خاک را با خود حمل کرده و افزون بر گل‌آلودگی آب، وقوع سیل‌های مخرب نیز محتمل خواهد بود که در واقع بازتابی از تخریب پوشش گیاهی و شخم در جهت شیب چنین مناطقی است (کارلن^۳ و همکاران، ۲۰۰۸؛ واعظی و فرومدی، ۱۳۹۷). براساس پژوهش‌های گسترده در نقاط مختلف جهان، از هم‌پاشیدن خاکدانه‌ها به دلیل کاهش مواد آلی خاک موجب رخداد پدیده‌های سله، ترک و انحلال می‌شود که در اراضی مارنی به دلیل کاهش و حذف پوشش گیاهی است (پرویزی^۴ و همکاران، ۲۰۱۷). این روند در اراضی با توپوگرافی تپه‌ماهوری شدیدتر بوده و افزون بر فرسایش، حمل خاک با جریان سیلابی است که در عمل بار رسوبی قابل توجهی را به شکل بار معلق به مناطق پایین دست حمل می‌کند (سکوتی^۵ و همکاران، ۲۰۰۹). با تداوم تخریب، رخساره‌های زیبا و طبیعی چنین مناطقی دست‌خوش دگرگونی شده و چشم‌اندازی تیره و ناخوشایند را نمایان می‌سازند (بلانکو و لال^۶، ۲۰۰۸).

پیامدهای زیست‌محیطی دیگر وقوع پدیده‌های ریزگرد، فرسایش بادی و گرمایش زمین را نیز نباید از نظر دور داشت. به‌طور معمول حدود ۸۰٪ خاک حاصل از سازندهای مارنی منطقه زاگرس از رس و سیلت تشکیل شده است (حشمتی و همکاران، ۲۰۱۲) که در دیم‌زارهای شیب‌دار (حاصل تخریب جنگل و مرتع) به‌سادگی بر اثر شخم به‌همراه ماده آلی و مازاد کودهای شیمیایی محتوای آن از راه رواناب جاری در شیارهای شخم وارد منابع آب پایین دست شده که افزون بر آلودگی منابع آب، موجب پدیده غنی‌شدن^۷ (آسیب به زندگی آبزیان به دلیل افزایش نیتрат و فسفر آب) می‌شود. این امر در نواحی تپه‌ماهوری با خاک‌های مارنی و حساس به فرسایش به‌مراتب شدیدتر است (کارلن و همکاران، ۲۰۰۸).

با توجه به نتایج منابع مورد بررسی، متأسفانه تغییر کاربری و تخریب سازندهای مارنی به‌همراه حذف پوشش گیاهی و شخم بی‌رویه در منطقه زاگرس چنان گسترده است که عامل اصلی وقوع سیل و دامنه خسارت‌های جانی، مالی و زیست‌محیطی سالیان اخیر آن، به‌ویژه سیل‌های بهاره سال‌های ۱۳۹۸ تا ۱۳۹۹ در استان‌های ایلام، لرستان و خوزستان قلمداد کرد، هرچند نباید سیستم نامناسب زهکشی شهری و تغییر کاربری حریم رودخانه‌ها را نیز نباید از نظر دور داشت.

بر این مبناء، شناسایی مشخصات سازندهای مارنی، کاربری اراضی و فرسایش غالب رخساره‌های آن‌ها در مقیاس محلی اساس کنترل فرسایش، رسوب و سیل و نیز مدیریت پدیده‌های خشکسالی، ریزگرد و کم‌آبی حوزه‌های

1- Nael

2- Bernatek-Jakiel & Poesen

3- Karlen

4- Parvizi

5- Sokouti

6- Blanco & Lal

7- Eutrophication

آبخیز است. هدف از نوشتار پیش رو شناسایی سازندهای مارنی و تهیه نقشه پراکنش آنها به همراه شناسایی برخی ویژگی‌های مهم محلی از جمله کاربری و اشکال عمده فرسایش در استان کرمانشاه (به عنوان سرشاخه مهم حوزه کرخه) بود که در سال‌های ۱۳۹۶ تا ۱۳۹۸ انجام یافت.

معرفی منطقه مورد بررسی

محل اجرای پژوهش حاضر استان کرمانشاه است که در غرب ایران با مختصات جغرافیایی $36^{\circ} 33'$ تا $15^{\circ} 35'$ شمالی و $24^{\circ} 45'$ تا $30^{\circ} 48'$ طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). این استان از شمال به استان کردستان از جنوب به استان‌های لرستان و ایلام از شرق به استان‌های همدان و از غرب با کشور عراق هم‌مرز است. به‌طور کلی داده‌های زمین‌شناسی منطقه کرمانشاه بیانگر تنوع سازندهای زمین‌شناسی است که می‌توان آن را به دو زیرپهنه شمالی و جنوبی جدا تقسیم کرد که مرز بین آنها با گسل مروارید - صحنه ازهم جدا شده است.

بخش شمالی گسل شامل دگرگونه‌های مزوزوئیک و مجموعه ولکانیکی آهکی سنقر است که بیشتر متأثر از فعالیت‌های هم‌زمان رسوب‌گذاری و دگرگونی شکل گرفته است. بخش جنوبی گسل پیش‌گفته که بیشتر مساحت استان را دربر دارد، متشکل از سازندهای رسوبی و مارنی هستند که گنبد‌های نمکی ندارند و سازندهای حاوی گچ نیز در بخش محدودی از حد فاصل گیلان غرب و قصرشیرین رخمون دارد. این وضعیت موجب تشکیل خاک‌های حاصل‌خیز و مستعد برای رویش متنوع پوشش گیاهی غالب سازندهای مارنی استان کرمانشاه شده است که شرایط اقلیمی مناسب نیز به این روند کمک کرده و به همین دلیل این استان یکی از ذخیره‌گاه‌های کلیدی و مهم تنوع زیستی^۱ کشور است (نعمتی پیکانی و جلیلیان، ۱۳۹۱).

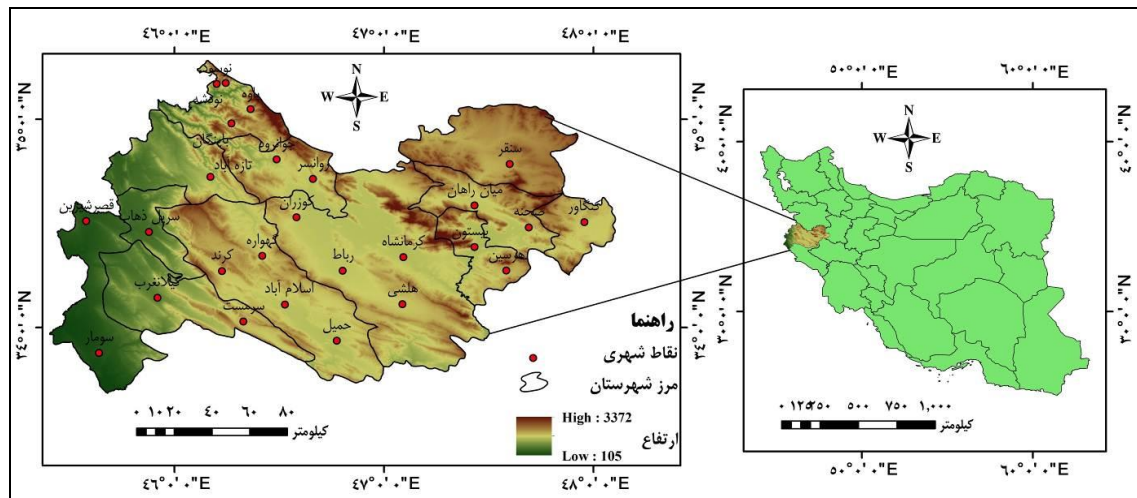
بخش بیشتر استان را رشته‌کوه‌های زاگرس با روند شمال غربی - جنوب شرقی تشکیل داده‌اند و به سبب موقعیت خاص اقلیمی و بارندگی به موقع و کافی، دره‌های پوشیده از جنگل و مراتع دارد (ابراهیم‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). میزان بارندگی در مناطق مختلف استان بین ۲۵۰ تا بیش از ۷۰۰ میلی‌متر در نوسان است و میانگین سالانه دما در این استان از ۲۲ درجه در گرم‌ترین نواحی غربی تا حدود ۵ درجه سانتی‌گراد در کوهستان‌های مرتفع متغیر است (کرم و همکاران، ۱۳۹۲). اهمیت این استان را باید در تنوع آب‌وهوایی، وسعت زمین‌های کشاورزی، جنگلی و مرتعی، حاصل‌خیزی خاک و آب کافی دانست (ذوالفقاری، ۱۳۸۴). در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان استان کرمانشاه را از نظر اقلیمی به دو بخش مجزای گرمسیری و معتدل کوهستانی تقسیم کرد، شهرستان‌های قصرشیرین، سرپل ذهاب، سومار و نفت‌شهر و به‌طور کلی نوار مرزی عراق جزء بخش گرمسیری استان و بخش‌های مرکزی و شرقی استان که بخش بزرگ‌تری از نواحی دشت‌های مرتفع و بخش‌های کوهستانی استان را نیز شامل می‌شود از جمله شهرستان‌های کرمانشاه، اسلام‌آباد غرب، کنگاور، پاه و جوانرود جزء بخش معتدل استان هستند.

مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر به منظور تهیه نقشه سازندهای مارنی، شناسایی کاربری اراضی و فرسایش غالب آنها، ابتدا نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰۰ استان کرمانشاه جمع‌آوری شد و ارزیابی مقدماتی از سازندهای مارنی استان با استفاده از نقشه‌های پیش‌گفته به عمل آمد. در مرحله بعد اشکال فرسایش در سازندهای مارنی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای اسپات شناسایی شدند و کاربری اراضی غالب این سازندها نیز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ استخراج شد. سرانجام برای صحت‌سنجی، مرز رخساره‌ها و انواع فرسایش طی بازدید میدانی (با دستگاه جی.پی.اس.^۲) کنترل شد. در ادامه مراحل انجام کار به‌طور مفصل توضیح داده می‌شود.

1- Biodiversity

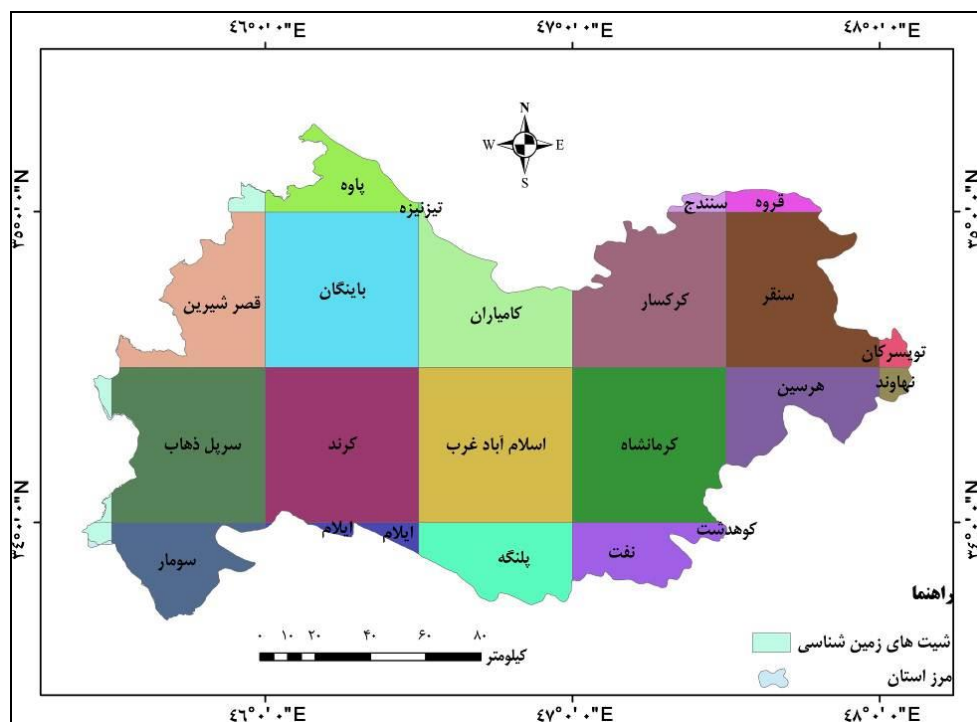
2- Global Positioning System (GPS)



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی استان کرمانشاه

گردآوری نقشه‌های مورد نیاز

به‌منظور انجام پژوهش، ابتدا نقشه‌های زمین‌شناسی استان کرمانشاه که شامل نقشه‌های قدیمی (مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰) و نقشه‌های جدید (۱:۱۰۰۰۰۰) بودند، گردآوری شدند. نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ به‌وسیله شرکت‌های عامل نفت ایران و سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی ایران تهیه شده‌اند که در قالب ۲۱ شیت استان کرمانشاه را پوشش می‌دهند. این نقشه‌ها شامل قروه، سنندج، تیزیزه، پاوه، تویسرکان، سنقر، کرکسار (میان‌راهان)، کامیاران، باینگان، قصرشیرین، نهاوند، هرسین، کرمانشاه، اسلام‌آباد غرب، کرد، سرپل ذهاب، کوهدشت، نفت، پلنگه، ایلام و سومار هستند (شکل ۲). در نوشتار پیش رو افزون بر نقشه‌های زمین‌شناسی، گزارش‌های مدون و نقشه‌های متفرقه مرتبط با مطالعات زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی و فرسایش خاک نیز گردآوری شد و از آن‌ها به‌منظور شناسایی ویژگی‌های سازندهای مارنی استفاده شد.



شکل ۲. راهنمای نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰

ارزیابی مقدماتی سازندهای مارنی

در این مرحله به منظور بررسی و ارزیابی مقدماتی سازندهای مارنی روی نقشه‌ها و کنترل اولیه میدانی آن‌ها، از یک گروه تخصصی زمین‌شناسی، آبخیزداری و خاک‌شناسی بهره گرفته شد؛ بنابراین مشخصات کلی سازندها و موقعیت غالب آن‌ها در استان کرمانشاه بررسی شد و رخساره‌های سازندهای مارنی به‌ویژه مرز آن‌ها مورد بازدید میدانی قرار گرفت. ضمن تفکیک محلی مرز سازندها، مختصات آن‌ها با جی.پی.اس. (مدل گرمین) ثبت و به محیط آرک جی.آی.اس.^۱ انتقال داده شد.

تعیین اشکال فرسایش غالب سازندها

اشکال غالب فرسایشی مورد نظر در پژوهش حاضر شامل فرسایش بین‌شیاری، شیاری، خندقی و لغزشی بود. برای شناسایی و تفکیک اشکال غالب فرسایش از تصاویر ماهواره‌ای اسپات^۲ ۲۰۰۰ استفاده شد. تصاویر ماهواره‌ای اسپات مورد استفاده از سایت بینگ‌مپ^۳ با استفاده از نرم‌افزار مپ‌دانلودر^۴ تهیه شدند. این تصاویر از تعداد زیادی تصویر ریز^۵ تشکیل شده که با درجه بزرگ‌نمایی بیست برابر قابل دانلود هستند، به‌طوری که اشکال فرسایش سطحی، شیاری، خندقی و لغزشی و نیز جهت شخم و تک‌پایه‌های درختی قابل مشاهده هستند.

استخراج کاربری اراضی

کاربری‌های غالب شامل جنگل، مرتع، کشاورزی (دیم و آبی) و تأسیسات عمرانی (زمین‌های ساخته‌شده) بود. برای تهیه نقشه کاربری اراضی، تعداد سه تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ سال ۲۰۱۵ (سنجنده OLI)^۶ از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا^۷ دریافت شد. تصاویر دریافتی بدون ابر بودند که کل استان کرمانشاه را پوشش می‌داد. در این تصاویر، خطای هندسی به‌وسیله ایستگاه‌های گیرنده تصحیح می‌شود؛ بنابراین در مرحله پیش‌پردازش خطاهای رادیومتری و اتمسفری موجود روی تصاویر خام تصحیح شد. برای تصاویر پیش‌گفته عمل فیوژن با باند پانکروماتیک انجام شد تا قدرت مکانی تصاویر به پانزده متر ارتقا پیدا کند. در مرحله پردازش از روش طبقه‌بندی نظارت‌شده^۸ تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد و پس از تعیین نمونه‌های تعلیمی روی گوگل‌ارث^۹، با الگوریتم بیشینه مشابهت^{۱۰} در نرم‌افزار انوی^{۱۱} چهار طبقه کاربری اراضی جنگل، مرتع، کشاورزی و تأسیسات عمرانی در سال ۱۳۹۸ استخراج شد. سرانجام تصویر طبقه‌بندی‌شده به محیط آرک جی.آی.اس. وارد و مساحت کاربری‌ها محاسبه شد؛ همچنین نتایج حاصل از اعتبارسنجی ضریب کاپا و دقت کلی برای طبقه‌بندی‌های به کار گرفته شده با ضریب کاپا برای طبقه‌بندی کاربری اراضی در این سال ۰/۹۱ به دست آمد که به شاخص دقت کلی ۹۶/۰۷ بسیار نزدیک است (جدول ۱).

جدول ۱. شاخص اعتبارسنجی ضریب کاپا و شاخص دقت کلی برای کاربری‌های استخراج‌شده

تصاویر	ضریب کاپا	دقت کلی
۲۰۱۵ (سنجنده OLI)	۰/۹۱	۹۶/۰۷

- 1- Arc GIS
- 2- Satellite Pour Observation Terre (SPOT)
- 3- <https://docs.microsoft.com/en-us/bingmaps>
- 4- Map downloader
- 5- Tile
- 6- Operational Land Imager (OLI)
- 7- <https://earthexplorer.usgs.gov>
- 8- Supervised Classification
- 9- Google Earth
- 10- Maximum Likelihood
- 11- ENVI 5.3

کنترل دقیق میدانی مرز رخساره‌ها

پس از تعیین کاربری اراضی و اشکال غالب فرسایش هر سازند (رخساره‌های کاربری و فرسایشی غالب)، مرز آن‌ها با استفاده از جی.پی.ایس. مورد کنترل مجدد میدانی قرار گرفت. این مرحله یکی از مهم‌ترین مراحل پژوهش بود. برای انجام مطلوب آن، ابتدا مرزهای مشکوک و دارای تداخل روی نقشه مشخص شد. مبنای این مرحله گسل‌های محلی، یال‌ها، وضعیت هم‌شیب و دگرشیب دامنه‌ها و مشخصات اختصاصی هر سازند همچون لایه‌بندی، شکل غالب و سیمای ظاهری رخساره‌ها، رنگ، فرسایش، بریدگی‌های کنار جاده‌ها و وضعیت درز و شکاف بود؛ سپس تغییرات ثبت‌شده مرز هر سازند براساس مختصات آن (در مقیاس یو.تی.ام.^۱) ثبت و به محیط نرم‌افزار آرک جی.آی.ایس. انتقال یافت. در ادامه پس از تعیین مرز هر سازند و هم‌پوشانی آن با لایه کاربری اراضی، کاربری غالب هر سازند با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی (پوشش گیاهی و بررسی میدانی) مشخص شد و جزئیات کاربری و فرسایش غالب هر رخساره از جمله عوامل محلی تشدید آن، نوع فعالیت‌های کشاورزی محلی و مواردی از این قبیل که منجر به تشدید تخریب می‌شوند، طی بازدید میدانی مشخص شد.

نتایج

مشخصات کلی سازندهای مارنی

استان کرمانشاه شامل چهارده ردیف مهم چینه‌شناسی است که متأثر از چرخه پیش‌روی و پس‌روی دریا بوده و به همین دلیل غالب آن‌ها سازندهای مارنی حساس به فرسایش دارند. این سازندها در منطقه زاگرس دارای مشخصات متنوع اقلیمی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و کانی‌شناسی هستند (جدول ۲). قدیمی‌ترین این سازندها آهک‌های بیستون است؛ همچنین شمال و شمال شرق استان نیز فاقد سازندهای مارنی قابل توجه است. سازندهای مارنی که در مرکز، غرب و جنوب شرقی استان رخنمون زیادی دارند به لحاظ سنگ‌شناسی و توپوگرافی از جمله شیب و نهشته‌های حاصله (واریزه، پادگانه‌های آبرفتی و دشت‌ها) شرایط متنوعی دارند و از سازندهای مارنی منشأ می‌گیرند و به همین دلیل مستعد انحلال و فرسایش‌های تونلی و خندقی هستند که با شخم و آبیاری نامناسب تشدید می‌شود. براساس بررسی اولیه نقشه‌های جدید سازمان زمین‌شناسی و شرکت نفت، سازندهای مارنی به‌طور عمده در محدوده شهرستان‌های کرمانشاه، اسلام‌آباد غرب، پاره، سرپل ذهاب، قصرشیرین، کرد و هرسین پراکنش دارند که از لحاظ ترکیب شیمیایی می‌توان آن‌ها را در دو گروه قرار داد: الف: مارن‌های تبخیری (دارای ترکیبات گچی و نمکی) که مربوط به گروه فارس هستند و در منطقه قصرشیرین، سومار، نفت‌شهر و بخشی از گیلان غرب گسترش دارند و ب: مارن‌های رسی - آهکی (بخش اصلی آن متشکل از رس، سیلت و آهک) که در نواحی مرکزی، جنوبی و جنوب شرق استان پراکنش بیشتری دارند. شرایط ژئومورفولوژی، چهره فرسایش و میزان انحلال این سازندها بازتابی از مدیریت جاری بهره‌برداری از آن‌هاست (جدول ۲).

چینه‌شناسی و مساحت رخنمون سازندهای مارنی

براساس نتایج پژوهش حاضر، سازندهای مارنی استان کرمانشاه شامل امیران، آغاچاری، گچساران، گورپی، تله‌زنگ، کشکان، پابده و میشان است که مساحت رخنمون آن‌ها بالغ بر ۶۰۳ هزار هکتار (۲۴/۲۱٪ مساحت استان کرمانشاه) به‌دست آمد. شکل ۳ نقشه پراکنش این سازندها را پس از کنترل میدانی نشان می‌دهد و جزئیات مساحت هر سازند نیز در این جدول درج شده است. مهم‌ترین ویژگی‌های این سازندها (از قدیم به جدید) شامل چینه‌شناسی و گسترش آن‌ها در استان کرمانشاه به شرح زیر است:

جدول ۲. مهم‌ترین ردیف‌های چینه‌شناسی در پهنه استان کرمانشاه

جنس	سازند	سن	دوران
آهک	آهک‌های بیستون (کرمانشاه)	تریاس - کرتاسه فوقانی	گورپی
آهک-شیل	سازند آهکی سروک	کرتاسه فوقانی	
مارن و شیل‌های آهکی	سازند گورپی	کرتاسه فوقانی	
مارن، ماسه‌سنگ و شیل	سازند امیران	پالئوسن تحتانی	سوزنی‌سنگ
مارن - شیل	سازند پابده	پالئوسن - ائوسن	
آهک - شیل	سازند تله‌زنگ	پالئوسن - ائوسن تحتانی	
ماسه‌سنگ	سازند کشکان	ائوسن تحتانی - ائوسن فوقانی	
دولومیت	سازند آهکی شهبازان	ائوسن میانی - ائوسن فوقانی	
دولومیت	سازند آهکی آسماری	الیگوسن-میوسن	
مارن، آهک	سازند گچساران (فارس تحتانی)	میوسن تحتانی - میوسن میانی	
مارن، آهک	سازند میشان (فارس میانی)	میوسن فوقانی	
مارن، آهک	سازند آغاجاری (فارس بالایی)	میوسن فوقانی-پلیوسن	
آهک	سازند قم	میوسن میانی	
کنگلومرا	سازند بختیاری	میوسن فوقانی - پلیوسن	

سازند گورپی: حدود ۹۵ هزار هکتار از مساحت استان کرمانشاه (۳/۷٪) را شامل می‌شود که بیشترین رخنمون آن در شمال غرب و غرب استان، یعنی مناطق ثلاث، سرپل ذهاب، قصرشیرین (چم امام حسن)، گیلان غرب و دالاهو (گهواره)، جنوب غرب و جنوب شرق شهرستان کرمانشاه به سمت استان لرستان است. پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که تشکیل سازند گورپی در آب‌وهوای گرم و مرطوب با دو مرحله کاهش ناگهانی دما همراه است (زارعی سهامیه و همکاران، ۱۳۹۰). مرز زیرین سازند گورپی با سازند ایلام به صورت هم‌شیب و مرز بالایی آن با سازند امیران به صورت ناپیوسته است. ضخامت سازند گورپی حدود ۱۰۰ متر است که شامل تناوبی از مارن، شیل‌های خاکستری مایل به آبی با میان لایه‌هایی از سنگ آهک‌های نازک رسی است. این سازند دارای دو بخش آهکی (امام حسن در منطقه قصرشیرین همراه با میان لایه‌های مارن و مواد آلی بودار به همراه دانه‌های پراکنده پیریت) و منصوری (یک بخش کوچک‌تر) است (مطیعی، ۱۳۷۲). در بخش‌های شیلی این سازند لایه‌بندی ضعیف‌تر از بخش‌های آهکی است.

سازند امیران: شامل ۸۷۱ متر شیل، ماسه‌سنگ، سنگ آهک و کنگلومرای فیلیش گونه است و به همین دلیل گاهی فیلیش‌های امیران نیز نامیده می‌شود. مساحت رخنمون سازند امیران در استان کرمانشاه حدود ۱۶۳ هزار هکتار (۶/۶٪ مساحت استان) به دست آمد که با روندی شمال غرب - جنوب شرق به سمت استان‌های ایلام و لرستان امتداد دارد (جدول ۳). نمونه برش سازند امیران به وسیله جیمز و وایند^۱ (۱۹۶۵)، در نقطه‌ای به همین نام در نزدیکی رودخانه کشکان که تاقدیس آن با رودخانه قطع می‌شود، انتخاب شد. مرز زیرین و بالایی این سازند به ترتیب گورپی و سازند کرمانشاه (سنگ آهک بیستون) است. در غرب استان مرز بالایی سازند تله‌زنگ و در برخی مناطق نیز سازند کشکان است. براساس نتایج پژوهش نصیری و همکاران (۲۰۱۳) توالی رسوبی سازند امیران بیانگر منشأگرفتن آن از تخریب رادیولاریت و افیولیت‌ها و سرازیر شدن آن‌ها به نواحی ژرف‌تر است و به همین دلیل مجموعه گوناگونی از اثر فسیل‌ها با حفظ‌شدگی خوب را دارد و شش رخساره آن شامل شیل و ماسه‌سنگ متورق، شیل سبز زیتونی، ماسه‌سنگ با میان لایه شیل، کنگلومرا و ماسه‌سنگ ریز است.

سازند پابده: برش نمونه سازند پابده (پالتوسن فوقانی - الیگوسن زیرین) در نزدیک سازند گورپی در استان خوزستان قرار گرفته است. مرز پایینی و بالایی آن به ترتیب سازندهای گورپی و آسماری است. از نظر سنگ‌شناختی شامل تناوب مارن‌های ارغوانی و آهکی است. رخنمون این سازند ۲۴/۳ هزار هکتار از جنوب غرب، یعنی مناطق سرپل ذهاب، قصرشیرین و گیلان غرب را دربر دارد.

سازند تله‌زنگ: شامل ردیف‌های آهکی با درون‌لایه‌هایی از شیل و مارن است. این سازند نسبت به سازندهای هم‌جوار خود (سازند امیران و کشکان) کمابیش مقاوم‌تر است. ستبرای این سازند متغیر است و در برخی نقاط به ۲۵۰ متر می‌رسد. هم‌بری این سازند با امیران در زیر و سازند کشکان در بالا است. رخنمون سازند تله‌زنگ در استان کرمانشاه حدود ۴۳ هزار هکتار (۱/۷۳٪ از سطح استان) است؛ که با روندی شمال غرب - جنوب شرق به سمت استان‌های ایلام و لرستان امتداد دارد. براساس بررسی دقیق میدانی، رخنمون‌های حستاس به فرسایش این سازند در شمال اسلام‌آباد غرب (منطقه تپه‌ماهوری گهواره به سمت سیاخور) و بخش‌هایی از حاشیه ماهیدشت است.

سازند کشکان: این سازند به‌طور مستقیم روی سازند امیران قرار دارد و مرز بالایی آن نیز سازند کشکان است. ضخامت آن در برش نمونه (رودخانه کشکان) به ۳۷۰ متر رسیده است (مطیعی، ۱۳۷۲). براساس مشاهدات میدانی، در غالب مناطق استان کرمانشاه سازند کشکان دامنه تپه‌ماهورها و پادگانه‌های رودخانه‌ای را تشکیل داده و بالادست آن (یال و گردنه) را سازند شهبازان تشکیل می‌دهد که به‌طور عمده چنین الگویی در زاگرس چین‌خورده با پوشش جنگلی و دیم‌زارهای حاصل از تخریب جنگل چهره غالب پوشش سطح این سازند است و به همین دلیل این دیم‌زارها نقش کلیدی در فرسایش و رسوب‌زایی دارند. در جنوب شرقی شهرستان کرمانشاه (یال جنوب شرقی حوزه آبخیز مرک) سازند کشکان در برش مورد مطالعه توالی درشت‌شونده به سمت بالا را نشان می‌دهد (رستمی^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). در این منطقه مشخصات رخساره‌های سازند کشکان به شرح زیر شناسایی شد (شکل ۳):

- رخساره کنگلومرا و درشت‌دانه با زمینه (ماتریکس) ماسه‌سنگ موصوف به عنصر ساختاری کانال (CH). حالت دلالت بر وجود جریان قوی بدون چینه‌بندی مورب به نسبت کاهش عمق آب است (راست^۲، ۱۹۷۸).

- رخساره گلی و سیلتی با میان‌لایه‌های ماسه‌ای با ضخامت حدود ۵۵ سانتی‌متر موصوف به عنصر ساختاری کروس‌های پهن (CS) که در مجاورت کانال‌ها به شکل پادگانه آبرفتی و دشت سیلابی تجمع یافته است (دیم‌زارهای کمابیش کم‌شیب).

- رخساره دانه‌ریز (Fm) شامل شیل‌های خاکستری، افق لیمونتی و ماسه‌سنگ‌های ارغوانی و سبز است که بیشترین درصد سازند کشکان در منطقه مورد مطالعه را دربر می‌گیرد. این رخساره معرف رسوب‌گذاری جریان‌های حاوی بار رسوبی معلق است (رایت^۳، ۲۰۰۷).

- رخساره رسوبات ریزدانه خارج از کانال دشت سیلابی (FF) متشکل از مواد سیلتی با رنگ ارغوانی با ضخامت متغیر.

- رخساره رسوبات سیلتی و رسی (OF) شامل کالکریت^۴ با درون‌لایه‌ای از ندول‌هایی از شیل‌های ارغوانی پودرمانند که بر اثر دیازنز^۵ به وجود آمده است و معرف رسوبات سطحی آهکی که در خاک یا نزدیک سطح زمین

1- Rostami

2- Rust

3- Wright

5- diagenic

۴- خاک‌های قدیمی (در اصطلاح رسوب‌شناسی)

تشکیل می‌شود (وانی و سودی^۱، ۲۰۰۶).

سازندهای گروه فارس: برای توصیف سکانس‌های ضخیمی از رسوبات دریایی با سن میوسن به کار گرفته شد و با تکمیل مطالعات به سه سازند فارس زیرین (سازند گچساران)، فارس میانی (سازند میشان) و فارس فوقانی (سازند آغاچاری) تفکیک شد (درویش‌زاده، ۱۳۷۰). این سازندها در منطقه قصرشیرین، نفت‌شهر، سومار و بخشی از گیلان غرب رخنمون دارند و نقش اصلی در تشکیل خاک با قابلیت انحلال زیاد و نفوذپذیری کم و بافت سنگین دارند. سازند بختیاری در این منطقه گسترش بسیار محدودی (منطقه سومار) دارد، اما سازند گچساران با ریخت‌شناسی ملایم، دشت‌مانند و نرم‌فرسایی بخش قابل توجهی از این منطقه را پوشش داده است.

رخنمون سازند گچساران به‌طور عمده در غرب استان شامل مناطق سرپل ذهاب، قصرشیرین و گیلان غرب است و مساحت آن در استان کرمانشاه ۹۳ هزار هکتار (۳/۷۳٪ مساحت استان) است. این سازند متشکل از مارن‌های سبز و گاهی قرمز با درون لایه‌هایی از سنگ آهک و ماسه‌سنگ نازک و تناوب‌هایی از گچ و انیدریت به رنگ سفید تا خاکستری است. در منطقه قصرشیرین تا گیلان غرب ساختار کانی‌شناسی این سازند متفاوت و دربرگیرنده گچ و قیر طبیعی است. رخنمون‌های قیر طبیعی نشان می‌دهد که تحت تأثیر عوامل زمین‌ساختی و چین‌های، مواد نفتی از راه درز و شکاف‌ها از تشکیلات زیرین به بالا راه یافته است (جدول ۳).

توپوگرافی سازند گچساران تپه‌ماهوری مدور و کم‌ارتفاع است؛ همچنین نقاط دارای خاک عمیق آن نیز کاربری کشاورزی دارد.

در زاگرس مرکزی به‌ویژه در منطقه کرمانشاه سازند میانی گروه فارس، یعنی سازند میشان کمتر رخنمون داشته و شامل مارن‌های خاکستری ژئوسدار با درون لایه‌هایی از سنگ آهک خاکستری مایل به قهوه‌ای است. مساحت رخنمون این سازند در استان کرمانشاه حدود ۲۴۵۰ هکتار (۰/۰۹٪ مساحت استان) است که نسبت به سایر سازندها بسیار کمتر است. نظر به اینکه این سازند با نوار باریکی در حاشیه آغاچاری دیده می‌شود، شکل کلی، پوشش گیاهی، فرسایش و کاربری آن نیز شبیه همین سازند است.

سازند آغاچاری نیز مانند گچساران در مناطق قصرشیرین، نفت‌شهر، سومار، گیلان غرب و بخش‌های محدودی از سرپل ذهاب رخنمون دارد. مساحت این سازند ۱۴۷ هزار هکتار (۵/۹۰٪ مساحت استان) به‌دست آمد که نسبت به سایر سازندهای مارنی بیشترین گسترش را دارد (جدول ۳). سازند آغاچاری به ضخامت تقریبی ۲۹۷ متر با تناوبی از ماسه‌سنگ آهکی قهوه‌ای و لایه ضخیم‌تر قرمزرنج در محل نمونه‌برداری واقع در شهرستان آغاچاری شناسایی شده است (مطیعی، ۱۳۷۲). از نظر مواد تشکیل‌دهنده شامل تناوبی از دو لایه ماسه‌سنگی و مارن است که عمق لایه مارنی بیشتر است. لایه ماسه‌سنگی در منطقه بندرعباس و فارس رخنمون بیشتری دارد، درحالی که بخش مارنی به‌نام بخش لهری^۲ به حالت هم‌شیب روی بخش ماسه‌سنگی قرار داشته و بخش‌های ماسه‌سنگی اغلب به‌صورت برجسته در بین بخش‌های مارنی فرسوده دیده می‌شود که بیانگر رسوب‌گذاری ذرات معلق در سرعت‌های بسیار پایین جریان آب است (مایل و پوزما، ۱۹۹۷).

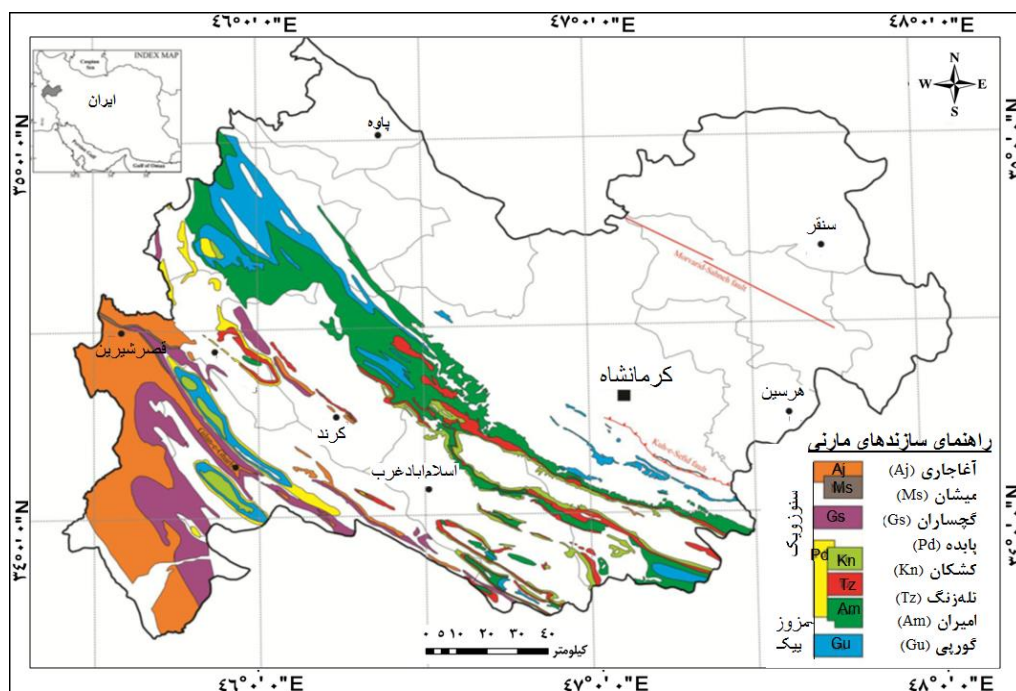
کاربری غالب اراضی سازندهای مارنی استان کرمانشاه

نقشه کاربری غالب اراضی سال ۲۰۱۵ در استان کرمانشاه در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به این نقشه، اراضی مرتعی با ۱۰۷۶۳ کیلومتر مربع مساحت بیشترین سطح استان (۴۳/۲۴٪) را دربر دارد. پس از آن اراضی

کشاورزی و سپس اراضی جنگلی است (شکل ۴). مقایسه شکل ۳ و ۴ نشان می‌دهد که غالب اراضی مرتعی، جنگلی و دیم‌زارهای استان کرمانشاه روی سازندهای مارنی پراکنش دارند (جدول ۴). بر این اساس، کاربری اراضی غالب هر سازند در جدول ۵ مشخص شده است.

جدول ۳. نسبت مساحت پراکنش سازندهای مارنی در استان کرمانشاه

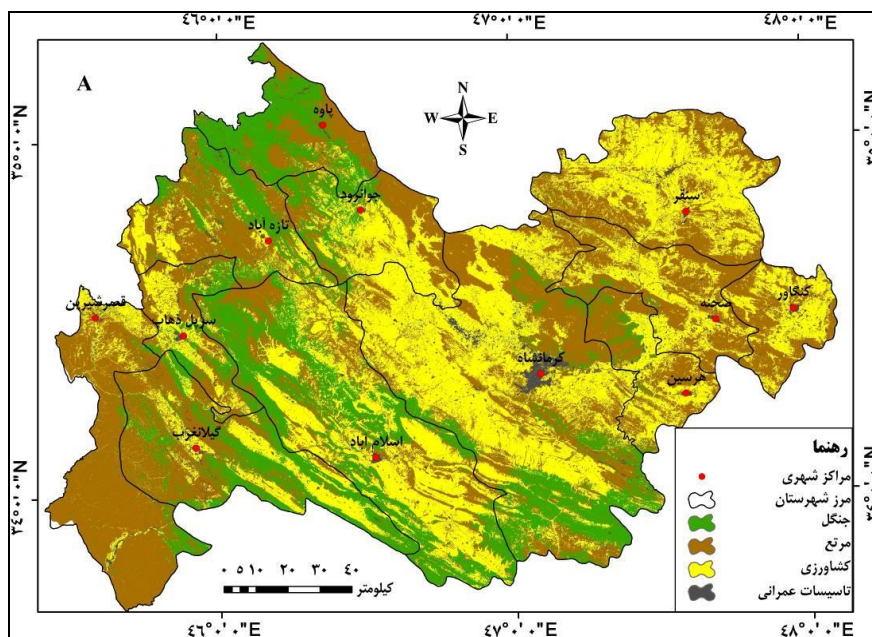
سازند	همبری		مهم‌ترین مشخصات رخساره‌ای در استان کرمانشاه	مساحت در استان کرمانشاه	
	زیرین	بالایی		هکتار	%
آغاچاری	میشان	بختیاری	دشت‌سر مارنی با برون‌زدگی‌های ماسه‌سنگی	۱۴۶۹۶۶	۵/۹۰
میشان	گچساران	آغاچاری	دشت‌سر مارنی	۲۴۵۰	۰/۰۹
گچساران	آسماری	میشان	تپه‌ماهورهای مارنی	۹۲۹۷۲	۱/۷۳
کشکان	تله‌زنگ/امیران	شهبازان	تپه‌ماهور و پادگانه‌های آبرفتی	۳۹۴۸۴	۱/۵۸
تله‌زنگ	امیران	کشکان	تپه‌ماهور و پادگانه‌های آبرفتی	۴۳۲۶۳	۱/۷۳
پایده	گورپی	آسماری	تپه‌ماهوری	۲۴۲۹۵	۰/۹۷
امیران	گورپی	بیستون	تپه‌ماهور و پادگانه‌های آبرفتی	۱۶۳۰۸۴	۶/۵۴
گورپی	سروک/ایلام	امیران	تپه‌ماهوری	۹۰۹۲۲	۳/۶۴
جمع	-	-	-	۶۰۳۴۳۵	۲۴/۲۱



شکل ۳. نقشه پراکنش سازندهای مارنی در استان کرمانشاه

جدول ۴. مساحت انواع کاربری اراضی استان کرمانشاه در سال ۲۰۱۵

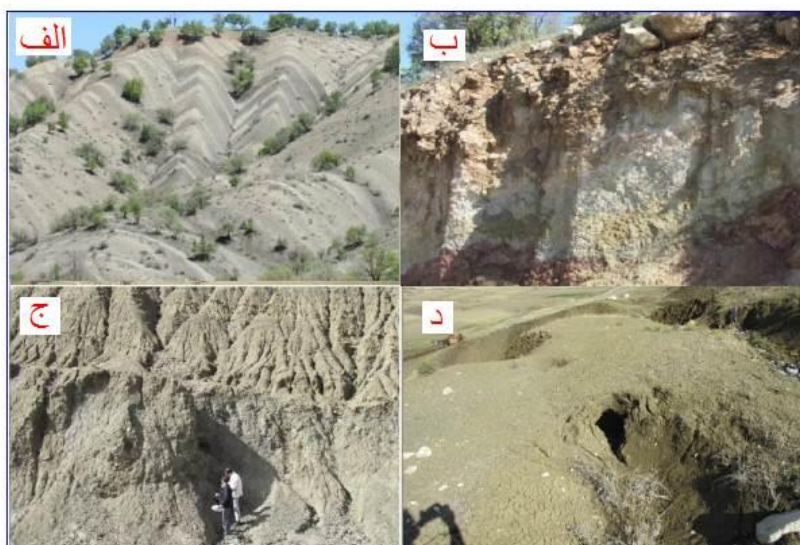
انواع کاربری اراضی	مساحت (km ²)	مساحت (%)
جنگل	۴۸۹۰	۱۹/۶۴
مرتع	۱۰۷۶۳	۴۳/۲۴
کشاورزی	۸۸۲۹	۳۵/۴۷
تأسیسات عمرانی	۴۰۶	۱/۶۳
جمع	۲۴۸۸۸	۱۰۰



شکل ۴. نقشه کاربری اراضی استان کرمانشاه

تأثیر تغییر کاربری بر سیمای فرسایش و ژئومورفولوژیک سازندهای مارنی

سازند گورپی: براساس نتایج نوشتار پیش رو، سازند گورپی به شکل تپه‌ماهور کم‌ارتفاع، تاحدودی مدور و چین‌خورده با شیب غالب حدود ۱۵٪ تا ۲۵٪ رخمون دارد. پوشش گیاهی این سازند در منطقه ثلاث، گهواره و اسلام‌آباد غرب از نوع جنگل‌های تنک است. ردیف درختان از الگوی چین‌بندی محلی تبعیت کرده است و درختان جنگلی در لایه‌های سست شیلی ریشه دوانده و لایه سخت نیز به‌مثابه سطحی آبگیر در استحکام و افزایش رطوبت آن‌ها عمل می‌کند (شکل ۵). پوشش کف نیز به‌دلیل عمق محدود خاک تنک و به‌طور عمده گون و برخی گندمیان است. خاک لخت و سنگ‌ریزه به‌همراه واریزه‌های موضعی بر سطح این سازند قابل توجه است که با تخریب و تغییر کاربری، رواناب به‌سادگی موجب جابه‌جایی ذرات ریز روی شیب می‌شود و بسته به شرایط و جهت چین‌خوردگی، لغزش‌های محدودی به‌همراه فرسایش شیاری (غالباً در دیم‌زارها) ایجاد می‌کند.



شکل ۵. سازند گورپی الف: غرب گهواره، تله‌زنگ؛ ب: سیاخور - اسلام‌آباد غرب، سازند امیران دچار تخریب و حذف جنگل که کانون اصلی فرسایش، رسوب و سیل است؛ ج و د: منطقه بوزان کرمانشاه

سازند امیران: براساس مشاهدات میدانی، سیمای ژئومورفولوژیک سازند امیران نسبت آسیب‌پذیرترین سازند نسبت به تغییر کاربری است. بر این مبنا، رخساره‌های حساس به فرسایش این سازند در مناطق جنگلی و دیم‌زارهای شیب‌دار (حاصل تخریب جنگل) رخنمون بیشتری دارند و در نقاط با تخریب پوشش گیاهی و شخم‌خورده، منشأ اصلی فرسایش، رسوب و تشدید سیل هستند. وضعیت حاد تخریب این سازند نقاط تخریب‌یافته جنگلی جنوب و جنوب شرقی شهرستان کرمانشاه (منطقه بوژان به سمت استان‌های ایلام و لرستان) است که با رنگ سبز زیتونی به شکل تپه‌های مدور نمایان است. در این منطقه تغییر کاربری مفرط جنگل به همراه زغال‌گیری و جاده‌سازی نامناسب، موجب شده که لایه قابل انحلال و ضخیم رس و سیلت در معرض فرسایش شدید قرار گیرد، به‌طوری که با رخداد هر بارش مؤثر^۱ فرسایش بین‌شیاری، شیاری، انحلال و زمین‌لغزش رخ می‌دهد و آثار رسوبات جدید در آبراهه‌ها، پل‌ها، جاده و کناره رودخانه با رنگ سبز زیتونی قابل مشاهده است.

در روستای چنار^۲ (منطقه بوژان) پس از بارش، رسوبات سبزرنگ به موازات شیاریهای شخم وارد مزارع کم‌شیب، سیستم زهکشی و راه‌های اطراف می‌شود و فرسایش‌های تونلی، شیاری و لغزش‌های جانبی نیز موجب تشکیل رخساره بدلند شده است. شاید بتوان گفت که روند تخریب جنگل در کمتر منطقه‌ای قابل مشاهده باشد. به همین دلیل به عنوان یکی از سرشاخه‌های بالادست حوزه کرخه، نقش کلیدی در رخداد سیل و رسوب و خسارات روبه گسترش آن در استان‌های لرستان (پلدختر) و خوزستان دارد. این تخریب به‌شکلی حیرت‌آور و به‌دور از هر نوع مدیریت و پایشی ادامه دارد (شکل ۶).

سازند پابده: تناوب زیاد لایه‌های آهکی و شیلی موجب کنترل فرسایش در این سازند شده است که شدت آن بستگی به شرایط محلی از جمله جهت لایه‌های چین‌خورده دارد. در مواردی که جهت لایه‌ها در جهت شیب دامنه است، فرسایش لایه سست شدیدتر است و فرسایش شیاری عمیق روی دامنه مشاهده می‌شود که با تخریب پوشش گیاهی تشدید شده است. این موضوع بیانگر نقش پوشش گیاهی از جمله درختان جنگلی منطقه در تثبیت این سازند است؛ بنابراین تغییر کاربری اراضی در این مناطق نقش اصلی در تشدید فرسایش و رسوب این سازند دارد.



شکل ۶. توالی تخریب سازند آغاچاری از بالا تا پایین یک دامنه کم‌شیب: الف: تغییر کاربری و حذف پوشش گیاهی؛ ب: تشکیل تونل؛ ج: فرسایش خندقی؛ د: خندق فعال و عمیق؛ و: رسوبات پس از بارش؛ ی: پس‌روی و فرسایش لایه مارنی در زیر لایه ماسه‌سنگی در آبراهه اصلی

۱- منظور بارشی است که منجر به ایجاد رواناب شود.

سازند تله‌زنگ: تیپ اصلی فیزیوگرافی این سازند تپه‌ماهوری است که با جهت شمال غرب - جنوب شرق رخساره‌های متفاوتی برحسب چین‌خوردگی محلی، پوشش گیاهی و کاربری اراضی دارد. در نقاطی که درختان جنگلی تضعیف و تنک شده‌اند، لایه سطحی با خاک کم‌عمق نسبت به لغزش حساس شده و پس از بارش‌های شدید از دامنه جدا می‌شود. این گونه مواد منشأ اصلی رسوبات به‌شکل بار معلق هستند و در گل‌آلودگی منابع آب و سیل‌خیزی و خسارات به مزارع و جاده‌ها نقش اساسی دارد.

سازند کشکان: لایه‌های سطحی آهکی و کنگلومرا حساس به هوازدگی (تناوب یخبندان و ذوب) است و به‌سادگی به‌وسیله باران، تردد دام، نیروی جاذبه و حتی باد (مواد ریزدانه آن) جابه‌جا می‌شود. در چنین شرایطی افزون بر منشأ رسوب، پتانسیل تشکیل کانون‌های محلی گرد و غبار نیز دارد. به‌طور کلی این سازند بخش وسیعی از اراضی تپه‌ماهوری (به‌طور عمده جنگلی یا تبدیل‌شده به اراضی دیم) واقع در جنوب شرقی استان کرمانشاه را دربر دارد که همچون سازند امیران فرسایش شدید بین‌شیاری، شیاری، انحلال و لغزش مهم‌ترین مشخصات آن است.

سازند گچساران: توپوگرافی سازند گچساران تپه‌ماهوری مدور و کم‌ارتفاع است و کاربری عمده آن، مرتع قشلاقی است؛ همچنین نقاط دارای خاک عمیق آن نیز کاربری کشاورزی دارد. مجموعه چرای مفرط، برداشت نامناسب خاک در محدوده معادن و تغییر کاربری به دیم‌زار، از عوامل تخریب این سازند هستند.

سازند آغاجاری: گستره اصلی فرسایش خندقی منطقه قصرشیرین روی این سازند که به‌دلیل ساختار کانی‌شناسی و خاک‌شناسی، پتانسیل زیاد انحلال و پیامدهای متعدد ناشی از آن، از جمله رسوب‌زایی و سیل‌خیزی را دارد. شکل غالب فرسایش آن خندقی است (جدول ۵).

جدول ۵. کاربری غالب، اشکال فرسایش، عوامل تخریب سازندهای مارنی و پیامدهای آن در استان کرمانشاه

سازند	کاربری غالب	عوامل تخریب	اشکال فرسایش	مهم‌ترین پیامدهای برون‌حوزه‌ای*
آغاجاری	مرتع قشلاقی	تغییر کاربری و چرای بی‌رویه	خندقی فعال	بیابان‌زایی (رستمی و همکاران، ۲۰۱۹)، تشکیل کانون ریزگرد/ انتشار کربن خاک (شهبازی ^۱ و همکاران، ۲۰۱۷)
	کشاورزی	شخم و آبیاری نامناسب	تونلی و خندقی شدید	
میشان	مرتع/باغ	چرای بی‌رویه	خندقی	رسوب‌زایی
گچساران	مرتع	چرای بی‌رویه/ برداشت نامناسب معدن گچ	شیاری/ خندقی	رسوب‌زایی و کاهش منابع آب
	کشاورزی	شخم و آبیاری نامناسب	خندقی شدید	
کشکان	جنگل	تغییر کاربری و تخریب مفرط جنگل	تونلی و لغزش	رسوب، سیل، گل‌آلودگی، کاهش منابع آب و انتشار کربن آلی خاک (حشمتی و قیطوری، ۱۳۹۷)
	مرتع	تغییر کاربری و چرای مفرط	تونلی و لغزش	
	دیم‌زار	شخم غیر اصولی (در جهت شیب)	تونلی، شیاری و خندقی	
	کشاورزی (آبی)	شخم و آبیاری نامناسب	خندقی	
تله‌زنگ	مرتع/جنگل	تغییر کاربری و تخریب مفرط جنگل	بین‌شیاری و شیاری	سیل، رسوب و انتشار کربن (تخریب جنگل)
	دیم‌زار	شخم غیر اصولی (در جهت شیب)	شیاری/ خندقی	

ادامهٔ جدول ۵. کاربری غالب، اشکال فرسایش، عوامل تخریب سازندهای مارنی و پیامدهای آن در استان کرمانشاه

سازند	کاربری غالب	عوامل تخریب	اشکال فرسایش	مهم‌ترین پیامدهای برون حوزه‌ای*
پابده	مرتع	تغییر کاربری و چرای مفرط	شیاری/ لغزش محدود	رسوب و انتشار کربن (تخریب جنگل) (رستمی و همکاران، ۲۰۱۹)
امیران	جنگل/ مرتع دیم‌زار	تغییر کاربری و تخریب مفرط جنگل شخم غیر اصولی (در جهت شیب)	تونلی و بدلند تونلی و شیاری شدید خندقی	رسوب، سیل، گل‌آلودگی، انتشار کربن آلی خاک و کاهش منابع آب (نصیری و همکاران، ۲۰۱۳)
گوربی	جنگل/ مرتع دیم‌زار	تغییر کاربری و تخریب جنگل شخم غیر اصولی (در جهت شیب)	بین‌شیاری و واریزه بین‌شیاری و شیاری	رسوب

* براساس شواهد میدانی، بررسی پژوهش‌های انجام‌یافته و روند فعلی تخریب

بحث

به‌طور کلی نتایج پژوهش نشان داد که غالب سازندهای مارنی استان کرمانشاه در بخش‌های بالادست و میانی حوضه‌های آبخیز رخنمون بیشتری دارند. بررسی‌های میدانی نشان داد که غالب رخساره‌های این سازندها در استان کرمانشاه شامل مارن، شیل و ماسه‌سنگ با درون‌لایه‌های نازک تا متوسط ماسه است. در سازند امیران درون‌لایه به‌همراه آثار فسیل‌هایی از نوع نرم‌تنان است که به‌راحتی با دست شکسته می‌شود؛ که به محیط رسوبی نهشته‌های مخروطی زیردریایی ژرف نسبت داده می‌شود (نصیری و همکاران، ۲۰۱۳). براساس مطالعات محسنی و همکاران (۱۳۹۳)، سازند پابده در گیلان غرب با ضخامت ۴۶۵ متر شامل لایه‌های شیلی تیره‌رنگ دارای مادهٔ آلی است که در محیط رسوبی حاشیهٔ قاره‌ای تا ژرف انباشته شده است؛ و به همین دلیل نسبت به عوامل تخریب و تغییر کاربری اراضی حساس است.

جنس سازند کشکان مارن قرمزرنج با تناوبی از آهک، ماسه‌سنگ و کنگلومرا و میان‌لایه‌هایی از قطعات رادیولاریتی و ولکانیکی است. مشاهدات میدانی همچنین نشان داد که در نقاط با تخریب پوشش گیاهی و دچار فرسایش و زمین‌لغزش، سیمان سست کنگلومرا به‌راحتی بر اثر یخبندان تخریب یافته و قطعات کنگلومرا روی دامنه، واریزه‌های موضعی تشکیل داده‌اند. تبدیل جنگل به دیم‌زار در این منطقه موجب کاهش معنی‌دار مادهٔ آلی، رطوبت خاک و پایداری آن درمقابل انحلال شده است (حشمتی و همکاران، ۱۳۹۶؛ نائل و همکاران، ۲۰۰۴). در مناطقی از شمال اسلام‌آباد غرب از جمله جنگل‌های منطقهٔ گهواره و سیاه‌خور، نهشته‌های سازند تله‌زنگ (پادگانه‌های آبرفتی با شیب ملایم و کاربری کشاورزی) نیز مستعد فرسایش خندقی هستند و کاهش مادهٔ آلی خاک و شخم نامناسب این روند را تشدید کرده است (قیطوری^۱ و همکاران، ۲۰۱۹؛ حشمتی و همکاران، ۲۰۱۲). در نقاطی که پوشش جنگلی کاملاً تخریب‌شده، لغزش چهرهٔ غالب است و سطح برجا مانده پس از لغزش (براساس رنگ و بافت)، دو لایهٔ متفاوت زیر را از هم مجزا کرده است:

- لایهٔ رسی زیرین با بافت سنگین و رنگ قرمز تیره.

- لایهٔ لغزش‌یافتهٔ سطحی با رنگ روشن و متشکل از ماسه‌سنگ، آهک و ذرات سیلت و شن (شکل ۶).

پیامدهای ناشی از تخریب سیمای ژئومورفولوژیکی سازندهای مارنی منطقهٔ زاگرس، به‌ویژه در استان‌های

کرمانشاه، ایلام و لرستان سیل، رسوب، بهروردگی و گل‌آلودگی منابع آب است که به پایین‌دست حوزه‌های آبخیز منتقل می‌شود که نمونه بارز آن سیل چند سال اخیر با تحمیل خسارت‌های جانی، مالی و زیست‌محیطی غیر قابل جبران است (حشمتی و قیطوری، ۱۳۹۷). این روند موجب تشدید پدیده خشکیدگی جنگل‌های زاگرس نیز شده است (سکوتی و همکاران، ۲۰۰۹)؛ همچنین رس و سیلت خاک و لایه سطحی غالب این سازندها بیش از ۸۰٪ است (کمالی و همکاران، ۱۳۹۹). کانی غالب آن‌ها نیز از نوع آماس‌پذیر و حساس به انحلال، لغزش و فرسایش خندقی است (اولیایی^۱ و همکاران، ۲۰۰۶) که با جذب آب تا ۳۰٪ افزایش حجم پیدا کرده و به همین دلیل نقش کلیدی در خزش، لغزش و نیز پدیده واگرایی به‌عنوان اولین مرحله فرسایش‌های تونلی و خندقی دارند (واعظی و همکاران، ۱۳۹۲؛ لوتنر و سراتو، ۲۰۰۱). مسئله مهم دیگر، شرایط توپوگرافی و کاربری این سازندهاست. براساس نتایج نوشتار پیش رو شیب غالب بیشتر این سازندها (به‌جز آغاجاری) ۱۵٪ تا ۲۰٪ با کاربری غالب جنگل و مرتع است که متأسفانه دست‌خوش تغییر کاربری گسترده و حذف پوشش گیاهی شده‌اند که با روندی تشدید یافته دارد. دلیل اصلی این موضوع عدم نظارت کافی، لابی‌گری و سوء استفاده از قانون بهره‌وری اراضی است (قیطوری و همکاران، ۲۰۱۹؛ کمالی و همکاران، ۱۳۹۹).

سازندهای مارنی در این مناطق شامل مارن، ماسه‌سنگ، چرت و شیل با درون‌لایه‌هایی از سنگ‌های آهکی و کنگلومرا هستند (کریمی‌باوندپور و همکاران، ۱۳۷۸). در بیشتر نقاط کم‌شیب که پوشش گیاهی تخریب شده، پدیده انحلال موجب فعال‌شدن فرسایش خندقی شده است و لایه ماسه‌سنگی به‌شکل عوارض کمابیش برجسته و فرسوده با تشکیل واریزه‌های محدود پراکنش دارند (فیض‌نیا و همکاران، ۱۳۸۶).

براساس نتایج پژوهش فیض‌نیا و همکاران (۱۳۸۶)، مونت‌موریلینیت (اسمکتیت^۲) کانی غالب این سازند است؛ همچنین مجموع سیلت و رس خاک و لایه سطحی آن ۸۴٪ است (شه‌بازی و همکاران، ۲۰۱۷). بررسی‌های میدانی نشان داد که هردو لایه ماسه‌سنگ و مارنی سازند آغاجاری رخنمون دارند، اما رخنمون لایه مارنی بیشتر است. در مواردی لایه ماسه‌سنگی سطح بالایی تپه‌های منفردی را تشکیل داده و واریزه‌های بلوکی محدود در پای آن شکل گرفته است. چنین رخساره‌هایی بیانگر عمق فرسایش در طول زمان است. در مواردی که لایه ماسه‌سنگی در کف آبراهه و خندق‌ها وجود دارند، تعریض و لغزش‌های جانبی را سبب شده است.

در این منطقه سیمای ژئومورفولوژیک سازندهای مارنی به‌دلیل اجرای پروژه سامانه کشاورزی گرمسیری، چرای مفرط و زودرس دام و بهره‌برداری از معادن گچ، دست‌خوش تغییرات قابل توجهی شده است. تغییر کاربری گسترده این مناطق افزون بر فرسایش، رسوب و سیل، به‌طور بالقوه کانون ریزگرد است که با توجه به جهت وزش باد غالب منطقه (از شرق به غرب)، می‌تواند بخش‌هایی از استان‌های کرمانشاه، لرستان، همدان و مرکزی را تحت تأثیر قرار دهد. دلیل این امر درصد زیاد رس و سیلت سازند آغاجاری با مساحت زیاد آن است که با حذف پوشش دائمی مرتعی تشدید خواهد شد. مطالعات حقگو و همکاران (۱۳۹۶)، نشان داد که این منطقه در معرض بیابان‌زایی است. در این منطقه با تغییر مرتع متوسط به مرتع ضعیف، آستانه‌های فرسایش خندقی به‌طور قابل توجهی کاهش یافته است (شه‌بازی و همکاران، ۲۰۱۷)؛ بنابراین تغییر کاربری و حذف پوشش گیاهی سازندهای مارنی منطقه زاگرس منجر به تغییر سیمای ژئومورفولوژیک آن‌ها از راه فرسایش‌های انحلالی، خندقی و زمین‌لغزش می‌شود که پیامدهای آن ممکن است به اشکال مختلف از جمله رسوب، سیل، بیابان‌زایی و وقوع ریزگردها باشد.

1- Owliaie

2- smectite

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که رخنمون هشت سازند گورپی، امیران، پابده، تله‌زنگ، کشکان، گچساران، میشان و آغاچاری با مساحت حدود ۶۰۳ هزار هکتار نزدیک به ۲۵٪ مساحت استان کرمانشاه را دربر دارند. توپوگرافی این سازندها (به‌جز آغاچاری) تپه‌ماهوری با شیب غالب ۱۵٪ تا ۲۰٪ است و کاربری آن‌ها نیز جنگل و مرتع است و به همین دلیل در معرض تغییر کاربری گسترده همراه با شخم در جهت شیب قرار دارند. سازندهای مارنی تبخیری (آغاچاری و گچساران) به دلیل داشتن گندهای نمکی (در خوزستان) و لایه‌های گچی نسبت به عوامل تخریب آسیب‌پذیرتر بوده و نقش بیشتری در آلودگی منابع آب و وقوع پدیده گرد و غبار خواهند داشت. به‌طور کلی مساحت سازندهای مارنی در استان کرمانشاه قابل توجه بوده که ادامه آن‌ها در منطقه زاگرس از جمله استان‌های لرستان، ایلام و خوزستان نیز زیاد است. عامل تخریب این سازندها تغییر کاربری اراضی به‌ویژه تبدیل جنگل‌ها و مراتع به دیم‌زارها است که به شکل‌های مختلف فرسایش از جمله انحلالی، شیاری، خندقی و زمین‌لغزش است. براساس نتایج بررسی‌های میدانی، در مناطقی که پوشش گیاهی اراضی مارنی کاهش زیادی داشته یا از بین رفته، انحلال موجب فرسایش خندقی و زمین‌لغزش شده است و رواناب به راحتی رسوبات ریزدانه رس و سیلت را وارد سیستم زهکشی می‌کند. نتیجه این روند افزون بر رسوب، تشدید سیل، کم‌آبی و سایر پیامدها است که عامل محدودکننده مدیریت چنین بحران‌هایی در منطقه زاگرس است. در صورت ادامه روند فعلی، پهنه وسیع زاگرس در معرض پیامدهای بیابانی با کمبود شدید منابع آب و کانون ریزگرد سوق می‌دهد که مهاجرت، بیکاری و فقر حاصل از آن یک ابر چالش را رقم می‌زند.

سپاسگزاری

این پروژه تحقیقاتی (با شماره مصوب ۹۷۰۱۵۵-۰۵-۲۹-۵۵-۲۴) به وسیله اداره کل منابع طبیعی استان کرمانشاه تأمین شد و به تصویب پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری قرار گرفت که بدین وسیله از همکاری آن‌ها سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- ابراهیم‌زاده، سجاد؛ بذرافشان، جواد؛ قربانی، خلیل (۱۳۹۲). مطالعه تطبیقی شاخص‌های خشکسالی مبتنی بر داده‌های ماهواره‌ای و زمینی با استفاده از تکنیک تحلیل بردار تغییر (مطالعه موردی: استان کرمانشاه). *نشریه آب و خاک*، ۲۷ (۵)، ۱۰۳۴-۱۰۴۵.
- پرویزی، یحیی؛ قیطوری، محمد؛ حشمتی، مسیب (۱۳۹۳). قابلیت زیرمدل دامنه WEPP در پیش‌بینی دینامیک رواناب و فرسایش خاک در چند تیپ مرتعی نیمه‌خشک. *مرتع و آبخیزداری*، ۶۷ (۴)، ۵۰۱-۵۱۳.
- حشمتی، مسیب؛ قیطوری، محمد؛ شیخووسی، مراد؛ عربخدری، محمود؛ حسینی، مجید (۱۳۹۶). مقابله با خشکیدگی جنگل‌های زاگرس با رویکردهای جمع‌آوری آب باران و حفظ رطوبت خاک به منظور مدیریت پیامدهای محیط زیستی آن. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۶ (۳)، ۱۲۵-۱۴۱.
- حشمتی، مسیب؛ قیطوری، محمد (۱۳۹۷). تغییر کاربری اراضی؛ پاشنه آشیل مدیریت بحران‌های زیست محیطی، عوامل و پیامدها. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱ (۱)، ۸۹-۱۰۵.
- حقگو، کامران؛ رستمی، نورالدین؛ حشمتی، مسیب؛ فرامرز، مرزبان (۱۳۹۶). بررسی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی (مطالعه موردی: دشت گندمیان، قصرشیرین). *جغرافیا و پایداری محیط*، ۷ (۱)، ۳۳-۲۱.

- درویش‌زاده، علی (۱۳۷۰). زمین‌شناسی ایران. لاهور: نشر دانش.
- ذوالفقاری، حسن (۱۳۸۴). بررسی فصول طبیعی در استان کرمانشاه. *تحقیقات جغرافیایی*، ۲۰ (۱)، ۹۰-۱۰۶.
- زارعی سهامیه، رضا؛ یوسفی یگانه، بیژن؛ زمانیان، حسن؛ معظمی گودرزی، فروغ (۱۳۹۰). مطالعه محیط رسوبی و زمین‌شیمی ماسه‌سنگ‌های سازند کشکان. *زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته*، ۱ (۱)، ۴۸-۶۲.
- فیض‌نیا، سادات؛ حشمتی، مسیب؛ احمدی، حسن؛ قدوسی، جمال (۱۳۸۶). بررسی فرسایش آبکندی سازند مارنی آغاچاری در منطقه قصرشیرین. *پژوهش سازندگی در منابع طبیعی*، ۲۰ (۱)، ۳۲-۴۰.
- قبادی، محمد حسین؛ رفیعی، بهروز؛ حیدری، مجتبی؛ موسوی، ساجدالدین؛ اسفندیاری، موسی (۱۳۹۳). ژئوشیمی و خاستگاه ماسه‌سنگ‌های سازند آغاچاری در استان خوزستان. *رسوب‌شناسی کاربردی*، ۲ (۳)، ۴۸-۶۱.
- کرم، امیر؛ رنجبر، محسن؛ افتخاری، سید مروت؛ یعقوب‌نژاد اصل، نازیلا (۱۳۹۲). طبقه‌بندی واحدهای مورفوکلیماتیک استان کرمانشاه. *جغرافیا*، ۱۱ (۳۹)، ۲۳۴-۲۵۵.
- کریمی‌باوندپور، علیرضا؛ حاجی‌حسینی، ابوالفضل؛ سهندی، محمدرضا (۱۳۷۸). نقشه زمین‌شناسی کرمانشاه: سری ۵۴۵۸: ۱:۱۰۰۰۰۰. تهران: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- کمالی، کورش؛ زهتابیان، غلامرضا؛ مصباح‌زاده، طیب؛ آرخالو، حسین شهاب؛ عربخدری، محمود؛ مقدم‌نیا، علیرضا (۱۳۹۹). ارزیابی شاخص‌های پایداری خاک در مناطق بیابانی (مطالعه موردی: عرصه‌های مرتعی و کشاورزی شهرستان سمنان). *مرتع و آبخیزداری*، ۷۳ (۱)، ۱۸۳-۱۹۸.
- محسنی، حسن؛ طولابی، مجید؛ یوسفی یگانه، بیژن؛ خدابخش، سعید (۱۳۹۳). ارزیابی ژئوشیمی آلی سازند امیران در برش تاکدیس امیران (جنوب باختر لرستان). *رسوب‌شناسی کاربردی*، ۲ (۴)، ۷۵-۸۹.
- مطیعی، همایون (۱۳۷۲). *چینه‌شناسی زاگرس*. تهران: سازمان زمین‌شناسی کشور.
- نعمتی پیکانی، مصطفی؛ جلیلیان، نسترن (۱۳۹۱). گیاهان دارویی استان کرمانشاه. *تاکسونومی و بیوسیستماتیک*، ۴ (۱۱)، ۶۹-۷۸.
- واعظی، علی‌رضا؛ حسن‌زاده، حیدر؛ محمدی، محمدحسین (۱۳۹۲). تغییرات رواناب در ابعاد کرت در نمونه‌های خاک با بافت مختلف تحت رخدادهای یکسان باران شبیه‌سازی شده. *تحقیقات آب‌و خاک ایران*، ۴۴ (۳)، ۲۴۳-۲۵۳.
- واعظی، علی‌رضا؛ فرومدی، مجید (۱۳۹۷). تغییرات شاخص‌های جریان و فرسایش‌پذیری شیاری تحت تأثیر شدت باران در خاک مارنی. *مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، ۱۲ (۴۰)، ۱۱-۲۲.

References

- Bernatek-Jakiel, A. & Poesen, J. (2018). Subsurface erosion by soil piping: Significance and research needs. *Earth-Science Reviews*, 185, 1107-1128.
- Blanco, H. & Lal, R. (2008). *Principles of soil conservation and management* (Vol. 167169). New York: Springer.
- Borchardt, G. (1989). Smectites. *Minerals in soil environments*, 1, 675-727.
- Darvishzadeh, A. (1991). *Iran geology*. Lahore: Nashre-Danesh Publishing Company (In Persian).
- Ebrahimzadeh, S., Bazrafshan, J. & Ghorbani, Kh. (2013). Comparative Study Between Satellite and Ground-based Drought Indices Using Change Vector Analysis Technique (Case Study of Kermanshah Province). *Journal of Water and Soil*, 27 (5), 1034-1045 (In Persian).
- Feiznia, S., Heshmati, M., Ahmadi, H. & Ghodosi, J. (2008). Investigation of gully erosion in Marly Agha-Jari formation in Zagross (Case study: Ghasre-Shirin, Kermanshah). *Iranian Academic J. Pajouhesh and Sazandegi*, 20 (1), 32-40 (In Persian).
- Gheitury, M., Heshmati, M. & Ahmadi, M. (2019). Longterm Land use Change Detection in Mahidasht Watershed, Iran. *Ecopersia*, 7 (3), 141-148.
- Ghobadi, M.H, Rafiei, B., Heydari, M., Mousavi, S. & Sfandiari, M. (2014). The geochemistry and provenance of Aghajari sandstones in Khouzestan province. *Applied Sedimentology*, 2 (3), 48-61 (In persian).

- Haghighow, K., Rostami, N., Heshmati, M. & Faramarzi, M. (2017). Investigation of Desertification Potential Using IMDPA Model (Case Study: The Gandomban Plain, Qasr-e-Shirin). *Geography and Sustainability of Environment*, 7 (1), 21-33 (In Persian).
- Heshmati, M. & Geitouri, M. (2018). Land-use Change; Achilles heel to Overcoming the Environmental Crisis, Process and Impacts. *Geography and Sustainability of Environment*, 8 (1), 89-105 (In Persian).
- Heshmati, M., Arifin, A., Shamshuddin, J. & Majid, N. M. (2012). Predicting N, P, K and organic carbon depletion in soils using MPSIAC model at the Merek catchment, Iran. *Geoderma*, 175, 64-77.
- Heshmati, M., Gheitouri, M., Parvizi, Y. & Hosini, M. (2015). Effect of converting forest to rainfed lands on spatial variability of soil chemical properties in the Zagros forest, western Iran. *Ecopersia*, 3 (4), 1161-1174.
- Heshmati, M., Gheitouri, M., Sheikhvaisy, M., Arabkhedri, M. & Hosini, M. (2017). Combating the Forest Mortality Crises in Zagros Regions, Iran through Adaptive Approaches Solutions. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 6 (3), 125-141(In Persian).
- James, G. A. & Wynd, J. G. (1965). Stratigraphic nomenclature of Iranian oil consortium agreement area. *AAPG bulletin*, 49 (12), 2182-2245.
- Kamali, K., Zehtabian, G., Mesbahzadeh, T., Arkhazloo, H. S., Arabkhedri, M. & Moghaddamnia, M. (2020). Evaluation of the Soil Sustainability Indices in Desert Areas (Case study: Rangeland and Agriculture fields of Semnan). *Range and Watershed Management*, 73 (1), 183-198 (In Persian).
- Karam, A., Ranjbar, M., Eftekhari, M. & Yaghoob Nejad, N. (2014). Classification of Morph climatic Zones of Kermanshah Province Using Cluster Analysis Method. *Geography*, 11 (39), 234-255 (In Persian).
- Karimi-Bavandpoor, A., Hajihosaini, A. & Shahandi, M. (1999). *Geological Map of Kermanshah: 1:100,000 Series: 5458*. Tehran: Geological Survey of Iran Publisher (In Persian).
- Karlen, D. L., Tomer, M. D., Neppel, J. & Cambardella, C. A. (2008). A preliminary watershed scale soil quality assessment in north central Iowa, USA. *Soil and Tillage Research*, 99 (2), 291-299.
- Kosmas, C., Tsara, M., Moustakas, N., Kosma, D. & Yassoglou, N. (2006). Environmentally sensitive areas and indicators of desertification. In *Desertification in the Mediterranean Region. A Security Issue*, (pp. 525-547). Springer, Dordrecht.
- Lutenegger, A. J. & Cerato, A. B. (2001). Surface area and engineering properties of fine-grained soils. In: *Proceedings of the Fifteenth International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Istanbul, Turkey, 27-31 August 2001. Volumes 1-3* (pp. 603-606). AA Balkema.
- Miall, A. D. & Postma, G. (1997). The geology of fluvial deposits, sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology. *Sedimentary Geology*, 110 (1), 149.
- Mohseni, H., Toulabi, M., Yosefi Yeganeh, B., Khodabakhsh, S. (2014). Organic geochemistry of the Amiran Formation in the Amiran anticline, SW of Lorestan. *Applied Sedimentology*, 2 (4), 75-89 (In Persian).
- Muttee, H. (1993). *Zagros Stratigraphy (1)*, In: E. Hoshmandzadeh, (Eds.), Tehran: Geology of Iran, Geological Survey of Iran (In Persian).
- Nael, M., Khademi, H. & Hajabbasi, M. A. (2004). Response of soil quality indicators and their spatial variability to land degradation in central Iran. *Applied soil ecology*, 27(3), 221-232.
- Nasiri, Y., Mahboubi, A., Moussavi-Harami, S. R. & Yousefi, B. (2013). Cyclic Sedimentation of the Amiran Formation for Subsurface Characterization in the Zagros fold-thrust belt (Application of Markov Chain Method in depositional sequences interpretation). *Journal of Tethys*, 1 (2), 113-127.
- Nemati Paykani, M. & Jalilian, N. (2013). Medicinal plants of Kermanshah province. *Taxonomy and Biosystematics*, 4 (11), 69-78 (In Persian).
- Owliaie, H. R., Abtahi, A. & Heck, R. J. (2006). Pedogenesis and clay mineralogical investigation of soils formed on gypsiferous and calcareous materials, on a transect, southwestern

- Iran. *Geoderma*, 134 (1-2), 62-81.
- Parvizi, Y., Gheitury, M. & Heshmati, M. (2015). Capability of hillslope version of WEPP model in prediction of runoff and soil erosion dynamic in different type of semi-arid rangeland. *Journal of Range and Watershed Management*, 67 (4), 501-513 (In Persian).
- Parvizi, Y., Heshmati, M. & Gheituri, M. (2017). Intelligent approaches to analysing the importance of land use management in soil carbon stock in a semiarid ecosystem, west of Iran. *Ecopersia*, 5 (1), 1699-1709.
- Rostami, F., Feiznia, S., Aleali, M., Heshmati, M. & Yousefi Yegane, B. (2019). Erodibility and sedimentation potential of marly formations at the watershed scale. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 5 (3), 383-398.
- Rust, B. R. (1978). *Depositional models for braided alluvium*. In: A. D. Miall, (Ed.), *Fluvial sedimentology*. Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir, 5, 605-626.
- Shahbazi, K., Salajagheh, A., Jafari, M., Ahmadi, H., Nazarisamani, A. & Khosrowshahi, M. (2017). Comparative Assessment of Gully Erosion and Sediment Yield in Different Rangelands and Agricultural Areas in Ghasr-e-Shirin, Kermanshah, Iran. *Journal of Rangeland Science*, 7 (3), 296-306.
- Sokouti, R., Mahdian, M. H. & Farshad, A. (2009). The effects of physical and chemical properties of marl derived soils on the erosion forms and rates. In: *Goldschmidt Conference Abstracts. A* (Vol. 1246).
- Vaezi, A. R. & Foroumadi, M. (2018). Flow characteristics and rill erodibility in relation to the rainfall intensity in a marl soil. *Iranian Journal of Watershed Management Science and Engineering*, 12 (40), 11-22 (in Persian).
- Vaezi, A. R., Hasanzadeh, H. & Mohammadi, M. H. (2013). Runoff variations in the soil textures samples in the plot scale under the same rainfall events. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 44 (3), 243-253 (in Persian).
- Wani, P. P. & Sudi, R. (2006). Gully control in SAT watershed. *International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics*, 2 (1), 28.
- Wright, V. P. (2007). Calcrete. *Geochemical sediments and landscapes*, 10-45.
- Zarei Sahmie, R., Yousefi Yeganeh, B., Zamanian, H. & Moazmi Godarzi, F. (2012). Study of sedimentary environment and geochemistry of Kashkan formation. *Advanced Applied Geology*, 1 (1), 48-62 (In Persian).
- Zolfaghari, H. (2006). Study of natural seasons in Kermanshah province. *Geographical Researches*, 20 (1), 90-106 (In Persian).



The Role of Biological Windbreak in the Creation of Microclimate in Arid Areas of Dehloran, Ilam

Marzieh Mirhasani¹, Noredin Rostami^{2*}, Masoud Bazgir³, Mohsen Tavakoli²

¹ M.Sc. of Combat Desertification, Forest, Range and Watershed Management Organization, Ilam, Iran

² Department of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

³ Department of Water and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 4 February 2021

Accepted 27 March 2020

Available online 27 March 2020

Keywords:

ENVI-met, Biological Windbreak, Dehloran, Wind Erosion Threshold, Macroclimate.

Citation: Mirhasani, M., Rostami, N., Bazgir, M. Tavakoli, M. (2021). The Role of Biological Windbreak in the Creation of Microclimate in Arid Areas of Dehloran, Ilam. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (4), 73-90.
doi: [10.22126/GES.2021.6142.2351](https://doi.org/10.22126/GES.2021.6142.2351)

ABSTRACT

In this study, the ENVI-met Headquarter model was used to design a biological windbreak to control wind erosion, and wind tunnel was used to determine the wind erosion threshold. In order to determine the wind erosion threshold, soil samples were transferred to laboratory and exposed to dry air and transferred to wind tunnel. Then, the wind erosion threshold velocity was measured by adjusting the wind flow velocity and using an anemometer. The data required for simulation with Envi-met model include geographical location of the region, soil texture, average minimum and maximum temperature, average minimum and maximum relative humidity, average maximum wind speed and wind direction. Based on the simulation results, both designed windbreak for the *Prosopis juliflora* and *Haloxylon aphyllum* species can create microclimate in region. The wind speed decreased to the wind erosion threshold in the *Haloxylon aphyllum* species windbreak and less than that in the *Prosopis juliflora* species windbreak. In general, in the *Prosopis juliflora* species windbreak temperature in the first and last row of the windbreak was 36.12 and 34.78°C, respectively. Besides, the lowest relative humidity in the first row was 28.52% and reached to 33.11% in the distance of 8h to 10h behind the first row. On the contrary, inside the *Haloxylon aphyllum* species windbreak, the temperature in the first row was 34.67°C and in the last row was up to about 35.21°C. Moreover, the highest relative humidity in the first and last row was 33.28% and 31%, respectively. Therefore, the designed windbreak for the *Prosopis juliflora* species can protect the more distance behind the initial windbreak, reduce the wind speed to a longer extent from the initial windbreak, more effectively affect the microclimate of the area, and modify it. Thus, it is recommended as a suitable windbreak for the study area.



نقش بادشکن بیولوژیک در ایجاد میکرواقلیم در مناطق بیابانی دهلران، ایلام

مرضیه میرحسینی^۱، نورالدین رستمی^{۲*}، مسعود بازگیر^۳، محسن توکلی^۴

^۱ کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری، ایلام، ایران

^۲ گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

^۳ گروه خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

چکیده

مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۱۶ بهمن ۱۳۹۹

پذیرش ۷ فروردین ۱۴۰۰

دسترسی آنلاین ۷ فروردین ۱۴۰۰

کلیدواژه‌ها:

انوی مت، بادشکن بیولوژیک، دهلران، سرعت آستانه فرسایش بادی، میکرواقلیم.

استناد: میرحسینی، مرضیه؛ رستمی، نورالدین؛ بازگیر، مسعود؛ توکلی، محسن (۱۳۹۹). نقش بادشکن بیولوژیک در ایجاد میکرواقلیم در مناطق بیابانی دهلران، ایلام. جغرافیا و پایداری محیط، ۳۷ (۴)، ۷۳-۹۰.
doi: 10.22126/GES.2021.6142.2351

در نوشتار پیش رو برای طراحی بادشکن بیولوژیک به منظور کنترل فرسایش بادی، از مدل انوی مت هذکوارتر و برای تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی از تونل باد استفاده شد. به منظور تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی، نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه در معرض هوا خشک و در تونل باد قرار داده شد؛ سپس با تنظیم سرعت جریان باد و با استفاده از دستگاه سرعت‌سنج، سرعت آستانه فرسایش بادی اندازه‌گیری شد. داده‌های مورد نیاز برای شبیه‌سازی با مدل انوی مت شامل موقعیت جغرافیایی منطقه، بافت خاک، متوسط حداقل و حداکثر دما، متوسط حداقل و حداکثر رطوبت نسبی، متوسط حداکثر سرعت باد و جهت باد است. براساس نتایج شبیه‌سازی، بادشکن‌های احداث‌شده با گونه‌های کهور پاکستانی و سیاه‌تاغ می‌توانند باعث ایجاد خرداقلیم در منطقه شوند. بدین صورت که بادشکن طراحی‌شده می‌تواند سرعت باد را تا حدود سرعت آستانه فرسایش در بادشکن سیاه‌تاغ و کمتر از آن در بادشکن کهور پاکستانی کاهش دهد. به‌طور کلی در داخل بادشکن کهور پاکستانی دمای هوا در ردیف اول بادشکن ۳۶/۱۲ درجه سانتی‌گراد و در ردیف آخر بادشکن به ۳۴/۷۸ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است؛ همچنین کمترین مقدار رطوبت نسبی در ردیف اول بادشکن، ۲۸/۵۲٪ بوده و در فاصله ۸h تا ۱۰h پشت ردیف اول بادشکن تا ۳۳/۱۱٪ افزایش یافته است. برعکس در داخل بادشکن سیاه‌تاغ دمای منطقه در ردیف اول بادشکن ۳۴/۶۷ درجه سانتی‌گراد بوده و در ردیف آخر بادشکن تا حدود ۳۵/۲۱ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. بیشترین میزان رطوبت نسبی نیز در ردیف اول بادشکن ۳۳/۲۸٪ و در آخرین ردیف بادشکن به ۳۱٪ کاهش یافته است؛ بنابراین بادشکن طراحی‌شده برای گونه کهور پاکستانی، مسافت بیشتری از اراضی پشت بادشکن را محافظت کرده، سرعت باد را تا مسافت بیشتری از بادشکن اولیه کاهش داده، به‌طور مؤثری بر میکرواقلیم منطقه تأثیر گذاشته و به‌عنوان بادشکن مناسب برای منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود.

مقدمه

فرسایش بادی که حاصل گرادیان فشار هوا و تشکیل بادهای قوی و دائمی در مناطق بیابانی به‌عنوان تغییر سریع درجه حرارت هوا است، یکی از عمده‌ترین معضلات در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌آید و در مناطقی با بارندگی کمتر از ۲۰۰ میلی‌متر اتفاق می‌افتد (صداقت، ۱۳۵۸). از طرفی مناطق خشک به‌سبب کمبود پوشش گیاهی که می‌تواند موجب کاهش جابه‌جایی هوا شود، بادخیز هستند و شرایط سخت آب‌وهوایی و کمبود آب در اثر بادهای قوی تشدید می‌شود (تخت آبنوسی^۱، ۱۹۹۴)؛ بنابراین فرسایش بادی تهدیدی برای مناظر بی‌شماری در سراسر جهان است که می‌تواند به‌طور مستقیم یا غیر مستقیم تشدید یا مهار شود (جراح^۲ و همکاران، ۲۰۲۰)؛ بنابراین با وقوع فرسایش بادی، زمین‌های منطقه بیابانی شده و خسارت‌های زیادی به‌جای می‌گذارد؛ به همین دلیل مسئله فرسایش در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت فراوانی دارد؛ زیرا جبران خاک فرسایش‌یافته به‌دلیل نامساعد بودن شرایط و شکنندگی اکوسیستم، دشوار است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۱).

مناسب‌ترین روش در کاهش سرعت باد و تثبیت ماسه‌های روان، ایجاد پوشش گیاهی روی تپه‌های ماسه‌ای است (هی^۳ و همکاران، ۱۹۹۷). پوشش گیاهی به‌طور مؤثری حرکت ماسه‌های روان را کاهش داده، بنابراین تحرکات ماسه‌ها در سطح زمین کم شده و ماسه‌زار تثبیت می‌شود. مهم‌ترین نقش پوشش گیاهی در کاهش فرسایش بادی، ایجاد ناهمواری است که سرعت و تلاطم باد در نزدیکی سطح خاک را کاهش می‌دهد (رفاهی، ۱۳۹۱: ۳۰). در این میان، گیاهی فرسایش بادی را بیشتر کنترل می‌کند که سطح پوشش زیادتری را در زمانی از سال که زمین به فرسایش حساس است، تولید کند (فرای ریر^۴، ۱۹۹۵). از میان روش‌های مبارزه با فرسایش بادی، احداث بادشکن‌های زنده و غیر زنده به‌عنوان گزینه‌های مناسب برای جلوگیری از خسارت‌های ناشی از فرسایش بادی به منابع زیستی و اقتصادی جایگاه ویژه‌ای دارند. احداث بادشکن دارای تأثیرات مثبت فراوانی بر فاکتورهای محیطی است که از جمله این مزایا می‌توان به تأثیر بادشکن بر درجه حرارت خاک، رطوبت هوا و خاک، میزان انباشتگی برف، میزان تبخیر، انباشتگی گاز کربنیک و غیره اشاره کرد (معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور، ۱۳۹۳: ۳۴؛ کوچرا^۵، ۲۰۲۰).

از مهم‌ترین ویژگی‌های مشترک بادشکن‌ها می‌توان به ارتفاع بادشکن‌ها، فاصله بین ردیف‌های بادشکن‌ها، عرض (ضخامت) بادشکن‌ها و درنهایت تراکم بادشکن‌ها اشاره کرد. ویژگی‌های یادشده در طراحی و احداث بادشکن‌ها اهمیت ویژه‌ای دارند. درواقع بادشکن باید سرعت باد را تا کمتر از سرعت آستانه فرسایش کاهش دهد. یک بادشکن وقتی نقش خود را به‌خوبی ایفا می‌کند که به‌طور صحیحی طراحی شده، به‌صورت بهینه نگهداری شود و کمترین هزینه را به‌همراه داشته باشد (رفاهی، ۱۳۹۱: ۱۵۳). بادشکن به دو صورت مستقیم (کاهش سرعت باد) و غیر مستقیم (اصلاح میکروکلیمای منطقه) بر اکرواوسیستم تأثیر گذاشته و از این راه شرایط رشد را برای گیاه فراهم می‌سازد؛ در نتیجه محصولات کشاورزی در نوار تحت پناه بادشکن از تراکم مطلوب‌تری برخوردار هستند (فوراید^۶ و همکاران، ۲۰۰۲). بادشکن با کاهش سرعت باد، باعث ایجاد چرخه آرامی از هوا در منطقه پادپناه شده و از جریان آشفته و فزاینده باد جلوگیری می‌کند. درحقیقت این منطقه (پادپناه) منطقه‌ای مثلی است که سرعت و تلاطم باد

1- Takht Abnoci

2- Jarrah

3- He

4- Fryrear

5- Kučera

6- Foereid

در این منطقه به مقدار زیادی کاهش می‌یابد (کمپی^۱ و همکاران، ۲۰۰۹). پری و بلومبر^۲ (۲۰۰۲) نیز عوامل اصلی کارایی بادشکن‌ها را ارتفاع، تخلخل، جهت، طول و چشم‌انداز منطقه معرفی می‌کنند (نقل از لامپارتووا^۳ و همکاران، ۲۰۱۵)؛ همچنین احیای بیولوژیک مناطق خشک و بیابانی با گونه‌های درختی و درختچه‌ای دارای فواید چندی از جمله تثبیت خاک، جلوگیری از فرسایش، تولید هیزم، تیر و الوار است (صفایی قهنویه و همکاران، ۱۳۸۹).

تاکنون در سایر کشورها مطالعات مختلفی درخصوص تأثیر بادشکن بر خرداقلیم منطقه انجام شده است. از جمله مدل‌سازی اثرات نوارهای بادشکن در تغییرات مربوط به خرداقلیم در یازده نقطه کشور دانمارک (فوراید و همکاران، ۲۰۰۲) نشان داد که در فاصله بیش از ۴ تا ۷ برابر ارتفاع بادشکن، خرداقلیم تعدیل و سرعت باد کاهش یافته است؛ همچنین درجه حرارت و رطوبت نسبی افزایش یافته ولی تابش خورشید کمتر شده است. افزون بر این در حاشیه بادشکن نیز خرداقلیم تعدیل شده است. در پژوهشی دیگر اثرات بادشکن درختی در میکرواقلیم و تولید گندم در یک محیط مدیترانه‌ای بررسی و واکاوی مشاهدات خرداقلیمی نشان داد که وقتی باد از جهت شمال می‌وزد، بادشکن سرعت باد را تا فاصله ۱۲/۷ برابر ارتفاع بادشکن تحت تأثیر خود قرار می‌دهد و درجه حرارت از فاصله ۴/۷ برابر ارتفاع بادشکن شروع به افزایش می‌کند (کمپی و همکاران، ۲۰۰۹). بررسی خصوصیات آئرودینامیکی بادشکن‌ها در اوکراین در طرح‌های مختلف نیز نشان داد که بادشکن‌های طراحی شده با تخلخل ۴۰٪ تا ۵۰٪ بین تنه‌ها و ۱۰٪ تا ۱۰٪ در تاج‌ها بهترین عملکرد را در منطقه دارند (یونخوفسکی^۴ و همکاران، ۲۰۲۰).

در کشور ایران نیز اگرچه بیشتر پژوهشگران مطالعه‌کننده فرسایش بادی، بر تأثیر آن در کاهش میزان فرسایش بادی اراضی تأکید دارند، خلأ پژوهش‌هایی که نسبت به ارزیابی کمی این تأثیر اقدام کرده باشد، بسیار مشهود است (اکبریان و نوحه‌گر، ۱۳۹۳)؛ از جمله مطالعات موجود در این زمینه می‌توان به بررسی تغییرات سرعت باد، دما و رطوبت به‌وسیله بادشکن درختی اکالیپتوس (جان‌محمدی و ملایی‌نیا، ۱۳۹۶ الف) و بادشکن درختی گز (جان‌محمدی و ملایی‌نیا، ۱۳۹۶ ب) و تأثیر تغییر اقلیم محلی ناشی از تاغ‌کاری بر وضعیت اکولوژیکی زمین‌های شهرستان اردستان (عامری و همکاران، ۱۳۸۹) اشاره کرد که همگی بر تأثیر مثبت این بادشکن‌ها بر شرایط منطقه تأکید داشته‌اند. با این وجود، هرچند در ایران پژوهش‌های مختلفی درخصوص بادشکن صورت گرفته، ولی کمتر به بررسی تأثیر بادشکن بر میکرواقلیم منطقه پرداخته شده و بیشتر موضوع تأثیر بادشکن بر تغییرات سرعت باد (کمالی مسکونی و همکاران، ۱۳۸۹)؛ شوری خاک (ارازی و همکاران، ۱۳۹۲)؛ عملکرد محصولات زراعی (ارازی و همکاران، ۱۳۸۹) و غیره بررسی شده است؛ بنابراین با توجه به اینکه شهرستان دهلران دارای کانون بحرانی فرسایش بادی است و همچنین به دلیل همسایگی با کشور عراق، در معرض هجوم گردوغبار قرار دارد، پژوهش حاضر به طراحی بادشکن بیولوژیک و بررسی نقش آن بر خرداقلیم منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل انوی مت هدکوارتر^۵ که یکی از مدل‌های شبیه‌سازی خرداقلیم شهری است (بروس^۶، ۲۰۰۹) می‌پردازد و امتیاز اصلی این مدل، شبیه‌سازی فعل و انفعالات اصلی جو براساس قوانین فیزیکی مانند قوانین دینامیک سیالات و ترمودینامیک است که بر خرداقلیم تأثیر می‌گذارند. ضمن اینکه براساس بررسی‌های به‌عمل آمده تاکنون از این مدل در مطالعات مربوط به عرصه‌های طبیعی و مناطق بیابانی استفاده نشده است.

1- Campi

2- Peri & Bloomber

3- Lampartová

4- Yukhnovskyi

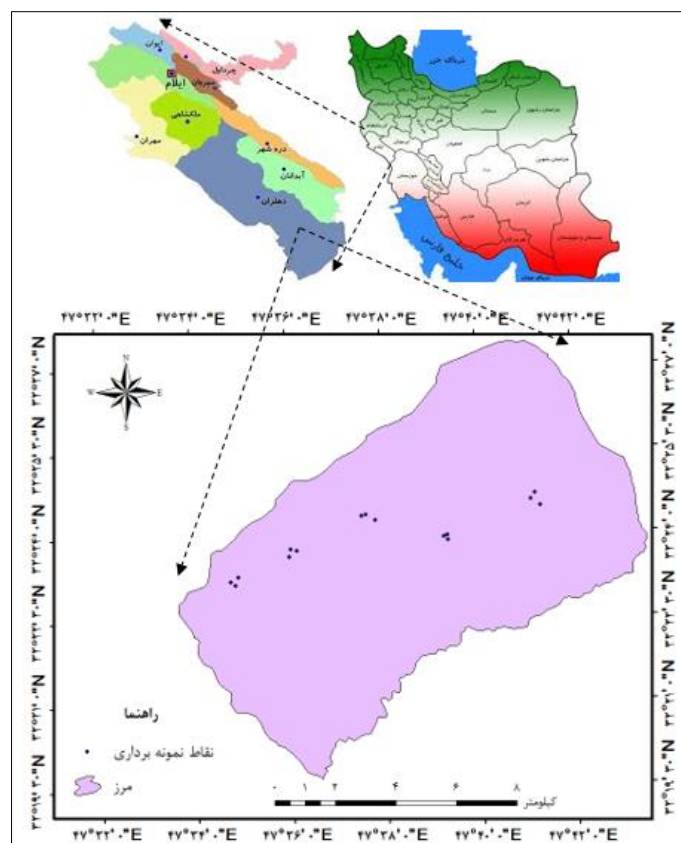
5- ENVI-met Headquarter

6- Bruse

معرفی منطقه مورد بررسی

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در حد فاصل طول جغرافیایی $39^{\circ} 33' 47''$ تا $33^{\circ} 43' 47''$ شرقی و عرض جغرافیایی $25^{\circ} 27' 32''$ تا $29^{\circ} 40' 19''$ شمالی واقع شده است (شکل ۱). بارندگی متوسط سالانه منطقه ۲۹۷/۸ میلی متر، مقدار متوسط دمای سالانه منطقه برابر ۲۶/۲ درجه سانتی گراد و براساس داده‌های موجود، میانگین تبخیر پتانسیل سالانه ۳۸۵۷/۵ میلی متر است (سازمان هواشناسی ایلام، ۱۳۹۸).

با توجه به طبقه‌بندی دومارتن وضعیت اقلیمی منطقه، خشک و گرم تعیین شده است. از نظر زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه شامل تشکیلات آگاجاری و بخش لهری هستند که در نواحی جنوبی پراکنش دارند. این تشکیلات همگی در محدوده سنی میوسن قرار داشته و به همین علت (جوان بودن منطقه) نسبت به فرسایش آبی حساسیت بالایی دارند؛ افزون بر این در بخش‌های شمالی منطقه نیز سازند کنگلومرای بختیاری به صورت محدود به چشم می‌خورد که مربوط به محدوده سنی پلیوسن بالایی هستند. رسوبات جوان دوره کواترنری از دیگر نهشته‌های این منطقه هستند که به طور عمده شامل پادگانه‌های آبرفتی جوان و پست، جلگه‌های رسی (به طور عمده متشکل از رس و سیلت)، نهشته‌های آبرفتی پست و ته‌نشست‌های رودخانه‌ای عهد حاضر هستند. این نهشته‌ها که در اثر تخریب اراضی بالادست و حمل رسوبات توسط مسیل‌های متعدد منطقه در بخش‌های کم‌شیب و مرکزی، شرقی و غربی منطقه ترسیب شده‌اند، مربوط به عهد حاضر یا دوره کواترنری هستند که آن‌ها نیز حساسیت زیادی نسبت به فرسایش بادی دارند. با توجه به مطالعات صحرایی و نتایج آزمایشگاهی، خاک‌های منطقه جوان بوده و تکامل پروفیلی چندانی ندارند. جهت غالب بادهای منطقه غربی است و شواهد منطقه و بررسی‌های صحرایی کمابیش جهت جنوبی غربی تا غرب را نشان می‌دهد (میرحسینی، ۱۳۹۶: ۳۸).



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان

مواد و روش‌ها

در نوشتار پیش رو پس از بازدید و شناسایی دقیق منطقه، از اراضی تپه‌ماسه‌ای منطقه در عمق صفر تا سه سانتی‌متر در سه تکرار نمونه‌برداری شد. در ادامه سایر مراحل پژوهش بیان می‌شود.

آزمایش‌های تونل باد

در پژوهش حاضر، سرعت آستانه فرسایش بادی با استفاده از دستگاه تونل باد موجود در دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام تعیین شد. به‌منظور تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی، نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه در معرض هوا خشک و در تونل باد قرار داده شد؛ سپس با تنظیم سرعت جریان باد و با استفاده از دستگاه سرعت‌سنج، سرعت آستانه فرسایش بادی با دقت قابل قبولی اندازه‌گیری شد (شکل ۲).

انتخاب گونه درختی مناسب برای طراحی بادشکن

در نوشتار پیش رو، از بین گونه‌های متداول و مورد استفاده نهال کاری در تثبیت ماسه‌های روان، دو گونه کهور پاکستانی و سیاه‌تاغ که بیشترین استفاده را در پروژه‌های تثبیت ماسه‌های روان و جنگل‌کاری در منطقه مورد مطالعه دارند، برای شبیه‌سازی انتخاب شدند. بنابر گزارش دپارتمان کالیفرنیا^۱ (۲۰۰۰) کهور پاکستانی می‌تواند از راه جذب مواد معدنی از ژرفای خاک و افزایش مواد آلی در اثر تجزیه برگ‌ها، حاصل‌خیزی خاک را افزایش دهد. نقش محیطی درختان مناطق بیابانی از جمله سیاه‌تاغ، منجر به تغییرات قابل توجهی در رژیم تابش، رطوبت خاک، رطوبت و دمای هوا، محتوای هوموس و نمک خاک در حوزه فیتونژنیک آن‌ها می‌شود. اصطلاح فیتونژنیک ابتدا به‌وسیله اورانوف^۲ (۱۹۶۵) ارائه شد. مفهوم آن عبارت است از اینکه فعالیت‌های حیاتی هر گیاه باعث اصلاح شرایط محیطی در اطراف آن می‌شود و این محیط اصلاح‌شده روی گیاهانی که در این مناطق رشد می‌کنند، تأثیر متفاوتی دارند (شمس‌الدین اف^۳ و همکاران، ۲۰۱۶).

معرفی نرم‌افزار انوی مت هداکوارتر

این نرم‌افزار مدلی سه‌بعدی و غیر هیدرواستاتیک است و برای اجرا در حوزه‌هایی با ابعاد ۶۰×۶۰ تا ۲۵۰×۲۵۰ واحد شامل شبکه‌ای از مربع‌هایی با ابعاد ۰/۵ تا ۱۰ متر طراحی شده است. انوی مت هداکوارتر مجموعه‌ای وسیع از متغیرهای مدل شده را در اختیار قرار می‌دهد که جریان‌های انرژی (طول موج بلند و کوتاه، دمای محسوس و نهان) را محاسبه می‌کند. این مدل شرایط آب‌وهوایی (دما، باد و رطوبت) را در سطوح متفاوت از حوزه و دامنه متنوعی از عوارض (ساختمان‌ها، انواع پوشش گیاهی، انواع سطوح قابل نفوذ و غیر قابل نفوذ) را در محاسبه وارد می‌کند (رضازاده و آقاجان بیگلر، ۱۳۹۰).



شکل ۲. تصاویری از (۱) سرعت‌سنج؛ (۲) تونل باد؛ (۳) سینی حاوی خاک ماسه‌ای

1- California Department of Food & Agricultural

2- Uranov

3- Shamsutdinov

تنظیم شرایط مدل انوی مت هدکوارتر

داده‌های مقدماتی که برای اجرای مدل به آن‌ها نیاز است، در این مرحله وارد می‌شوند. این داده‌ها براساس موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه شامل طول و عرض جغرافیایی، بافت خاک، شرایط دمایی هوا، سرعت و راستای وزش باد و رطوبت نسبی است. برای اینکه باد به‌طور مستقیم از روبه‌رو به بادشکن برخورد کند و اثر بادشکن در کاهش سرعت باد بهتر نشان داده شود، جهت وزش باد صفر درجه یعنی شمال در نظر گرفته شد (جدول ۱ و ۲).

شبیه‌سازی در محیط انوی مت

در نوشتار پیش رو برای شبیه‌سازی، گونه کهور پاکستانی با ارتفاع حداکثر ۱۰ متر و عرض تاج‌پوشش حدود ۵ متر و گونه سیاه‌تاغ با ۲ متر ارتفاع و تاج‌پوششی به عرض حدود ۳/۵ تا ۴ متر انتخاب شدند. برای گونه کهور پاکستانی، الگویی با مشخصات ۶ ردیف بادشکن، فاصله هر ردیف بادشکن ۲۰ متر، فاصله هر درخت براساس عرض تاج‌پوشش ۵ متر و در کل حدود ۱۲۶ اصله درخت در یک هکتار در نظر گرفته شد. برای گونه سیاه‌تاغ نیز الگویی با ۶ ردیف بادشکن، فاصله هر ردیف بادشکن ۲۰ متر، فاصله هر درخت ۴ متر و در مجموع حدود ۱۵۶ اصله درخت در یک هکتار طراحی شد.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

در این پژوهش، سرعت آستانه فرسایش بادی با استفاده از تونل باد تعیین شد و طراحی بادشکن بیولوژیک با نرم‌افزار انوی مت هدکوارتر انجام گرفت. پس از اجرای مدل، خروجی‌های مدل به کمک نرم‌افزار لئوناردو^۱ تهیه و تحلیل شدند. لئوناردو یکی از نرم‌افزارهای مدل انوی مت هست که به کمک آن می‌توان برای تمام خروجی‌های مدل، نقشه‌های دوبعدی و سه‌بعدی تهیه کرد.

نتایج

میانگین سرعت آستانه فرسایش بادی

براساس آزمایش‌های انجام‌شده در تونل باد مشخص شد که میانگین سرعت آستانه فرسایش منطقه ۴/۸۴ متر بر ثانیه است (جدول ۳).

جدول ۱. داده‌های ورودی مدل برای منطقه مورد مطالعه

موقعیت جغرافیایی منطقه	بافت خاک	زمان شبیه‌سازی
۴۷°۳۳' طول شرقی - ۳۲°۲۷' عرض شمالی	Sandy	۸:۰۰

جدول ۲. داده‌های جوی مورد استفاده برای ورودی مدل

متوسط حداقل دما (°C)	متوسط حداکثر دما (°C)	متوسط حداقل رطوبت نسبی (%)	متوسط حداکثر رطوبت نسبی (%)	متوسط حداکثر سرعت باد (m/s)	جهت باد (درجه)
۳۳	۵۰	۱۳	۳۲	۱۶	(۰°)

جدول ۳. میانگین سرعت آستانه فرسایش بادی

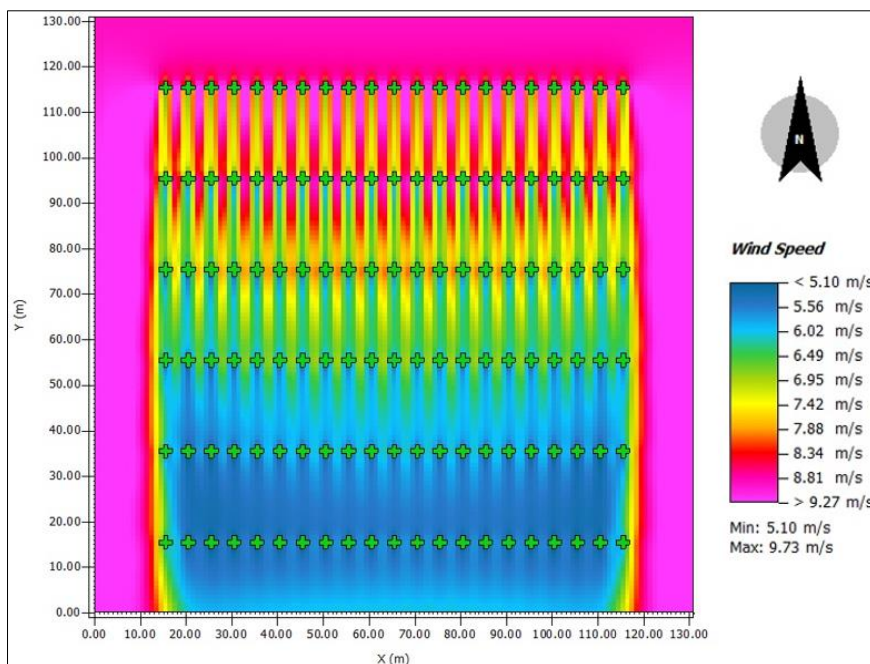
نام کاربری	سرعت آستانه فرسایش بادی
تپه‌ماسه‌ای نقطه ۱	۴/۷۸
تپه‌ماسه‌ای نقطه ۲	۴/۸۸
تپه‌ماسه‌ای نقطه ۳	۴/۸۶
میانگین	۴/۸۴

نتایج شبیه‌سازی بادشکن‌های کهور پاکستانی و سیاه‌تاغ در محیط انوی مت

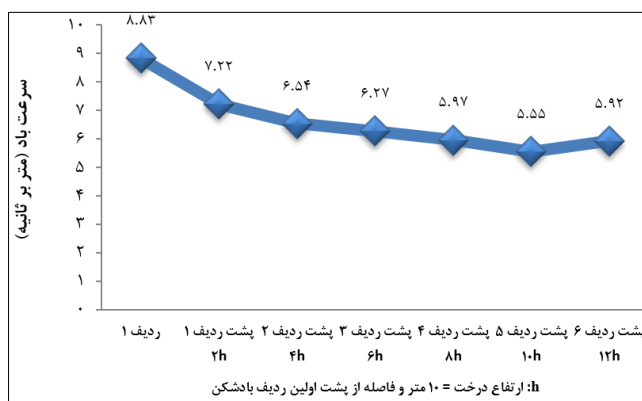
سرعت باد در بادشکن کهور پاکستانی

به‌منظور شبیه‌سازی سرعت باد در ارتفاع ۳ متری از سطح زمین، بادشکن‌ها عمود بر جهت باد در نظر گرفته شده (جهت باد صفر درجه) و اولین ردیف بادشکن در مقابل باد، بالاترین ردیف است. در این بادشکن، در ردیف‌های با رنگ آبی تیره، سرعت باد به‌میزان زیادی کاهش یافته است (شکل ۳). لازم به ذکر است که این نمودار مربوط به سرعت باد در ارتفاع ۳ متری بوده و سرعت باد در سطح زمین که برای ایجاد فرسایش بادی مد نظر است، به‌مراتب کمتر از این مقدار خواهد بود. نمودار سرعت باد (شکل ۴) نشان می‌دهد که بیشترین کاهش سرعت باد در فاصله h_{10} پشت ردیف اول بادشکن اتفاق افتاده است؛ و پس از آن، سرعت باد به‌تدریج زیاد می‌شود.

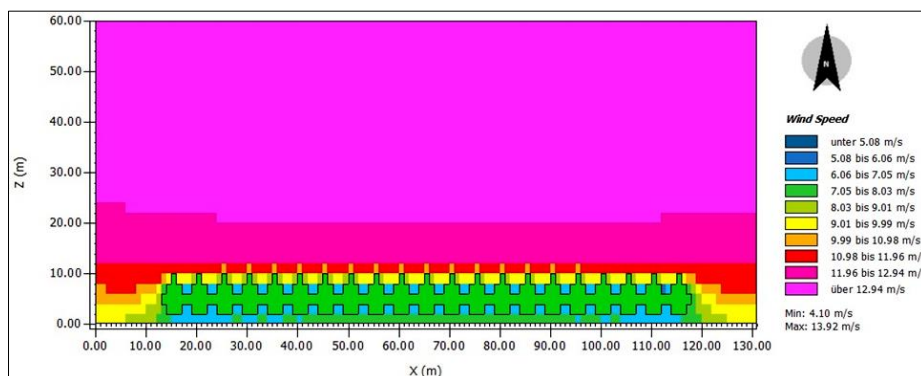
الگوهای شبیه‌سازی‌شده در محورهای عمودی (شکل ۵: سرعت باد در طول بادشکن و شکل ۶: سرعت باد در عرض بادشکن) بیانگر آن است که حداکثر سرعت باد حدود $13/93$ متر بر ثانیه است. سرعت باد پس از برخورد با ردیف‌های بادشکن، به‌تدریج کم می‌شود و در ردیف آخر، سرعت باد به حدود ۴ متر بر ثانیه می‌رسد؛ یعنی سرعت باد به کمتر از سرعت آستانه کاهش یافته است و پس از آخرین ردیف بادشکن، سرعت باد به‌تدریج زیاد می‌شود.



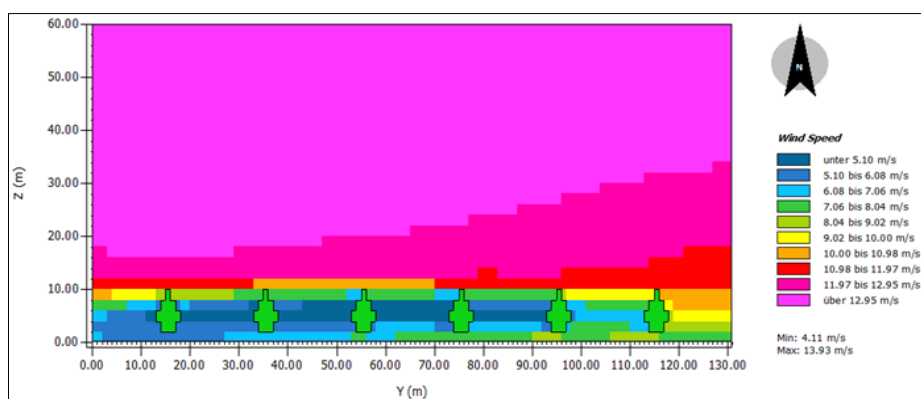
شکل ۳. پلان شبیه‌سازی‌شده برای گونه کهور پاکستانی (خروجی نرم‌افزار انوی مت هدکوارتر)



شکل ۴. نمودار سرعت باد برای بادشکن کهور پاکستانی در ارتفاع ۳ متری از سطح زمین (خروجی نرم‌افزار انوی مت هدکوارتر)



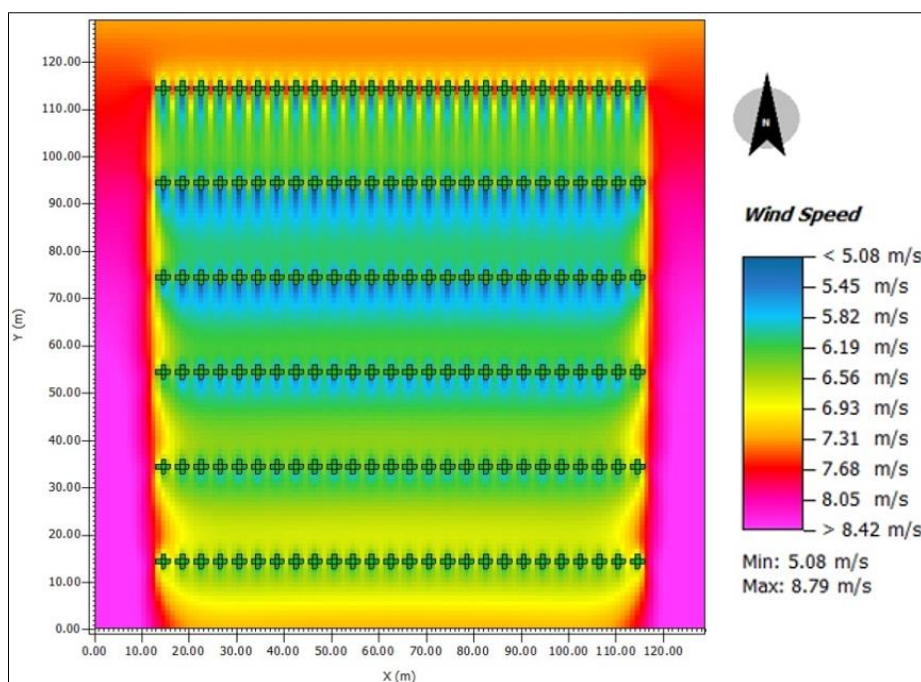
شکل ۵. الگوی شبیه‌سازی‌شده برای گونه کهور پاکستانی - محور عمودی (x/z)، (خروجی نرم‌افزار انوی مت هدرکوارتر)



شکل ۶. الگوی شبیه‌سازی‌شده برای گونه کهور پاکستانی - محور عمودی (y/z)، (خروجی نرم‌افزار انوی مت هدرکوارتر)

سرعت باد در بادشکن سیاه‌تاغ

پلان شبیه‌سازی‌شده در ارتفاع ۱ متری از سطح زمین (شکل ۷) نشان می‌دهد در مناطق آبی‌رنگ (ردیف‌های ۲، ۳ و ۴ بادشکن)، سرعت باد به‌میزان زیادی کاهش یافته است.

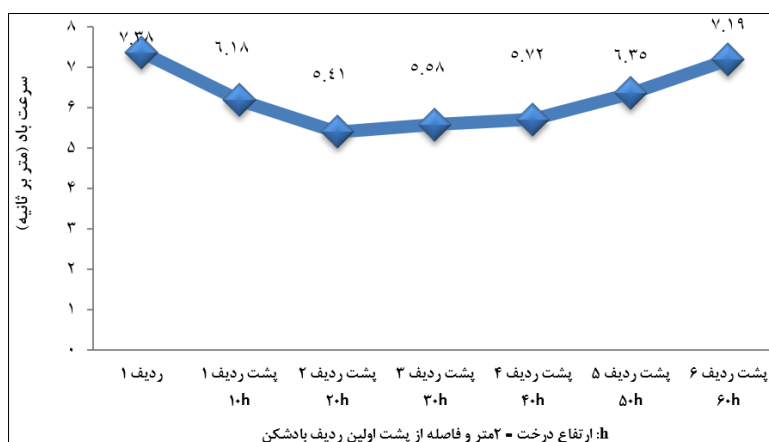


شکل ۷. پلان شبیه‌سازی‌شده برای گونه سیاه‌تاغ (خروجی نرم‌افزار انوی مت هدرکوارتر)

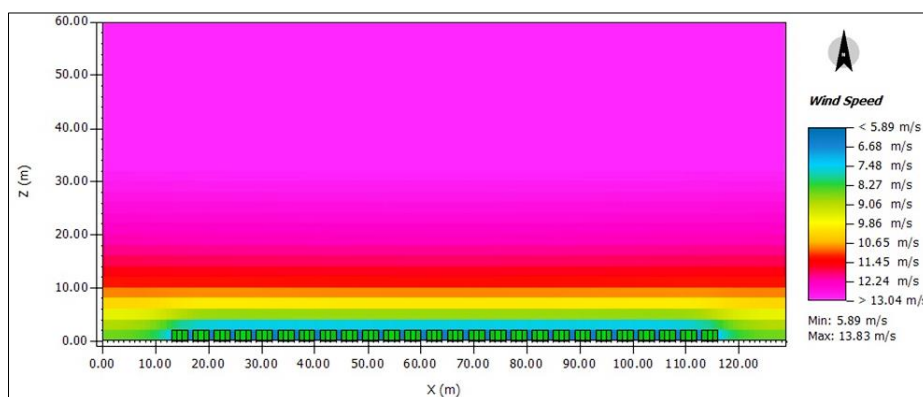
براساس نمودار سرعت باد (شکل ۸) در اولین ردیف بادشکن، سرعت باد کاهش یافته و در پشت ردیف ۲ بادشکن نیز بیشترین میزان کاهش (۵/۴۱ متر بر ثانیه) رخ داده؛ اما پس از آن سرعت باد به تدریج افزایش می‌یابد. براساس الگوهای شبیه‌سازی شده در محورهای عمودی (شکل ۹: سرعت باد در طول بادشکن و شکل ۱۰: سرعت باد در عرض بادشکن)، حداکثر و حداقل سرعت باد به ترتیب حدود ۱۳/۸۳ و ۵ متر بر ثانیه است.

دمای هوا در بادشکن کهور پاکستانی

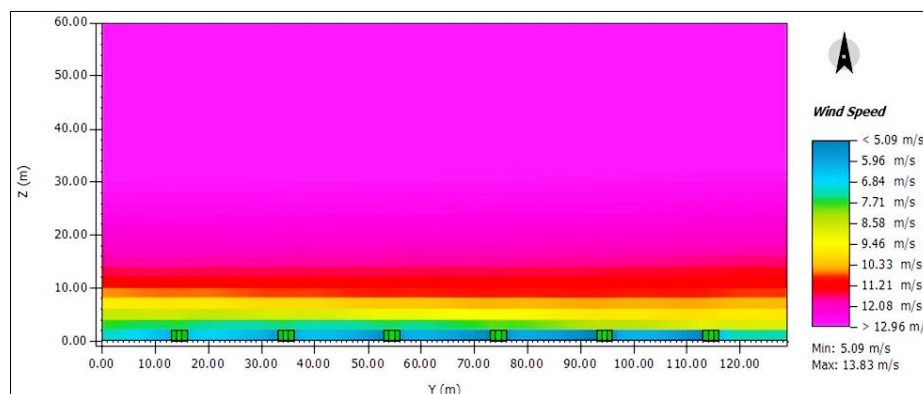
دمای هوا در ارتفاع ۳ متری از سطح زمین (شکل ۱۱) نشان می‌دهد در چند ردیف آخر بادشکن که به رنگ آبی تیره مشاهده می‌شوند، دما به میزان بیشتری کاهش یافته است.



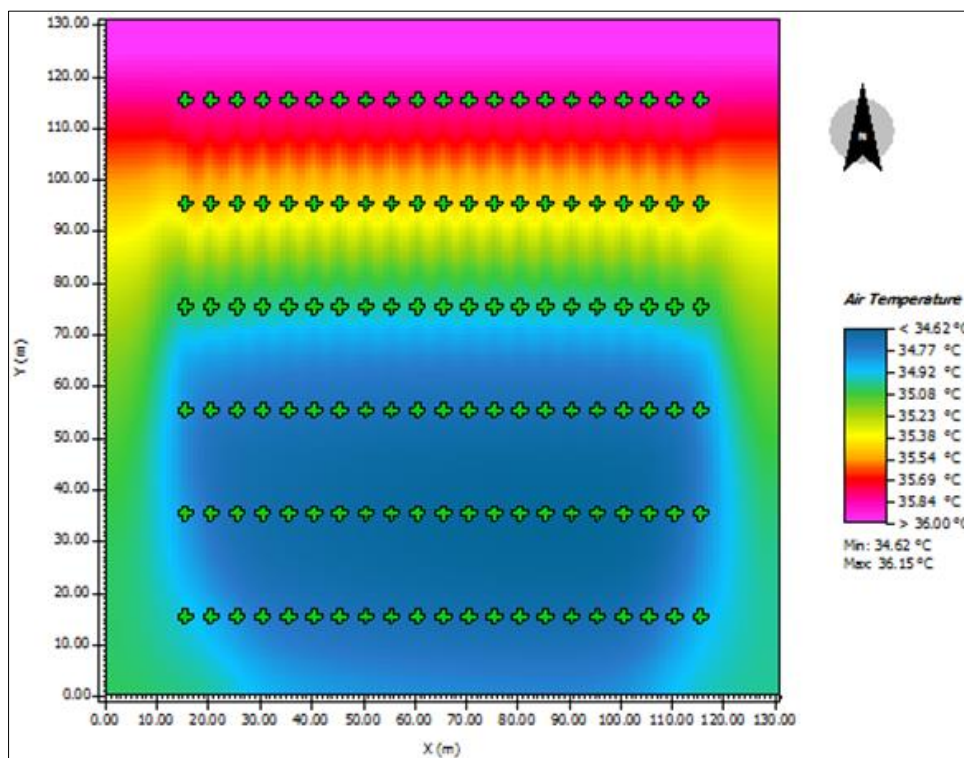
شکل ۸. نمودار سرعت باد برای بادشکن سیاه‌تاغ در ارتفاع ۱ متری از سطح زمین (خروجی نرم‌افزار انوی مت هداکوارتر)



شکل ۹. الگوی شبیه‌سازی شده برای گونه سیاه‌تاغ - محور عمودی (x/z)، (خروجی نرم‌افزار انوی مت هداکوارتر)



شکل ۱۰. الگوی شبیه‌سازی شده برای گونه سیاه‌تاغ - محور عمودی (y/z)، (خروجی نرم‌افزار انوی مت هداکوارتر)

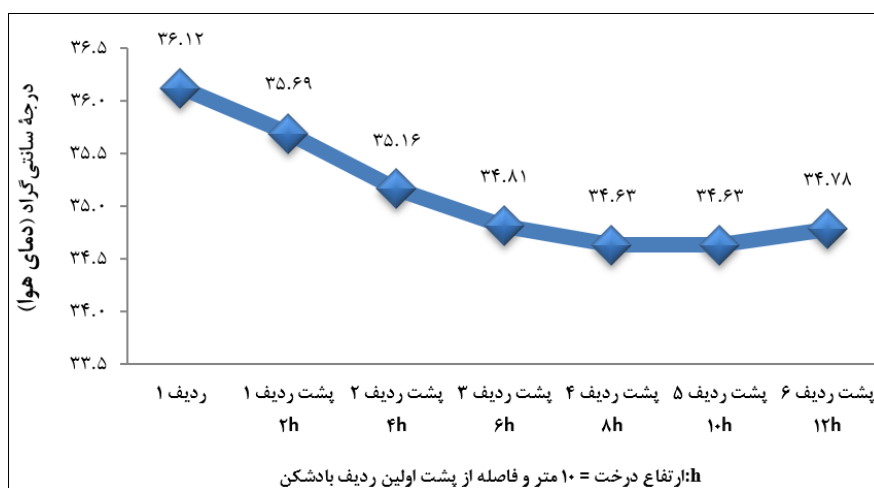


شکل ۱۱. دمای هوا در بادشکن کهور پاکستانی (خروجی نرم افزار انوی مت هدرکوارتر)

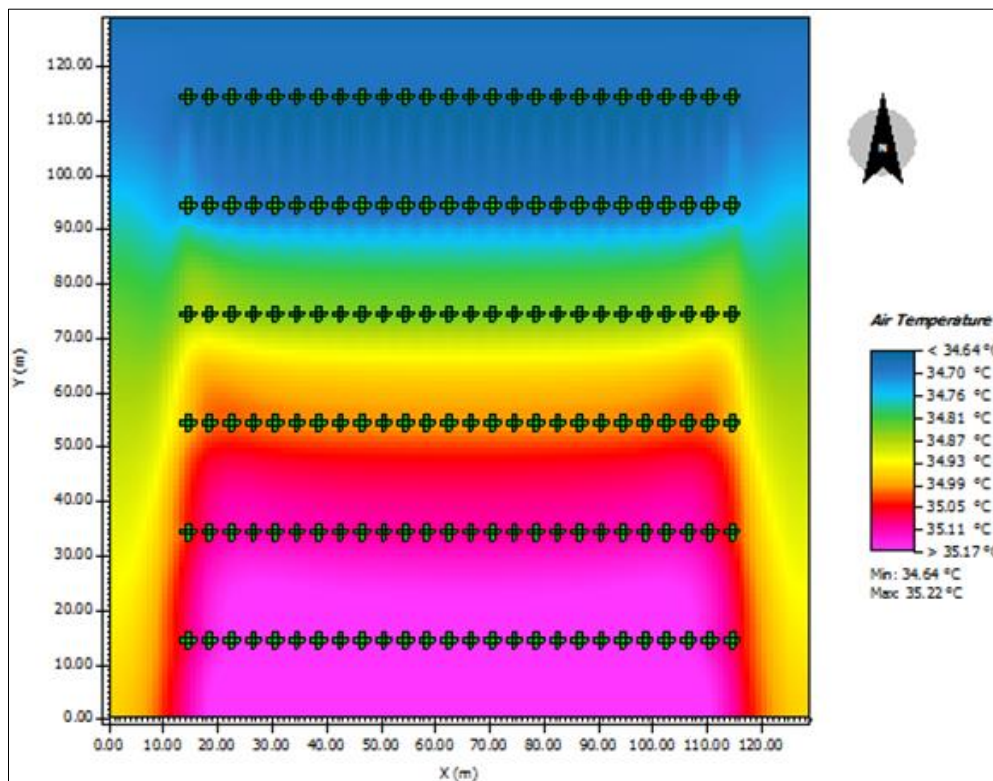
همچنین دما در ردیف اول بادشکن حدود $36/12$ درجه سانتی گراد است ولی تا پس از ردیف های ۴ و ۵، دما به میزان بیشتری کاهش یافته (تا حدود $34/63$ درجه سانتی گراد) و سپس به تدریج افزایش یافته است (شکل ۱۲).

دمای هوا در بادشکن سیاه تاغ

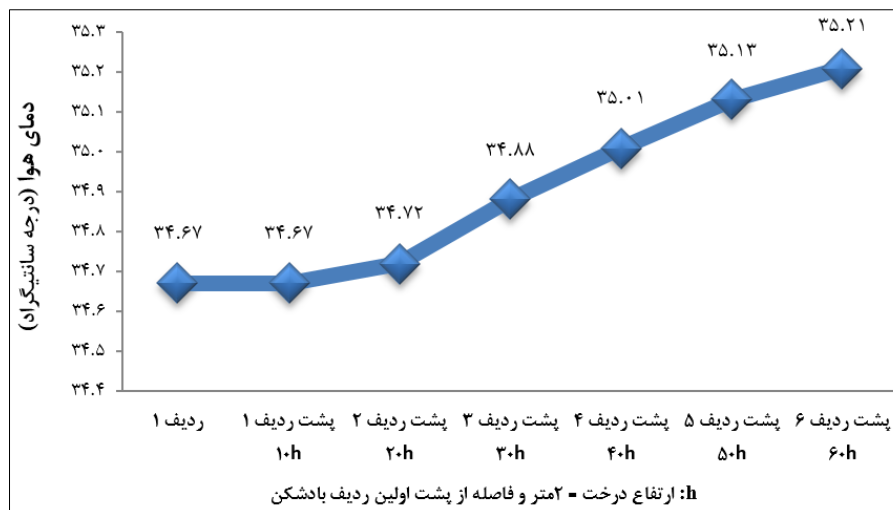
دمای هوا در ارتفاع ۱ متری از سطح زمین (شکل ۱۳) نشان می دهد در دو ردیف اول بادشکن که به رنگ آبی تیره مشاهده می شوند، دما به میزان زیادی کاهش یافته؛ اما در ردیف های آخر، دما دوباره افزایش یافته است که علت آن برقراری جریان هوای آزاد و نبود پوشش درختی مناسب در این مناطق است. براساس نتایج (شکل های ۱۳ و ۱۴)، تفاوت دمای هوا در ردیف اول بادشکن و پشت آخرین ردیف بیش از $0/54$ درجه سانتی گراد است.



شکل ۱۲. نمودار دمای هوا برای بادشکن کهور پاکستانی در ارتفاع ۳ متری از سطح زمین (خروجی نرم افزار انوی مت هدرکوارتر)



شکل ۱۳. دمای هوا در بادشکن سیاه‌تاغ در ارتفاع ۱ متری از سطح زمین (خروجی نرم‌افزار انوی مت هدرکوارتر)

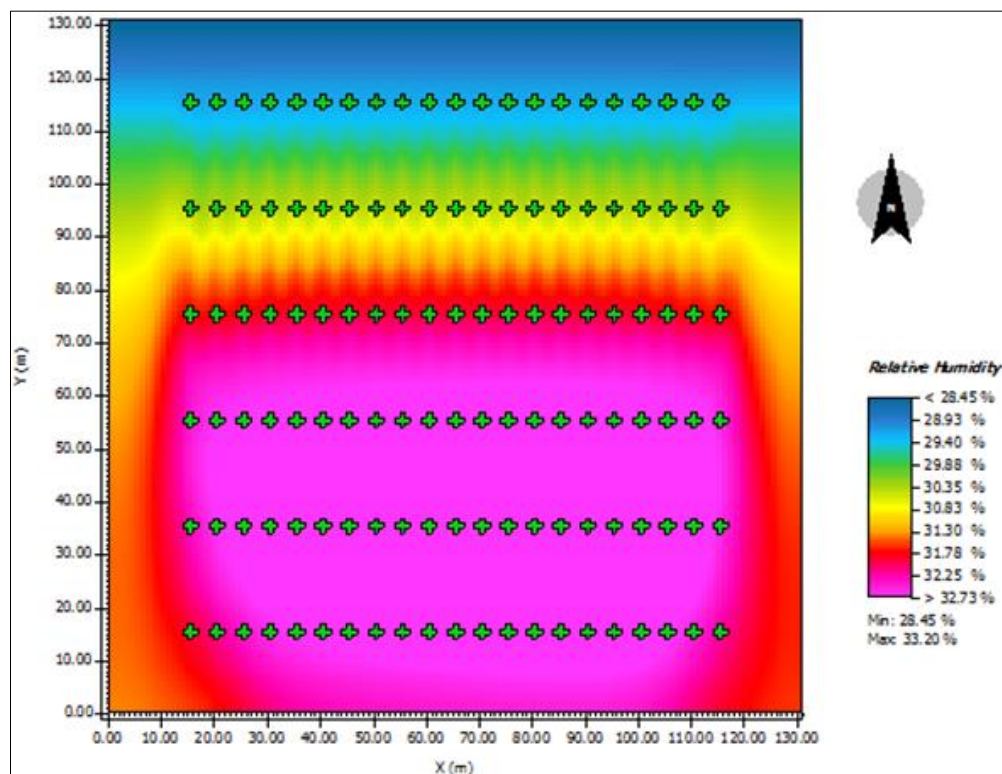


شکل ۱۴. نمودار دمای هوا برای بادشکن سیاه‌تاغ در ارتفاع ۱ متری از سطح زمین (خروجی نرم‌افزار انوی مت هدرکوارتر)

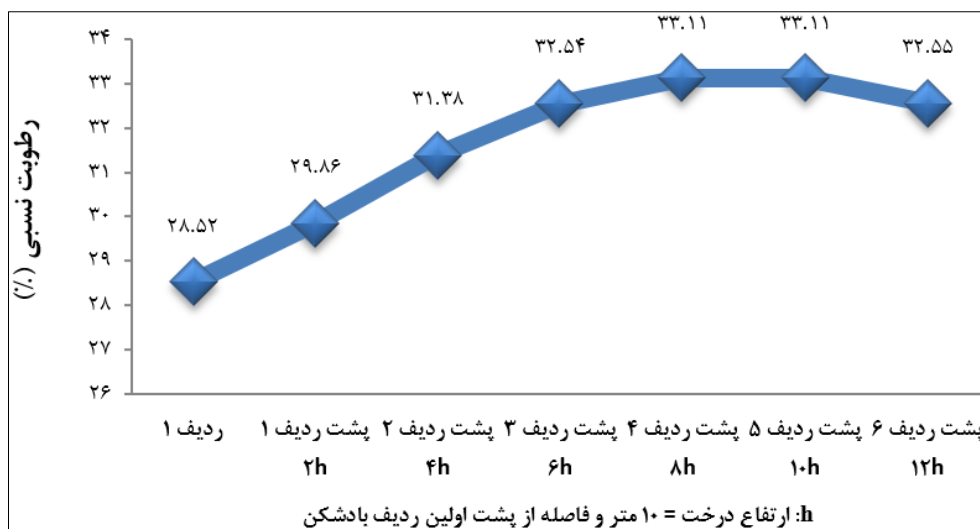
رطوبت نسبی در بادشکن کهور پاکستانی

در محیط شبیه‌سازی حداکثر رطوبت نسبی ۳۲٪ در نظر گرفته شد. در ردیف اول بادشکن (ردیف با رنگ آبی) رطوبت نسبی به میزان بیشتری کاهش یافته است؛ اما ردیف‌هایی از بادشکن که در مناطق صورتی‌رنگ قرار دارند، نشان‌دهنده افزایش رطوبت نسبی هستند (شکل ۱۵).

رطوبت نسبی در ردیف اول بادشکن کمترین مقدار بوده، سپس رطوبت نسبی به تدریج زیاد شده اما در پشت ردیف آخر بادشکن به علت نبود پوشش درختی و برقراری جریان هوای آزاد، دوباره رطوبت نسبی کاهش یافته است (شکل ۱۶).



شکل ۱۵. رطوبت نسبی در بادشکن کههور پاکستانی در ارتفاع ۳ متری از سطح زمین (خروجی نرم‌افزار انوی مت هداوارتر)

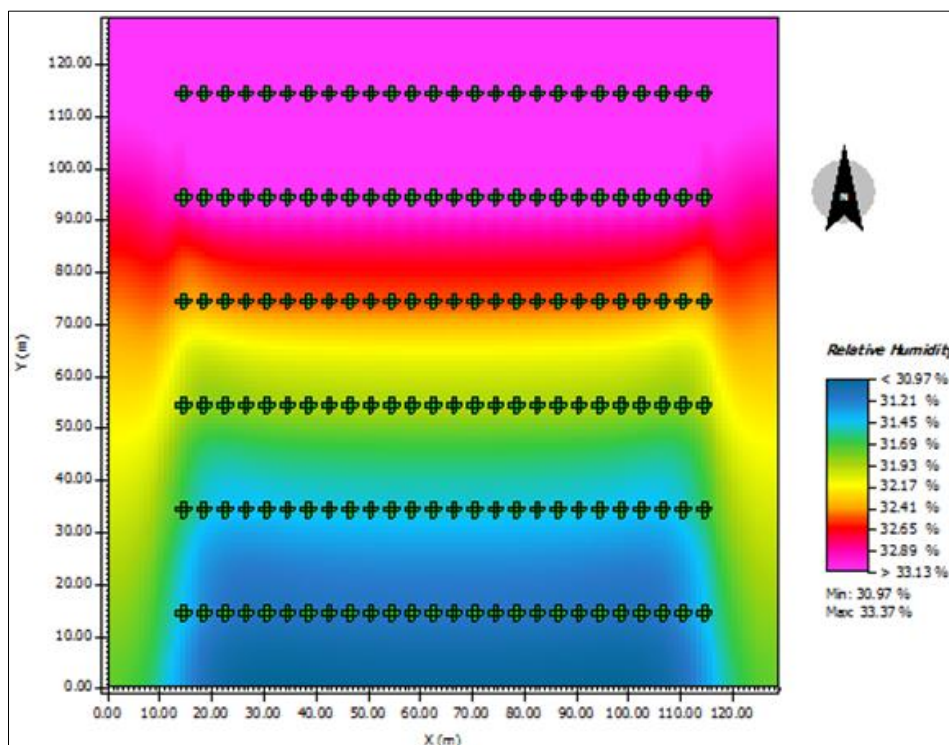


شکل ۱۶. نمودار رطوبت نسبی برای بادشکن کههور پاکستانی در ارتفاع ۳ متری از سطح زمین (خروجی نرم‌افزار انوی مت هداوارتر)

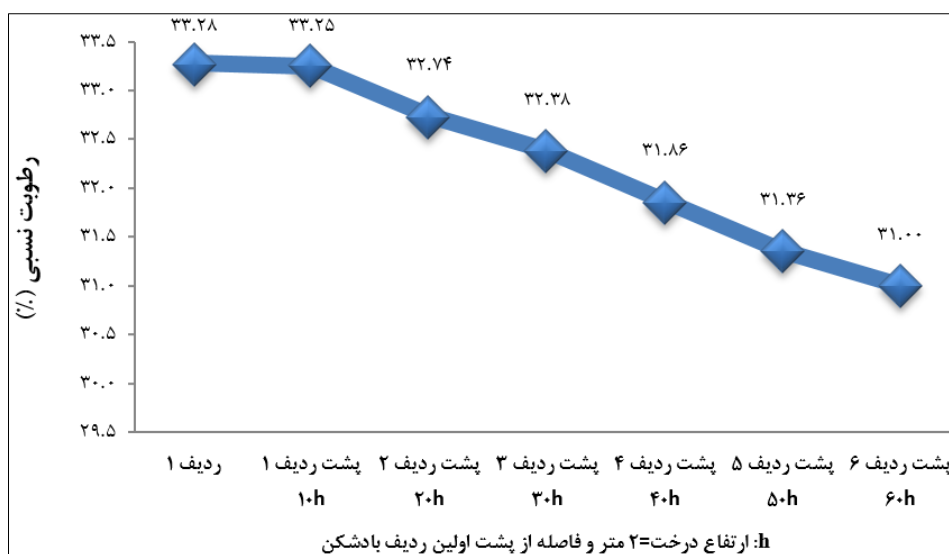
رطوبت نسبی در بادشکن سیاه‌تاغ

در دو ردیف اول بادشکن که به رنگ صورتی هستند، رطوبت نسبی به میزان بیشتری افزایش یافته است؛ اما دو ردیف آخر بادشکن که در مناطق آبی‌رنگ قرار دارند، نشان‌دهنده کاهش رطوبت نسبی هستند (شکل ۱۷) که ازجمله دلایل آن می‌توان به عدم حفاظت منطقه در انتهای بادشکن به وسیله پوشش درختی اشاره کرد که همین امر باعث برقراری جریان هوای آزاد شده و رطوبت نسبی کاهش یافته است.

نمودار زیر (شکل ۱۸) نشان می‌دهد که در ردیف اول بادشکن و ۲۰ متر پشت آن، رطوبت نسبی زیاد شده، اما پس از آن به تدریج رطوبت نسبی کاهش یافته است.



شکل ۱۷. رطوبت نسبی در بادشکن سیاه‌تاغ در ارتفاع ۱ متری از سطح زمین (خروجی نرم‌افزار انوی مت هداکوارتر)



شکل ۱۸. نمودار رطوبت نسبی برای بادشکن سیاه‌تاغ در ارتفاع ۱ متری از سطح زمین (خروجی نرم‌افزار انوی مت هداکوارتر)

بحث

بادشکن بیولوژیک که متشکل از چندین ردیف درخت یا درختچه است، به‌عنوان گزینه مناسبی برای مبارزه با فرسایش بادی در مناطق خشک و بیابانی مطرح است. هر بادشکن با ارتفاع و تراکم مشخص تا مسافتی سرعت باد را کاهش داده و سپس سرعت باد به وضعیت اولیه خود برمی‌گردد. به همین دلیل فاصله بین ردیف‌های بادشکن باید به‌گونه‌ای باشد که سرعت بادهای ماکزیمم را تا سرعت آستانه فرسایش کاهش دهد و بتواند مانع فرسایش بادی شود و از سوی دیگر اقتصادی و کم‌هزینه باشد (مددی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). در یک شبکه بادشکن متراکم که به‌صورت ردیفی احداث شده، سرعت باد پس از برخورد به بادشکن ردیف اول کاهش یافته و در زمان رسیدن به

بادشکن ردیف دوم دارای سرعت کمتری از سرعت اولیه خواهد بود؛ بنابراین ردیف دوم عملاً کاهش سرعت بیشتری را انجام خواهد داد (کوک و گوینز^۱، ۲۰۰۸).

با توجه به اینکه ارزیابی تأثیر احداث بادشکن‌ها در فرسایش بادی دارای محدودیت‌های فراوان و کار میدانی گسترده است و از طرفی در سال‌های اخیر از شبیه‌سازی به‌عنوان ابزاری کارآمد در مطالعات مختلف استفاده می‌شود، در نوشتار پیش رو از مدل انوی مت هذکوارتر که در طراحی‌های فضای سبز شهری کاربرد دارد، استفاده شده و قابلیت و توانایی این مدل در مطالعات مربوط به منابع طبیعی مشخص شد. در محیط شبیه‌سازی مورد نظر، حداکثر سرعت باد براساس آمار منطقه ۱۶ متر بر ثانیه در نظر گرفته شده است. براساس نتایج شبیه‌سازی، در الگوی طراحی شده برای گونه کهور پاکستانی با ۱۰ متر ارتفاع (شکل ۳ و ۴)، سرعت باد به‌گونه‌ای است که در ارتفاع ۳ متری از سطح زمین، در ردیف اول بادشکن سرعت باد تا حدود ۸/۸۳ متر بر ثانیه کاهش یافته است.

در فاصله ۲ h تا ۶ h (۲۰ تا ۶۰ متری) پشت ردیف اول بادشکن (۱۰ m = ارتفاع کهور پاکستانی = h)، سرعت باد به میزان کمی کاهش یافته اما در ۸ h تا ۱۲ h-۱۰ h (۸۰ تا ۱۲۰-۱۰۰ متری) پشت ردیف اول بادشکن، سرعت باد به میزان بیشتری شروع به کم شدن می‌کند و باد در ۱۰ h (۱۰۰ متری) پشت ردیف اول بادشکن، بیشترین کاهش سرعت را داشته است و نتایج این نوع بادشکن با نتایج مطالعه تأثیر بادشکن درختی اکالیپتوس بر کاهش سرعت باد، دما و تغییر رطوبت نیز مطابقت دارد (جان‌محمدی و ملایی‌نیا، ۱۳۹۶ الف)؛ اما در الگوی طراحی شده برای گونه سیاه‌تاغ با ۲ متر ارتفاع (شکل ۷ و ۸)، در ردیف اول بادشکن و در ارتفاع ۱ متری از سطح زمین، سرعت باد تا حدود ۷/۳۸ متر بر ثانیه کاهش یافته است. در فاصله ۲۰ h تا ۳۰ h (۴۰ تا ۶۰ متری) پشت ردیف اول بادشکن (۲ m = ارتفاع سیاه‌تاغ = h)، سرعت باد به میزان بیشتری کاهش یافته است؛ اما بیشترین کاهش سرعت باد در پشت ردیف دوم بادشکن اتفاق افتاده است (حدود ۵/۴۱ متر بر ثانیه). از ۴۰ h (۸۰ متر) در پشت ردیف اول بادشکن سرعت باد کم‌کم زیاد شده و به سرعت اولیه نزدیک می‌شود. بررسی مطالعات سایر پژوهشگران نیز گویای تأثیر فواصل بادشکن بیولوژیک احداث شده بر سایر پارامترها است (کوک و گوینز، ۲۰۰۸؛ مددی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲؛ رفاهی، ۱۳۹۱).

براساس نتایج، چگونگی تغییرات دما و رطوبت نسبی در گونه کهور پاکستانی عکس گونه سیاه‌تاغ است. این تفاوت، ناشی از نحوه تغییرات سرعت باد در این دو بادشکن است که این تغییرات سرعت، خود نیز به ارتفاع هردو بادشکن برمی‌گردد، زیرا هرچه ارتفاع بادشکن بیشتر باشد، سرعت باد بیشتر کاهش می‌یابد. به همین خاطر در بادشکن کهور پاکستانی با کاهش بیشتر سرعت باد و تلاطم هوا در مجاورت سطح خاک و ایجاد سایه، منطقه‌ای به‌وجود می‌آید که دارای هوای کمابیش ساکن و آرام و با درجه حرارت کمتر است. در نتیجه با کاهش درجه حرارت هوا، میزان تبخیر کاهش و به تبع آن میزان رطوبت افزایش می‌یابد؛ بنابراین علت تفاوت در شرایط دما، رطوبت و سرعت باد در هردو بادشکن کهور پاکستانی و سیاه‌تاغ به ویژگی‌های بیولوژیک این گونه‌ها همچون ارتفاع گونه‌ها، تراکم، شکل تاج‌پوشش و غیره بستگی دارد.

با توجه به نتایج می‌توان گفت در الگوی طراحی شده برای گونه کهور پاکستانی در فواصل ۸۰ تا ۱۲۰ متری بادشکن اولیه، سرعت باد به میزان بیشتری شروع به کم شدن می‌کند در حالی که در گونه سیاه‌تاغ، در فاصله‌های ذکر شده سرعت باد کم‌کم زیاد می‌شود و به سرعت اولیه نزدیک می‌شود؛ همچنین نتایج شبیه‌سازی نشان می‌دهد در الگوی طراحی شده برای گونه کهور پاکستانی، برعکس گونه سیاه‌تاغ، هرچند پیش از بادشکن به میزان کمتری

سرعت باد کاهش می‌یابد، ولی پس از بادشکن دیرتر به سرعت اولیه بازمی‌گردد. این مطلب بیانگر این است که بادشکن طراحی شده برای گونه کهور پاکستانی می‌تواند باد را تا فاصله بیشتری از بادشکن اولیه کاهش دهد در صورتی که در بادشکن طراحی شده برای سیاه‌تاغ، در فاصله کمتری از اولین بادشکن، باد به سرعت اولیه بازمی‌گردد و مسافت کمتری را از پشت بادشکن اولیه محافظت می‌کند.

در الگوهای طراحی شده در محورهای عمودی برای گونه‌های کهور پاکستانی و سیاه‌تاغ (شکل ۵، ۶، ۹ و ۱۰)، حداقل سرعت باد به ترتیب حدود ۴/۱۱ و ۵/۸ متر بر ثانیه است؛ بنابراین براساس نتایج تونل باد و شکل‌های یادشده، می‌توان نتیجه گرفت الگوی شبیه‌سازی شده برای گونه کهور پاکستانی توانسته است سرعت باد را از ۱۶ متر بر ثانیه به کمتر از سرعت آستانه فرسایش، یعنی حدود ۴/۱۱ متر بر ثانیه کاهش دهد (میرحسینی^۱ و همکاران، ۲۰۱۹)؛ البته لازم به ذکر است که سرعت آستانه فرسایش در سطح خاک اندازه‌گیری شده ولی سرعت باد اندازه‌گیری شده در بادشکن‌ها در ارتفاع ۱ و ۳ متری است که به طبع سرعت باد با افزایش ارتفاع از سطح زمین به علت کاهش اصطکاک، بیشتر می‌شود و بنابراین احداث بادشکن باعث خواهد شد که سرعت باد در سطح زمین به مراتب کمتر از سرعت آستانه فرسایش باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه ضمن اثبات قابلیت مدل انوی مت هداکوارتر در مطالعات مربوط به بیابان‌زدایی و احداث بادشکن بیولوژیک؛ نشان داد که هردو بادشکن کهور پاکستانی و سیاه‌تاغ می‌توانند باعث ایجاد خرداقلیم در منطقه شوند. از طرفی هر سه عامل کاهش سرعت باد، کاهش دما و افزایش رطوبت می‌توانند باعث کاهش تبخیر از سطح آب و خاک در مناطق بیابانی شوند و زمینه رشد و گسترش پوشش گیاهی را فراهم نمایند؛ بنابراین افزون بر کاهش فرسایش بادی در اراضی تپه‌ماسه‌ای و کنار جاده‌ها، به منظور تثبیت مناطق حساس به فرسایش که در منطقه بادخیز قرار گرفته‌اند، می‌توان از گونه کهور پاکستانی به عنوان گونه‌ای مناسب برای احداث بادشکن استفاده کرد. در ضمن نوشتار پیش رو نشان داد که بادشکن‌های ایجادشده از گونه‌های مختلف درختان دارای اثرات متفاوتی بر روی خرداقلیم منطقه هستند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی اثر سایر گونه‌های درختی سازگار با شرایط منطقه بررسی شود.

منابع

- احمدی، حسن؛ نظری سامانی، علی اکبر؛ اختصاصی، محمدرضا؛ مقیمی نژاد، فیروزه؛ حسین آبادی، مصطفی (۱۳۹۱). بررسی تأثیر توسعه شهری و صنعتی (بیابان زایی تکنوژنیک) در بیابان زایی (مطالعه موردی: شرق اصفهان). *فصلنامه علمی - پژوهشی پژوهش‌های فرسایش محیطی*، ۲ (۱)، ۶۳-۷۷.
- ارازی، عبدالقادر؛ امتحانی، محمدحسن؛ اختصاصی، محمدرضا؛ سودائی‌زاده، حمید (۱۳۸۹). تأثیر بادشکن‌های درختی بر عملکرد محصولات زراعی در مناطق خشک. *دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار*، یزد.
- ارازی، عبدالقادر؛ امتحانی، محمدحسن؛ اختصاصی، محمدرضا؛ سودائی‌زاده، حمید (۱۳۹۲). تأثیر بادشکن درختی گز بر روی شوری خاک اراضی کشاورزی در مناطق خشک (مطالعه موردی: اردکان). *پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)*، ۲۶ (۲)، ۵۳-۵۹.
- اکبریان، محمد؛ نوحه‌گر، احمد (۱۳۹۳). ارزیابی تأثیر جنگل کاری در کاهش فرسایش بادی محدوده پی‌بشک در شهرستان جاسک. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۲۹ (۳)، ۱۹۰-۱۷۹.

جان محمدی، راضیه، ملایی‌نیا، محمودرضا (۱۳۹۶ الف). تأثیر بادشکن درختی اکالیپتوس بر تغییرات سرعت باد، دما و رطوبت. *اولین کنفرانس بین‌المللی پیشرفت‌های نوین در مهندسی عمران، آمل: دانشگاه شمال*.

جان محمدی، راضیه؛ ملایی‌نیا، محمودرضا (۱۳۹۶ ب). تأثیر بادشکن درختی گز بر تغییرات سرعت باد، دما و رطوبت. *اولین کنفرانس بین‌المللی پیشرفت‌های نوین در مهندسی عمران، آمل: دانشگاه شمال*.

رضازاده، راضیه؛ آقاجان بیگلر، عماد (۱۳۹۰). الگوی پیشنهادی برای توده‌گذاری در قطعات مسکونی ردیفی، بررسی تطبیقی دو الگو توده‌گذاری در بلوک‌های مسکونی با معیار آسایش حرارتی. *دوفصلنامه دانشگاه هنر*، ۴ (۷)، ۱۶۵-۱۸۴.

رفاهی، حسینقلی (۱۳۹۱). *فرسایش بادی و کنترل آن*. چاپ ششم. تهران: دانشگاه تهران.

سازمان هواشناسی ایلام (۱۳۹۸). *اطلاعات و آمار هواشناسی*.

صداقت، محمود (۱۳۵۸). *فرایندهای بیرونی تغییردهنده زمین: درس زمین‌شناسی*. جلد دوم. تهران: دانشگاه آزاد ایران.

صفایی قهنویه، احمدرضا؛ باباخانی، سجاد، کریم‌زاده، حمیدرضا (۱۳۸۹). معرفی گونه‌های گیاهی مؤثر در کنترل فرسایش بادی. *دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گردوغبار*، یزد.

عامری، فاضل؛ خنامانی، علی؛ کریم‌زاده، حمیدرضا (۱۳۸۹). تأثیر تغییر اقلیم محلی ناشی از تاغ‌کاری بر وضعیت اکولوژیکی اراضی کشاورزی و مرتعی (مطالعه موردی: شهرستان اردستان استان اصفهان). *مجموعه مقالات چهارمین مقالات کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم*، (صص. ۵۱۵-۵۲۰). اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان.

کمالی مسکونی، احسان؛ امیری، ایرج؛ اختصاصی، محمدرضا (۱۳۸۹). بررسی مقایسه‌ای اثرات بادشکن‌های دیوار گلی و نخل خرما روی تغییرات سرعت باد مطالعه موردی منطقه جیرفت. *دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار*، یزد.

مددی‌زاده، نعمت‌اله؛ امیری، ایرج؛ فاریابی، نجمه؛ تکلوزاده، علی‌محمد (۱۳۹۲). مقایسه فواصل احداث بادشکن بیولوژیک در روش‌های مختلف اجرایی (مطالعه موردی: جنوب استان کرمان). *کنفرانس علوم کشاورزی و محیط‌زیست*، شیراز.

معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور (۱۳۹۳). *ضوابط و معیارهای فنی احداث بادشکن بیولوژیک*، (۶۵۸).

میرحسینی، مرضیه (۱۳۹۶). بررسی سرعت آستانه فرسایش بادی در کاربری‌های مختلف با استفاده از تونل باد (مطالعه موردی: عین خوش - دهلران، ایلام). *پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد*، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه ایلام.

References

- Ahmadi, H., Nazari Samani, A. A., Ekhtesasi, M. R., Moghimi-Nejad, F. & Hossein Abadi, M. (2012). The Effects of Urban and Industrial Development (Technogenic Desertification) in the desertification (Case Study: Eastern Region of Esfahan Province). *Journal of Environmental Erosion Research*, 2 (1), 63-77 (in Persian).
- Akbarian, M. & Nohegar, A. (2014). Evaluation of the effect of afforestation on decreasing wind erosion in the Jask Range. *Geographic Quarterly*, 29 (3), 179-190 (in Persian).
- Ameri, F., Khanamani, A. & Karimzadeh, H. R. (2010). The Effect of Local Climate Change Depending on the Ecological Situation of Agriculture and Range Lands (Case Study: Ardestan City, Isfahan Province). *Proceedings of the 4th Conference Paper on Climate Change*, 515-520 (in Persian).
- Arazi, A., Emtahani, M. H., Ekhtesasi, M. R. & Sodaeezadeh, H. (2014). Effect of Tamarix aphylla as tree windbreak on salinity soil agriculture lands in dry region (case study: Ardakan). *Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi)*, 26 (2), 53-59 (in Persian).
- Arazi, A., Emtahani, M. H., Ekhtesasi, M. R. & Sodaeezadeh, H. (2011). Effect of tree windbreak on agriculture products in dry region. *The second national conference of wind erosion and dust storms*, Iran, Yazd (in Persian).
- Bruse, M. (2009). ENVI-met Website Retrieved from <http://www. Envi-met. Com>.
- California Department of Food & Agricultural (2000). A brief paper for the Government of the India, State governments and concerned ministries, Prosopis juliflora, the tree of the poor. *Department for International Development (DFID)*, 1-2.

- Campi, P., Palumbo, A. D. & Mastrorilli, M. (2009). Effects of tree windbreak on microclimate and wheat productivity in a Mediterranean environment. *European Journal of Agronomy*, 30 (3), 220-227.
- Cook, G. D. & Goyens, C. M. (2008). The impact of wind on trees in Australian tropical savannas: lessons from Cyclone Monica. *Austral Ecology*, 33 (4), 462-470.
- Foereid, B., Bro, R., Mogensen, V. O. & Porter, J. R. (2002). Effects of windbreak strips of willow coppice—modelling and field experiment on barley in Denmark. *Agriculture, ecosystems & environment*, 93 (1-3), 25-32.
- Fryrear, D. W. (1995). Soil losses by wind erosion. *Soil Science Society of America Journal*, 59 (3), 668-672.
- He, Z., Li, S. & Harazono, Y. (1997). Wind-sandy environment and the effects of vegetation on wind breaking and dune fixation in Horqin sandy land, China. In Proceedings of Wind Erosion: An International Symposium/Workshop. *USDA Agricultural Research Service*, Wind Erosion Laboratory, Manhattan, KS.
- Ilam Meteorological Organization (2020). *Weather and climatology reports* (in Persian).
- Jan mohammadi, R. & Molayynia, M. R. (2017a). The Effect of Eucalyptus Windbreak on changes in Wind Speed, Temperature and humidity. *The First International Conference on Modern Advances in Civil Engineering*, Amol, North University (in Persian).
- Jan Mohammadi, R. & Molayynia, M. R. (2017b). The effect of *tamarix* Windbreak on changes in wind speed, temperature and humidity, *The First International Conference on Modern Advances in Civil Engineering*, Amol, North University (in Persian).
- Jarrah, M., Mayel, S., Tatarko, J., Funk, R. & Kuka, K. (2020). A review of wind erosion models: data requirements, processes, and validity. *Catena*, 187, 104388.
- Kamali Maskoni, E., Amiri & Ekhtesasi, M. R. (2011). A comparative study of the effects of mud wall windbreaks and date palms on wind speed changes case study Jiroft region, *The Second National Conference of Wind Erosion and Dust Storms*, Iran, Yazd (in Persian).
- Kučera, J., Podhrázská, J., Karásek, P. & Papaj, V. (2020). The Effect of Windbreak Parameters on the Wind Erosion Risk Assessment in Agricultural Landscape. *Journal of Ecological Engineering*, 21 (2), 150-156.
- Lampartová, I., Schneider, J., Vyskot, I., Rajnoch, M. & Litschmann, T. (2015). Impact of protective shelterbelt microclimate characteristics. *Ekológia (Bratislava)*, 34 (2), 101-110.
- Madadi zadeh, N., Amiri, I., Faryabi, N. & Tekluzadeh, A. M. (2014). Comparison of Biological Windbreak Distance in Different Methods of Implementation (Case Study: South of Kerman Province). *Conference on Agricultural and Environmental Sciences*, Shiraz (in Persian).
- Mirhasani, M., Rostami, N., Bazgir, M. & Tavakoli, M. (2019). Living windbreak design for wind erosion control in arid regions: A case study in Dehloran, Iran. *Desert*, 24 (1), 33-42.
- Mirhasani, M. (2017). *Study of Threshold Velocity for Wind Erosion in Different Land Uses Using Wind Tunnel (Case Study: Eyn- Khowsh, Dehloran, Ilam)*. Master of Science Thesis, Ilam University (in Persian).
- Peri, P. L. & Bloomberg, M. (2002). Windbreaks in southern Patagonia, Argentina: A review of research on growth models, windspeed reduction, and effects on crops. *Agroforestry Systems*, 56 (2), 129-144.
- Refahi, H. Gh. (2012). *Wind Erosion and conservation*. 6th Edition Tehran: Tehran University (in Persian).
- Rezazadeh, R. & Aghajan Biglou, E. (2012). Proposed Model for Massage in Rawty Residential Components, *Biannual Journal of the University of Art*, 4 (7), (in Persian).
- Saffai ghahnouyeh, A. R., Babakhani, S. & Karimzadeh, H. R. (2010). Introduction of Effective Plant Species on Wind Erosion Control, *2nd National Conference on Wind Erosion and Dust Hurricanes*, Yazd (in Persian).
- Sedaghat, M. (1979). *Exterior Processes of Land Formation; Geology Lesson*. Volume 2. Tehran: Iran Azad University (in Persian).
- Shamsutdinov, Z. S., Ubaydullaev, S. R., Shamsutdinov, N. Z. & Zanzheev, V. V. (2016). Environment-forming role of black saxaul, *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin in the

- Karnabchul Desert. *Russian journal of ecology*, 47 (1), 39-45.
- Takht Abnoci, Gh. (1994). Forestry in Arid Regions (Translation). *Examine the Research Center for Rural Issues Ministry of Jihad*.
- Uranov, A. A. (1965). Fitogennoe Pole (in Russian) (The phytogenic field). In: *Lavrenko EM (Ed.) problem sovremennoj botaniki*, vol 1. Naoka, Moscow, 251-254.
- Vice President of Strategic Planning and Control (2015). *Criteria and Principals for the construction of a biological windbreak*. (658) (in Persian).
- Yukhnovskiy, V., Polishchuk, O., Lobchenko, G., Khryk, V. & Levandovska, S. (2020). Aerodynamic properties of windbreaks of various designs formed by thinning in central Ukraine. *Agroforestry Systems*, 1-11.



Monitoring the Ecological Security of Esfahan with an Ecosystem Service Approach

Mostafa Keshtkar¹, Romina Sayahnia^{1*}

¹ Department of Planning and Designing the Environment, Environmental Science Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 12 December 2020

Accepted 18 April 2021

Available online 18 April 2021

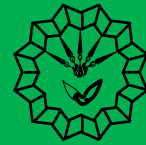
Keywords:

Biological Capacity,
Consumption Footprint
Pressure, Production
Footprint Pressure, Esfahan,
Sustainable Development.

Citation: Keshtkar, M., Sayahnia, R. (2021). Monitoring the Ecological Security of Esfahan with an Ecosystem Service Approach. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (4), 1-107. doi: [10.22126/GES.2021.5975.2329](https://doi.org/10.22126/GES.2021.5975.2329)

ABSTRACT

Arid and semi-arid regions of the world have been severely degraded by human and natural factors. These regions play an important role in reducing natural disasters and improving human well-being due to their unique ecosystems, rich resources and economically suitable areas. In this regards, in order to estimate the effects of man-made pressures on biological capacity of Esfahan city, consumption footprint pressure index (CFPI) and production footprint pressure index (PFPI) were used based on the concept of ecological footprint during 2000-2019. Besides, the ecological footprint distribution index (EFCI) was evaluated to investigate the pressures created by CFPI and PFPI. In this study, carbon storage service was integrated with ecological footprint index to evaluate the level of ecological security index (ESI) for consideration of the performance of the ecosystem as a criterion in the evaluations. The results showed that despite the different fluctuations in the trend of CFPI and PFPI variations during the study timespan, these indices have approximately a decreasing trend. In addition, the negative values of EFCI illustrates the higher effectiveness of the consumption footprint in determining the ecological safety index than the production footprint, and according to the decision-making model, this index in the 'high risk' class. Comparison of the biological capacity and the ecological footprint highlighted a severe ecological deficit and weak ecological security in Esfahan city during the studied timespan. The outcomes to this study could help policy makers and decision makers to adopt strategies such as the scenario of reducing the ecological footprint or increasing the biological capacity considering the land management criteria.



پایش امنیت اکولوژیک شهرستان اصفهان با رهیافت خدمات اکوسیستمی

مصطفی کشتکار^۱، رومینا سیاح‌نیا^{*}

^۱گروه برنامه‌ریزی و طراحی محیط، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان بر اثر عوامل انسانی و طبیعی، دچار تغییر و تخریب شدید شده است. این مناطق به‌علت دارا بودن اکوسیستم‌های منحصربه‌فرد و منابع غنی، نیز مناطق مستعد از نظر توسعه اقتصادی، نقش مهمی در کاهش بلاهای طبیعی و رفاه بشر دارند. در این راستا به‌منظور برآورد تأثیر فشارهای انسانی بر ظرفیت زیستی در شهرستان اصفهان در طول سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸، شاخص فشار رد پای مصرف و شاخص فشار رد پای تولید با تکیه بر مفهوم رد پای اکولوژیک استفاده شد؛ همچنین به‌منظور برآورد فشارهای ایجادشده حاصل از رد پای مصرف و تولید پسماند (ورودی و خروجی) شاخص توزیع رد پای اکولوژیک ارزیابی شد. در پژوهش حاضر برای بررسی سطح امنیت اکولوژیک خدمت ذخیره کربن با شاخص رد پای اکولوژیک ادغام شد تا عملکرد اکوسیستم نیز به‌عنوان معیاری در ارزیابی‌ها لحاظ شود. نتایج نشان داد که باوجود نوسانات متفاوت در روند تغییرات شاخص فشار رد پای مصرف و شاخص فشار رد پای تولید در طول دوره مطالعاتی، به‌طور عمده این شاخص‌ها روند کاهشی داشته‌اند؛ افزون بر این، منفی‌بودن مقدار شاخص توزیع رد پای اکولوژیک نشان‌دهنده اثرگذاری بالاتر رد پای مصرف در تعیین شاخص امنیت اکولوژیک نسبت به رد پای تولید بوده است و با توجه به مدل تصمیم‌گیری، این شاخص در کلاس «ریسک بالا» قرار گرفته است. مقایسه ظرفیت زیستی با رد پای اکولوژیک نمایانگر کسری شدید اکولوژیک و امنیت اکولوژیک پایین در شهرستان اصفهان در طول مدت‌زمان مورد نظر است. نتایج به‌دست‌آمده از نوشتار پیش رو به سیاست‌گذاران و تصمیم‌گیران کمک خواهد کرد تا با توجه به ضوابط آمایش سرزمین، راهبردهایی همچون سناریوی کاهش رد پای اکولوژیک یا افزایش ظرفیت زیستی را اتخاذ نمایند.

مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۲۲ آذر ۱۳۹۹

پذیرش ۲۹ فروردین ۱۴۰۰

دسترسی آنلاین ۲۹ فروردین ۱۴۰۰

کلیدواژه‌ها:

ظرفیت زیستی، فشار رد پای مصرف، فشار رد پای تولید، اصفهان، توسعه پایدار.

/استناد: کشتکار، مصطفی؛ سیاح‌نیا، رومینا (۱۳۹۹). پایش امنیت اکولوژیک شهرستان اصفهان با رهیافت خدمات اکوسیستمی. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۰ (۴)، ۹۱-۱۰۷. doi: [10.22126/GES.2021.5975.2329](https://doi.org/10.22126/GES.2021.5975.2329)

مقدمه

با افزایش جمعیت و فراوانی نیازهای جوامع از ابعاد اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی، مصرف انرژی و منابع زیستی بیش از حد افزایش یافته که منجر به تخریب و تغییر محیط‌زیست و اکوسیستم‌های مختلف در مقیاس زمانی و مکانی وسیع شده است (ارزیابی اکوسیستم هزاره^۱، ۲۰۰۵). این موضوع باعث پدیدارشدن مفاهیم ظرفیت برد و امنیت اکولوژیک شده است (لی^۲ و همکاران، ۲۰۱۴). امنیت اکولوژیک به‌عنوان موضوع مهم استراتژیک از بُعد اجتماعی، اقتصادی و سیاسی شناخته می‌شود (شو^۳ و همکاران، ۲۰۰۸؛ لی و همکاران، ۲۰۱۹). درواقع حفظ امنیت اکولوژیک یک منطقه کوچک، باعث حفظ امنیت اکولوژیک جهانی و منطقه‌ای و در نتیجه اجازه رشد اقتصادی و توسعه پایدار خواهد شد (فو^۴ و همکاران، ۲۰۱۵).

از اصلی‌ترین روش‌هایی که برای ارزیابی امنیت اکولوژی استفاده می‌شود، می‌توان به روش پاسخ - وضعیت - فشار (شوآن^۵، ۲۰۰۰)، روش خوشه‌بندی سیستم (لوندکویست و سامرفلد^۶، ۲۰۰۲)، رد پای اکولوژیک و ریسک اکولوژیک (جمعه‌پور و حاتمی‌نژاد^۷، ۱۳۹۲؛ محمدی^۸ و همکاران، ۱۳۹۵؛ هوانگ^۹ و همکاران، ۲۰۰۷؛ لی و هی^{۱۰}، ۲۰۱۱؛ لی و همکاران، ۲۰۱۴؛ ژانگ^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۸؛ لی و همکاران، ۲۰۱۹؛ ژائو^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۸)، روش شاخص جامع (بارتل^{۱۳}، ۲۰۰۰) و روش ارزیابی جامع فازی (هان^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۵) اشاره کرد. رویکرد امنیت اکولوژیک می‌تواند به ابزاری برای اندازه‌گیری آسان برای پایداری اکولوژیک تبدیل شود (ژانگ و ژو^{۱۵}، ۲۰۱۷) و برای مقایسه درمورد توسعه یا مقایسه میزان مصرف و تولید منابع موجود طی بازه‌های زمانی مختلف وضعیت امنیت اکولوژیک و پتانسیل توسعه پایدار به کار گرفته شود (فو و همکاران، ۲۰۱۵). کمی‌سازی خدمات اکوسیستم یکی از راهکارهای رسیدن به مدیریت در راستای توسعه پایدار و نیز ایجاد ابزار پشتیبان در تصمیم‌گیری‌ها است (مبرقی^{۱۶} و همکاران، ۱۳۸۸). با استفاده از روش رد پای اکولوژیک و ترکیب آن با خدمات اکوسیستمی، می‌توان به ارزیابی دقیق‌تری از پایداری و یا ناپایداری یا به عبارت دیگر امنیت اکولوژیکی منطقه دست یافت (مانچینی^{۱۷} و همکاران، ۲۰۱۸؛ پنگ^{۱۸} و همکاران، ۲۰۱۸).

شهرستان اصفهان به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مناطق تمرکز جمعیت در مرکز کشور در سال‌های اخیر رشد شتابانی به خود گرفته که منجر به تخریب بسیاری از مناطق بکر محیط‌زیست پیرامونش شده است و در صورت ادامه روند فعلی و بهره‌وری ساکنان منجر به زوال منابع شهرستان اصفهان خواهد گردید (منصورفر و حق‌شناس^{۱۹}،

1- Millennium Ecosystem Assessment (MEA)

2- Li

3- Qiu

4- Fu

5- Chuan

6- Lundquist & Sommerfeld

7- Jomepour & Hataminejad

8- Mohmadai

9- Huang

10- HE

11- Zhang

12- Zhao

13- Bartel

14- Han

15- Xu

16- Mobarghai

17- Mancini

18- Peng

19- Mansourianfar & Haghshenas

۲۰۱۸؛ کریمزاده مطلق^۱ و همکاران، ۱۳۹۹). در پژوهش حاضر به ارائه روش محاسبه رد پای اکولوژیک^۲ و شاخص‌های امنیت اکولوژیک^۳ از جمله شاخص فشار رد پای تولید^۴، شاخص فشار رد پای مصرف^۵ و شاخص توزیع رد پای اکولوژیک^۶ و توسعه آن پرداخته خواهد شد. رویکرد این پژوهش توسعه مدل امنیت اکولوژیک با واردسازی عملکرد اکوسیستم، استفاده از روش جدید محاسبه انتشار کربن و طبقه‌بندی نوین کاربری اراضی^۷ یا طبقه‌بندی اقلیمی در افزایش دقت برآوردهای ظرفیت زیستی^۸ است. هدف از نوشتار پیش رو ارزیابی تغییرات فشار وارده بر اکوسیستم بر اثر مصرف منابع در بازه زمانی بیست‌ساله (۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸) در شهرستان اصفهان است تا برنامه‌ریزی‌های آتی منطقه با توجه به ملاحظات اکولوژیکی، مد نظر تصمیم‌گیران قرار گیرد.

معرفی منطقه مورد بررسی

استان اصفهان در بخش مرکزی ایران قرار گرفته. شهرستان اصفهان دارای طول جغرافیایی $51^{\circ} 39' 40''$ شرقی و عرض جغرافیایی $32^{\circ} 38' 30''$ شمالی و مساحت ۵۵۱ کیلومتر مربع است (شکل ۱) (بی‌همتا^۹ و همکاران، ۲۰۱۵). از بُعد اقلیمی، آب‌وهوای اصفهان به‌طور کلی معتدل و خشک است و مقدار بارش باران و برف به نسبت متوسطی دارد. حداکثر درجه حرارت در تابستان ۳۹ درجه سانتی‌گراد است که تابستان‌هایی گرم و خشک را می‌سازد و در زمستان تا حداکثر ۱۸- درجه می‌رسد. مجموع میانگین بارش سالانه شهر اصفهان ۱۲۷ میلی‌متر است. متوسط تبخیر سالانه در شهر اصفهان ۳۲۱۹ میلی‌متر است (سازمان هواشناسی^{۱۰}، ۱۳۹۸).

پوشش گیاهی غالب، شامل گون و درمنه کوهی همراه با گونه‌های غالب گندمیان چندساله و دافنه و پوشش غالب درختی این شهرستان شامل انواع درختچه‌های بادام، افرا، زالزالک و زرشک است (فیضی و شیرانی^{۱۱}، ۱۳۹۶). از بعد جمعیت‌شناختی در منطقه مورد مطالعه رشد تدریجی جمعیت از ۱۳۷۱۸۷۰ نفر در سال ۱۳۷۵ به ۲۰۹۴۸۶۷ نفر در سال ۱۳۹۵ رسیده است (سالنامه آماری استان اصفهان^{۱۲}، ۱۳۹۷). از بعد اقتصادی استان اصفهان با ۷۰/۲ هزار میلیارد تومان تولید ناخالص داخلی در رتبه سوم کشور قرار گرفته است. سرانه محصول ناخالص داخلی در استان اصفهان از ۹۲۹۲ هزار ریال در سال ۱۳۷۹ به ۱۵۳۱۰۳ هزار ریال در سال ۱۳۹۳ رسیده است (سالنامه آماری استان اصفهان، ۱۳۹۷).

مواد و روش‌ها

در پژوهش پیش رو از رد پای اکولوژیک برای ارزیابی امنیت اکولوژیک استفاده شده است. رد پای اکولوژیکی به‌عنوان ابزار حسابداری منابع و انتشار شناخته می‌شود و تقاضای مستقیم و غیر مستقیم انسان برای ظرفیت قابل زیست را برآورد و آن را با ظرفیت بیولوژیکی موجود در کره زمین مقایسه می‌کند (واکرناگل^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۴؛

1- Karimzadeh Motlagh

2- Ecological Footprint (EF)

3- Ecological Security Index (ESI)

4- Production Footprint Pressure Index (PFPI)

5- Consumption Footprint Pressure Index (CFPI)

6- Ecological Footprint Contribution Index (EFCI)

7- Local Climate Zone (LCZ)

8- Biocapacity(BC)

9- Bihamta

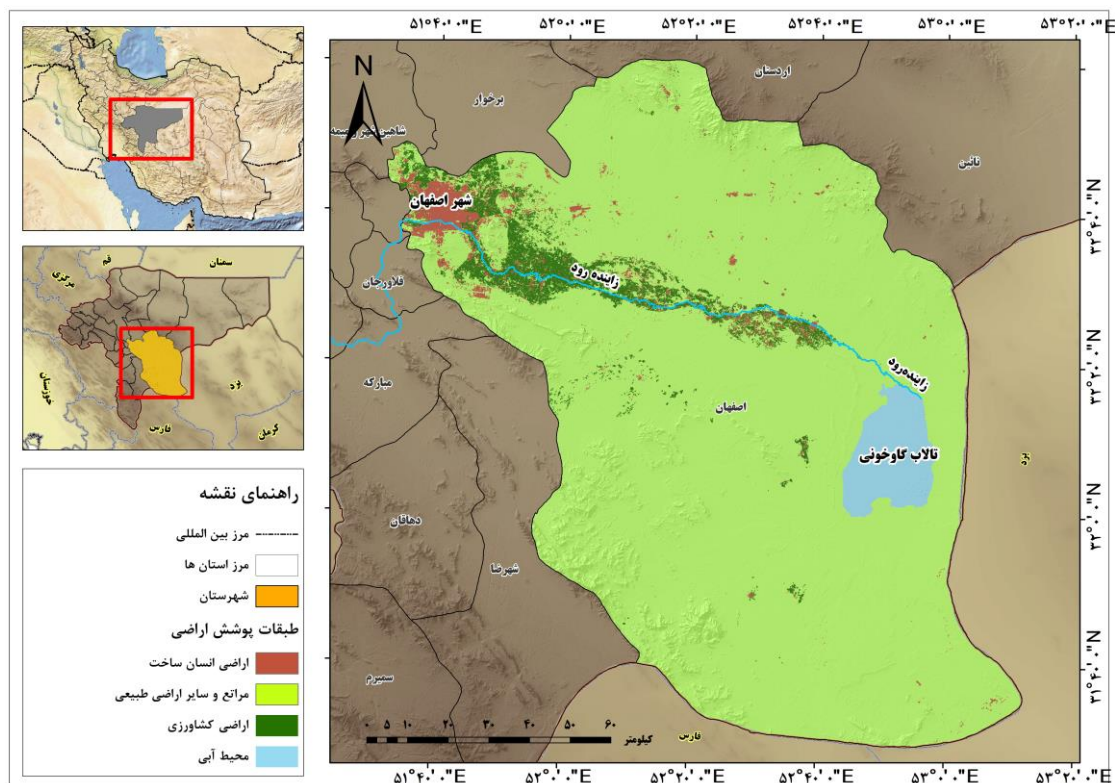
10- Meteorological Organization

11- Feyzi and Shirani

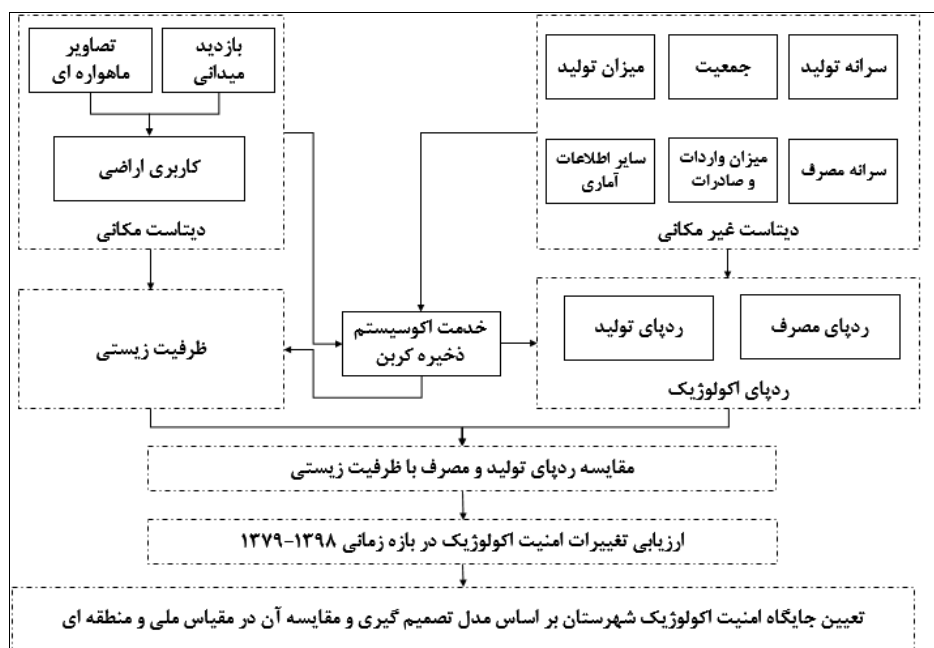
12- Statistical Yearbook of Isfahan Province

13- Wackernagel

مونفردا^۱ و همکاران، ۲۰۰۴؛ گالی^۲ و همکاران، ۲۰۱۲). در روش‌شناسی ابتدا چگونگی محاسبه رد پای اکولوژیکی و سپس رد پای تولید و مصرف بیان می‌شود و سپس روش محاسبه ظرفیت زیستی و فشار تولید و مصرف و در انتها شاخص امنیت اکولوژیک بررسی می‌شود (شکل ۲).



شکل ۱. نقشه محدوده مورد مطالعه



شکل ۲. چارت کلی انجام پژوهش

رَد پای اکولوژیکی را می‌توان از راه یک فرایند چندمرحله‌ای (رابطه ۱) در واحد هکتار جهانی بیان کرد (موفردا و همکاران، ۲۰۰۴؛ باستیانونی^۱ و همکاران، ۲۰۱۲ و بابو^۲ و همکاران، ۲۰۱۷): که در آن D: تقاضای سالانه یک محصول و Y: بازده سالانه همان محصول است ولی ارزیابی رَد پای اکولوژیک به هکتار جهانی با دو عامل دیگر محاسبه می‌شود (رابطه ۲).

$$EF = D_{\text{ANNUAL}} / Y_{\text{ANNUAL}} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$EF = P/Y_N * YF * EQF = P/Y_N * Y_N/Y_W * EQF = P/Y_W * EQF \quad \text{رابطه ۲}$$

جایی که P: مقدار محصول برداشت‌شده یا کربن ساطع‌شده است؛ Y_N : متوسط عملکرد مّلی محصول P است و YF^3 و EQF^4 : به‌ترتیب ضریب بازده و ضریب تعادل، برای نوع کاربری اراضی مختلف هستند. Y: (تولید) سالانه به‌عنوان نسبت عملکرد محلی برای تولید محصولات (Y_N) به عملکرد تولید همان محصول در جهان (Y_W) به‌عنوان یک کل ارزیابی می‌شود (مانچینی و همکاران، ۲۰۱۶). به‌منظور تخصیص مناسب رَد پاهای برآوردشده به‌وسیله جریان‌های انتقال ماده و انرژی و ارزیابی ظرفیت بیولوژیکی، میزان مصرف اکولوژیکی^۵ با افزودن رَد پای عرضه محصولات^۶ و محصولات وارداتی یا ورودی^۷ و کم‌کردن رَد پای محصولات صادراتی یا خروجی^۸ (گالی و همکاران، ۲۰۱۲؛ بوروکه^۹ و همکاران، ۲۰۱۳) براساس رابطه ۳ محاسبه می‌شود:

$$EF_C = EF_P + EF_I - EF_E \quad \text{رابطه ۳}$$

برای محاسبه رَد پاهای مختلف میزان تولید یا مصرف هر منبع یا کاربری مورد استفاده قرار می‌گیرد که متناسب با هر کاربری با استفاده از داده‌های موجود تولید یا مصرف رَد پای بازده تولید محاسبه می‌شود؛ اما از میان شش نوع کاربری زمین در مفهوم رَد پای اکولوژیک، زمین انرژی (جذب کربن) تنها برای ردیابی یک ماده زائد اختصاص داده شده است (واکرناگل و ریز^{۱۰}، ۱۹۹۶). مدل اکولوژیک مربوط به انتشار کربن ناشی از مصرف انرژی و با هدف محاسبه انتشارات سالیانه کربن ناشی از مصرف انرژی در شهرستان اصفهان را می‌توان براساس رابطه ۴ درنظر گرفت (ژائو و همکاران، ۲۰۱۴).

$$C_t = \sum (C_h + C_b) \quad \text{رابطه ۴}$$

$$C_h = CFC (E * WCO_2 + E * WCH_4 + E * WN_2O) \quad \text{رابطه ۵}$$

$$CFC = Ac * Ecf \quad \text{رابطه ۶}$$

در رابطه ۴، C_t : کربن کل، C_h : نیز انتشار کربن ناشی از مصرف انرژی است و C_b : نیز انتشار کربن ناشی از مصرف زیست‌توده شهری است (لیا^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۴). در رابطه ۵، C_h : میزان انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از

1- Bastianoni

2- Baabou

3- Yield Factor (YF)

4- Equivalence Factor (EF)

5- consumption Ecological Footprint (EFC)

6- Production Ecological Footprint (EFP)

7- Imported products Ecological Footprint (EFI)

8- Export products Ecological Footprint (EFE)

9- Borucke

10- Rees

11- Lei

مصرف انرژی را نشان می‌دهد. در رابطه ۶، C_H : میزان انتشار دی‌اکسید کربن ناشی از مصرف انرژی و AC : مقدار سوخت مصرفی را نشان می‌دهد و Ecf : مقدار گرمایی سوخت مصرفی است (کردنیس^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). E : نشان‌دهنده فاکتور انتشار مربوط به هریک از گازهای یادشده همچون اکسیدنیترژن^۲، دی‌اکسیدکربن^۳، متان^۴ است و W : پتانسیل گرمایش جهانی هریک از گازها می‌شود (هوئل^۵، ۲۰۲۰؛ محیط‌زیست کانادا^۶، ۲۰۱۴). به‌منظور محاسبه کربن ذخیره‌شده و ترسیب‌شده به‌وسیله اکوسیستم‌ها از بسته نرم‌افزار اینوست^۷ ۳,۸,۰ استفاده شده است (ژائو و همکاران، ۲۰۱۹؛ شارپ^۸ و همکاران، ۲۰۱۴). در این مدل، ذخیره و ترسیب کربن خشکی از رابطه ۷ به‌دست می‌آید (شارپ، ۲۰۱۴). برای محاسبه متوسط بازده منطقه برای جذب یا تولید پسماند از رابطه ۸ استفاده شده است (واکرناگل و همکاران، ۲۰۰۴).

$$C_{xt} = C_{ptx} + \sum_{j=1}^n A_{xjt} (C_{ai} + C_{bj} + C_{sj} + C_{oj}) \quad \text{رابطه ۷}$$

$$YN_{CO_2} = (TON \text{ C Sequestration}) / (Total \text{ Hec}) \quad \text{رابطه ۸}$$

که در رابطه ۸، C_{xt} : کربن ذخیره‌شده در پیکسل مورد بررسی در زمان t است که برابر با مجموع کربن ذخیره‌شده در منابع ذخیره کربن شامل ماده آلی مرده C_{sj} ، بیومس روی زمین C_{bj} ، بیومس زیر زمین C_{aj} و خاک C_{oj} است. A_{xjt} : نشان‌دهنده کاربری زمین و A_{xjt} : مساحت کاربری اراضی در پیکسل x در اراضی t در زمان t است. در رابطه بالا، C_{pxt} : برابر با تولیدات چوبی برداشت‌شده است. ظرفیت زیستی، نواحی حاصل‌خیزی است که برای تولید منابع و جذب پسماند وجود دارد که همتای رد پای اکولوژیک است (دنگ^۹ و همکاران، ۲۰۱۸؛ استیگلنر^{۱۰}، ۲۰۰۳). ظرفیت زیستی یک منطقه برای هر نوع پهنه زمین را می‌توان از رابطه ۹ (مونفردا و همکاران، ۲۰۰۴؛ واکرناگل و ریز، ۱۹۹۶) محاسبه کرد:

$$BC = (1-12\%) \sum_{i=1}^n A_i * YF_i * EQF_i \quad \text{رابطه ۹}$$

جایی که A_i : مساحت واقعی زمین نواحی موجود برای یک‌نوع مصرف زمین معین (gha) باشد، YF_i : ضریب بازده و EQF : ضریب تعادل است (مونفردا و همکاران، ۲۰۰۴). برای محاسبه کسری موازنه اکولوژیکی (EC) و بررسی میزان پایداری و ناپایداری، تفاضل ظرفیت زیستی (BC) و رد پای اکولوژیک (EF) منطقه از رابطه ۱۰ استفاده می‌شود (کیتز^{۱۱} و واکرناگل، ۲۰۰۹؛ مونفردا و همکاران، ۲۰۰۴؛ گریگوریوا^{۱۲}، ۲۰۱۰):

$$EC = BC - EF \quad \text{رابطه ۱۰}$$

شاخص فشار رد پای مصرف (CFPI) و شاخص فشار رد پای تولید (PFPI) مطابق رابطه ۱۱ و ۱۲ محاسبه می‌شود

- 1- Cardenes
- 2- N₂O
- 3- CO₂
- 4- CH₄
- 5- Hoyle
- 6- Environment Canada
- 7- InVEST3.8.0
- 8- Sharp
- 9- Deng
- 10- Stöglehner
- 11- Kitzes
- 12- Grigoryeva

(مونفردا و همکاران، ۲۰۰۴؛ هان و همکاران، ۲۰۱۵):

$$CFPI = EFC/BC$$

رابطه ۱۱

$$PFPI = EFP/BC$$

رابطه ۱۲

به منظور محاسبه تعداد بین فشار تولید و مصرف از شاخص توزیع رد پای اکولوژیک (EFCI) براساس رابطه ۱۳ بهره گرفته شد (لی و همکاران، ۲۰۱۴):

$$EFCI = (EFP - EFC) / EFC$$

رابطه ۱۳

برای توصیف امنیت اکولوژیک یک منطقه، شاخص امنیت اکولوژیک ESI تعریف شده است که مقدار آن نشان دهنده پارامتر غالب (تولید یا مصرف) برای آن منطقه است (لی و همکاران، ۲۰۱۴). جدول ۱ مدل تصمیم گیری را براساس امنیت اکولوژیک تشریح می کند و نشان می دهد که منطقه تحت تأثیر کدام شاخص و نوع استفاده از سرزمین است (لیو و چانگ^۱، ۲۰۱۵).

جدول ۱. مدل تصمیم گیری امنیت اکولوژی (لیو و چانگ، ۲۰۱۵؛ لی و همکاران، ۲۰۱۴)

تشریح	تعیین وضعیت امنیت اکولوژیک	شاخص رد پای اکولوژیک	سناریوها	
			شاخص توزیع رد پای اکولوژیک	شاخص امنیت اکولوژیک
رد پای اکولوژیک تولید و رد پای اکولوژیک مصرف فراتر از ظرفیت زیستی است، به طوری که فشار اکولوژیک منتقل شده از خارج از منطقه افزایش یافته است و موجب افزایش تهدید برای امنیت اکولوژیک شده است و امنیت اکولوژیک با فشار مصرف و فشار تولید شده تصمیم گیری می شود.	ریسک بالا	$PFPI > CFPI > 1$	$EFCI \geq 0 (EFP \geq EFC)$	$ESI = PFPI$
	امنیت بالا ایمن امنیت پایین	$ESI < 0.5$ $ESI < 0.8 \leq 0.5$ $1 \leq ESI \leq 0.8$		
	دارای ریسک	$PFPI > 1, CFPI < 1$		
رد پای اکولوژیک تولید و مصرف هردو بین ظرفیت زیستی قرار دارند؛ بنابراین منطقه مورد مطالعه توان بالقوه ای برای توسعه دارند.	ریسک بالا	$CFPI > PFPI > 1$	$EFCI < 0 (EFP < EFC)$	$ESI = CFPI$
	امنیت بالا ایمن امنیت پایین	$ESI < 0.5$ $ESI < 0.8 \leq 0.5$ $1 \leq ESI \leq 0.8$		
	دارای ریسک	$CFPI > 1, PFPI < 1$		
رد پای اکولوژیک تولید و مصرف هردو بین ظرفیت زیستی قرار دارند؛ بنابراین منطقه مورد مطالعه توان بالقوه ای برای توسعه دارد.	ریسک بالا	$CFPI > PFPI > 1$	$EFCI < 0 (EFP < EFC)$	$ESI = CFPI$
	امنیت بالا ایمن امنیت پایین	$ESI < 0.5$ $ESI < 0.8 \leq 0.5$ $1 \leq ESI \leq 0.8$		
	دارای ریسک	$CFPI > 1, PFPI < 1$		
رد پای اکولوژیک تولید و مصرف هردو بین ظرفیت زیستی قرار دارند؛ بنابراین منطقه مورد مطالعه توان بالقوه ای برای توسعه دارد.	ریسک بالا	$CFPI > PFPI > 1$	$EFCI < 0 (EFP < EFC)$	$ESI = CFPI$
	امنیت بالا ایمن امنیت پایین	$ESI < 0.5$ $ESI < 0.8 \leq 0.5$ $1 \leq ESI \leq 0.8$		
	دارای ریسک	$CFPI > 1, PFPI < 1$		

جمع‌آوری اطلاعات

با توجه به اهمیت کاربری و پوشش اراضی در نوشتار پیش رو، نقشه کاربری اراضی شهرستان اصفهان با روش طبقه‌بندی اقلیمی تصاویر ماهواره‌ای استخراج شد. در روش طبقه‌بندی اقلیمی، کاربری اراضی با استفاده از روش‌های مبتنی بر تصاویر ماهواره‌ای و اطلاعات جغرافیایی استخراج می‌شود. لازم به ذکر است که تصویر ماهواره‌ای مورد استفاده در پژوهش حاضر تصویر سنجنده ماهواره لندست ۷ و ۸^۱ می‌باشد. برای طبقه‌بندی اقلیمی از باندهای مادون قرمز حرارتی تصاویر ماهواره‌ای و نمونه‌گیری دقیق برای استخراج بازتاب‌های مختلف دمای سطح زمین استفاده می‌شود. بنابراین، جستار پیش رو با در نظر گرفتن تغییرات دمای سطح زمین در طبقات کاربری اراضی و پوشش زمین در ۱۷ کلاس در دو دوره ده‌ساله ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ استخراج شد؛ سپس، با در نظر گرفتن جمعیت منطقه، سهم هر شهروند از هریک از کاربری‌ها و مصرف و تولید محاسبه شد. میزان ذخیره، جذب و ترسیب کربن از گزارش ارزیابی چهارم^۲ هیئت بین دولتی تغییر اقلیم سازمان ملل متحد (کنوانسیون بین‌الدول تغییر اقلیم^۳، ۲۰۰۷) و سایر مطالعات (کشتکار^۴، ۱۳۹۶: ۹۸؛ اسدالهی^۵ و سلمان‌ماهینی، ۱۳۹۶) بهره گرفته شد. سایر اطلاعات مورد نیاز از سالنامه‌های آماری مربوط به شهرستان اصفهان (سالنامه آماری استان اصفهان، ۱۳۹۷) مستخرج از آمارنامه‌های اداره جهاد کشاورزی استان اصفهان^۶ (۱۳۹۷)، اداره کل شیلات استان اصفهان^۷ (۱۳۹۵) و سالنامه مرکز آمار در بازه زمانی بیست‌ساله جمع‌آوری شده است.

نتایج

برای محاسبات رد پای اکولوژیک حساب‌های دقیق ملی و منطقه‌ای لازم است (واکرناگل و ریز، ۱۹۹۶). رد پای اکولوژیک به تفکیک رد پای مصرف و رد پای تولید و ظرفیت زیستی در بخش‌های غذا، حمل و نقل، کالا خدمات، تجارت و صنعت و مسکن مطابق فرمول‌های معرفی شده محاسبات رد پای اکولوژیک، ظرفیت زیستی به تفکیک تولید و مصرف در طبقات زمین انرژی، زمین کشاورزی، زمین مرتع، زمین جنگل، زمین دریا و زمین ساخته شده در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸ بررسی شد.

با توجه به نتایج حاصل از محاسبه شاخص رد پای اکولوژیک شهرستان در بخش‌های مصرفی و تولیدی، غذا، حمل و نقل، کالا و خدمات و مسکن می‌توان بیان کرد که بخش‌های کالا و خدمات و مسکن بالاترین شاخص رد پای اکولوژیک را دارد (شکل ۳ و ۴). چنانچه رد پای مصرف در بخش زمین مسکن و سپس غذا دارای بیشترین مقدار بوده و کمترین میزان رد پای مصرفی در بخش کالا و خدمات است. همچنین نتایج محاسبه رد پای تولید زمین کشاورزی در دو گروه محصولات زراعی شامل غلات، سبزیجات و محصولات جالیزی و پروتئینی شامل شیر، گوشت قرمز (گاو و دام) و گوشت مرغ برآورد شد که میزان تولید و عملکرد رشد ۴۸ درصدی را داشته است که این مهم از ۴۷۸۸۶۵ هکتار جهانی در سال ۱۳۷۹ به ۷۰۲۶۹۳ هکتار جهانی در سال ۱۳۹۸ افزایش یافته است. نتایج حاصل از محاسبه شاخص جای پای اکولوژیکی شهرستان اصفهان در بخش کشاورزی نیز نشان داد که تولیدات کشاورزی کمتر از مصرف آن در این شهرستان بوده است.

1- Landsat 7 (ETM+) and Landsat 8 (OLI)

2- AR4

3- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

4- Keshtkar

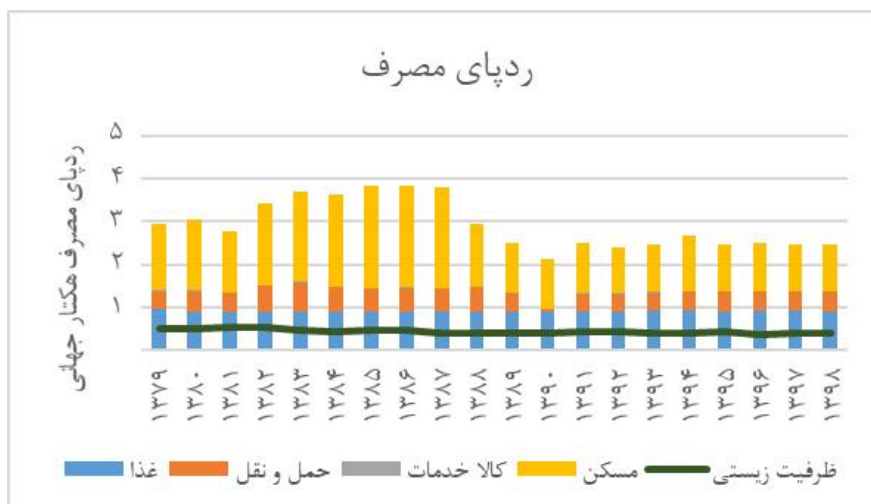
5- Asadolahi and Salman mahini

6- Isfahan Agricultural Jihad Office

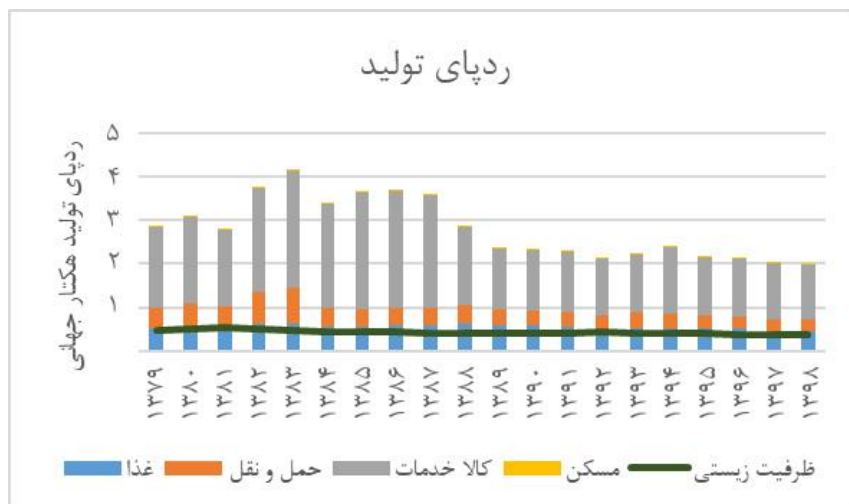
7- General Department of Fisheries of Isfahan Province

رد پای اکولوژیک تولید برای هر کدام از سکنة شهرستان اصفهان، تغییراتی را داشته است که سرانه آن از ۳/۱ به ۲/۲ هکتار جهانی کاهش یافته است؛ از این رو برای سال ۱۳۹۸ با توجه به جمعیت ۲۲۰۹۶۰۶ نفری شهرستان (سالنامه آماری مرکز آمار، ۱۳۹۸)، برای برطرف کردن نیازهای کل افراد، زمینی معادل ۴/۹ میلیون هکتار جهانی لازم است که این مهم در سال ۱۳۷۹ برابر با ۴/۸ میلیون هکتار جهانی بوده است. لازم به ذکر است تغییرات این شاخص طی بازه زمانی نوسانات مختلفی داشته است؛ چنانچه در حد فاصل سالهای ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۷ این نرخ افزایشی بوده که بیشترین میزان آن به ۷/۴ میلیون هکتار جهانی در سال ۱۳۸۳ به سرانه ۴/۴ هکتار جهانی رسیده است. این روند برای رد پای مصرف نیز صدق می کند که ۵/۴ میلیون هکتار در سال ۱۳۷۹ به ۷/۶۵ میلیون هکتار جهانی در سال ۱۳۹۸ افزایش یافته است؛ اما بیشترین میزان آن در سال ۱۳۸۷ به میزان ۸/۶ میلیون هکتار جهانی بوده است (شکل ۳ و ۴).

در بررسی ظرفیت زیستی با توجه به نبود کاربری دقیق که مطابق طبقه بندی دستورالعمل ارزیابی ظرفیت برد باشد؛ از طبقه بندی تصاویر ماهواره ای استفاده شد. از همین رو ظرفیت زیستی شهرستان اصفهان براساس زمین های موّلد و میزان عملکرد آن ها، مقادیر ظرفیت زیستی در هر نوع از کاربری های از جمله جنگل، زمین کشاورزی، مرتع، مناطق ساخته شده و زمین های ماهی گیری (تالاب) به دست آمد.



شکل ۳. تغییرات بخش های مختلف رد پای مصرف و ظرفیت زیستی در شهرستان اصفهان از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸

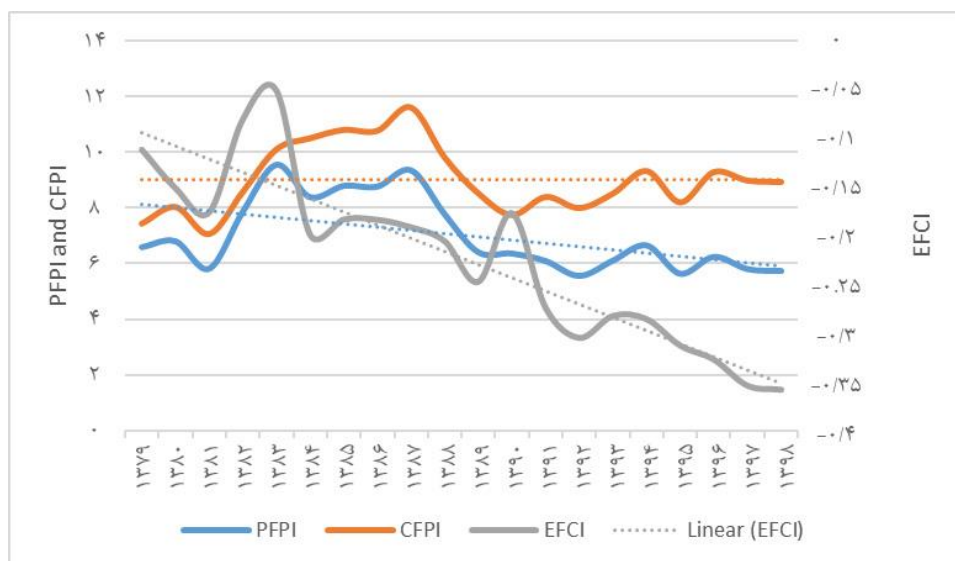


شکل ۴. تغییرات بخش های مختلف رد پای تولید و ظرفیت زیستی در شهرستان اصفهان از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸

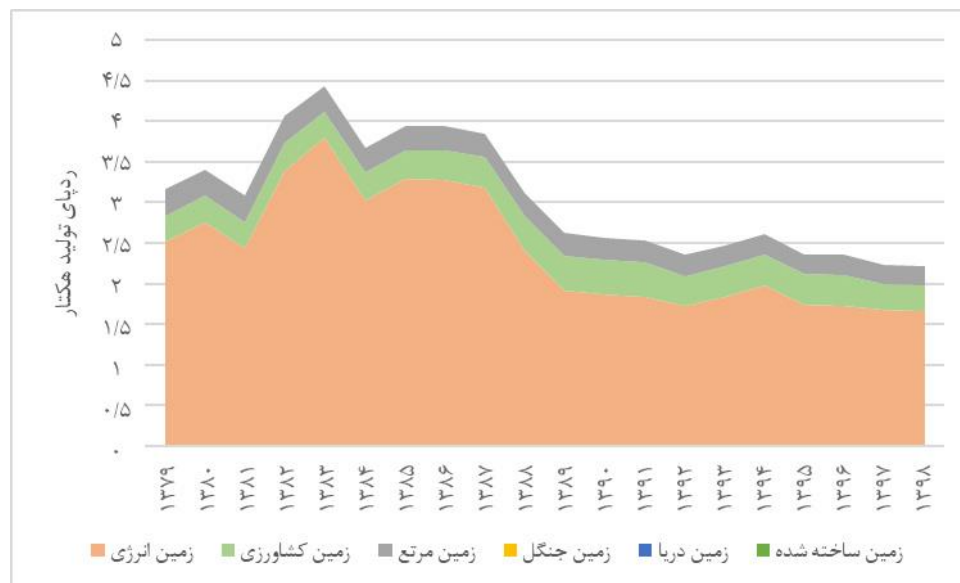
ظرفیت زیستی این شهرستان معادل $۰/۸۶$ میلیون هکتار جهانی در سال ۱۳۹۸ برآورد شده است. این مطلب گواه این است که برای تأمین نیاز سکنة این شهرستان بیش از سه برابر مقدار مساحت فعلی، زمین لازم است. در راستای محاسبه کسری اکولوژیک، ظرفیت زیستی به عنوان بستری برای توسعه در نظر گرفته شد و در مقابل رد پای اکولوژیک قرار داده و کسری موازنه اکولوژیک یا کمبود آن از $۱۳/۷$ - میلیون هکتاری جهانی آن در سال ۱۳۷۹ به $۱۶/۸۷$ - میلیون هکتار جهانی در سال ۱۳۹۸ محاسبه شد که این مقدار کسری نشان می‌دهد برای رفع نیاز سکنة شهرستان، حمایت مناطق پشتیبان لازم است.

در ادامه امنیت اکولوژیک شهرستان اصفهان با استفاده از مدل تصمیم‌گیری طبق جدول ۱ محاسبه شد. نتایج پژوهش نشان داد که کل منطقه مورد مطالعه از ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸ در طبقه با ریسک بالا بوده است (شکل ۵). با توجه به تجزیه و تحلیل تغییرات رد پای مصرفی و رد پای تولیدی انواع مختلف کاربری اراضی از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸ می‌توان دریافت که این ریسک از نظر رد پای مصرفی به‌طور عمده از زمین انرژی و سپس زمین کشاورزی است (شکل ۶). بر این اساس، شاخص فشار تولید از $۳/۱۷$ در سال ۱۳۷۹ به $۲/۲۲$ کاهش یافته است؛ اما شاخص فشار تولید در همین بازه زمانی کاهش اندکی داشته است. این موضوع به دلیل نیاز به مصرف انرژی که منجر به انتشار دی‌اکسید کربن می‌شود، سه برابر افزایش یافته است.

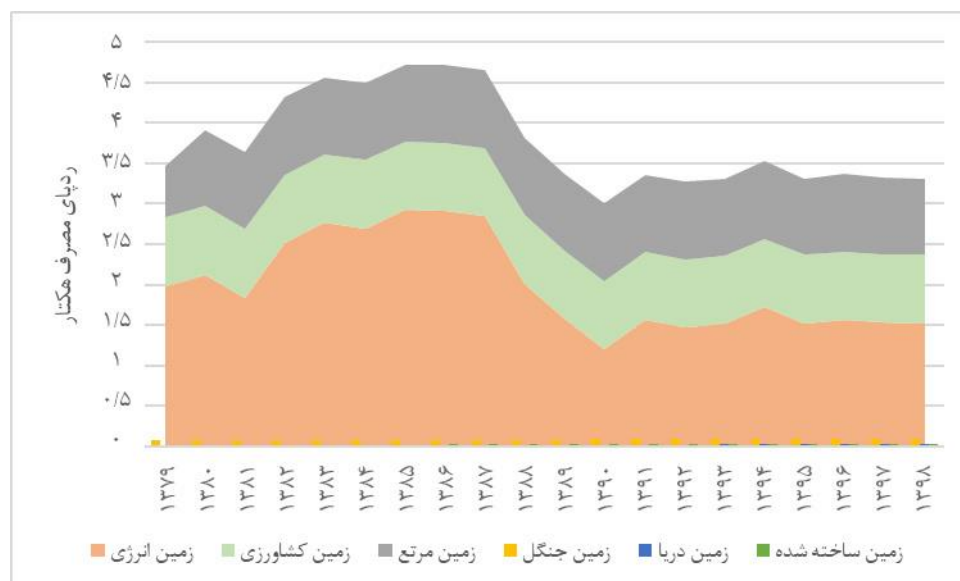
در پژوهش حاضر مصرف انرژی هم برای مصارف مسکونی و هم بخش صنعت محاسبه شده است که این قسمت با توجه به صنعتی‌بودن شهرستان اصفهان اضافه شد. در طبقه زمین انرژی، رد پای کالا و خدمات دارای بیشترین میزان و بخش مناطق ساخته شده کمترین میزان رد پا را در بخش رد پای تولید داشته است (شکل ۶). در شهرستان اصفهان مقدار رد پای انرژی مصرفی برای مسکن طی زمان کاهش یافته است که مهم‌ترین عامل را تغییر نوع سوخت می‌توان عنوان کرد. در بخش رد پای مصرف غذا بیشترین میزان رد پا مربوط به مصرف گندم و سپس انواع سبزیجات است (شکل ۷)؛ اما رد پای تولید به بخش سبزیجات تعلق می‌گیرد که بیشترین میزان رد پا طی زمان را داشته است. مطالعات نشان می‌دهد که هرچند فشار تولید و مصرف هر دو نرخ بالا و طی بازه زمانی رفتار مختلفی داشته‌اند؛ اما فشار تولید کاهش یافته است؛ ولی شاخص فشار مصرف به‌طور کلی افزایشی است. این موضع از سال ۱۳۷۸ تا ۱۳۸۷ رشد مثبت و از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۸ رشد کاهش را نشان می‌دهد.



شکل ۵. تغییرات شاخص فشار رد پای مصرف (CFPI) و شاخص فشار رد پای تولید (PFPI) و شاخص توزیع رد پای اکولوژیک (EFCI) در شهرستان اصفهان از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸



شکل ۶. تغییرات سرانه رد پای اکولوژیک تولید در طبقات مختلف کاربری در شهرستان اصفهان از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸



شکل ۷. تغییرات سرانه رد پای اکولوژیک مصرف در طبقات مختلف کاربری در شهرستان اصفهان از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۸

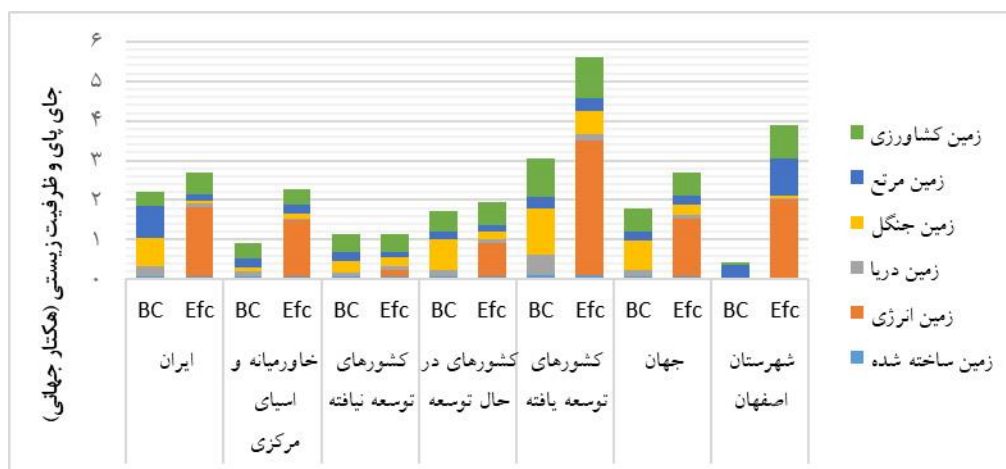
یافته‌های پژوهش نشان داد که رد پای مصرفی در شهرستان بیشتر از رد پای تولیدی است که فراتر از ظرفیت است و سرریز اکولوژیک را به همراه دارد. رد پای تولید تنها در بخش مسکن و غذا در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۱ و سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ کمتر یا برابر با ظرفیت زیستی بوده است، این بدان معنا است که منابع مورد استفاده و پسماندهای تولیدشده را می‌توان در محدوده ظرفیت بیولوژیکی تأمین کرد و منطقه از نظر اکولوژیک و برای تأمین این موارد ایمن است و امکان توسعه اضافی وجود ندارد. با این حال، رد پای مصرفی در همه موارد به‌جز کالا و خدمات بالاتر از ظرفیت زیستی بود که نشان می‌دهد بستر طبیعی در حال تجربه کسری اکولوژیک است؛ زیرا تقاضای آن‌ها برای منابع با یک منبع محلی کافی، مطابق ظرفیت زیستی تأمین نمی‌شود. مقادیر شاخص توزیع رد پای اکولوژیک کمتر از مصرف بوده است، این بدان معنا است که امنیت اکولوژیک در درجه اول با شاخص فشار مصرف تعیین شده است، در نتیجه افزایش این شاخص، فشار اکولوژیکی ایجادشده در داخل منطقه افزایش یافته و امنیت اکولوژیک را به‌طور فزاینده‌ای تهدید می‌کند.

بحث

استفاده از روش رد پای اکولوژیک به عنوان ابزاری برای ارزیابی اثرات اکولوژیک توسعه معرفی شده است. این رهیافت جهت اثبات آثار مصرف‌گرایی فزاینده که توسعه را به ناپایداری و ناتوانی اکولوژیک روزافزون سوق داده است، مورد استفاده قرار می‌گیرد (فو و همکاران، ۲۰۱۵؛ ژائو و همکاران، ۲۰۱۸)؛ به عبارت دیگر، رد پای اکولوژیک ابزاری است که می‌تواند چشم‌اندازها را برای زندگی انسان در درازمدت در کره زمین نمایان کند. روش رد پای اکولوژیک برای ارزیابی پایداری در سطح جهانی، ملی و منطقه‌ای استفاده می‌شود (فو و همکاران، ۲۰۱۵، وو^۱ و همکاران، ۲۰۱۹؛ آمکودزی^۲ و همکاران، ۲۰۱۵). طی سال‌های مورد بررسی، اثرات سیاست‌ها و پروژه‌های مختلف بر وضعیت و فشار واردشده بر بدنه اکوسیستم به خوبی دیده می‌شود (شکل ۵). درواقع می‌توان بیان کرد توسعه اقتصادی - اجتماعی با توجه به سیاست‌های کلان، رشد رد پا را شتاب داده است (شکل ۴).

به دلیل یکسان نبودن زمان مورد محاسبه، امکان مقایسه دقیق نتایج نوشتار پیش رو با سایر پژوهش‌های داخلی امکان‌پذیر نیست؛ بنابراین نتایج متوسط رد پای اکولوژیک و ظرفیت زیستی با متوسط ایران و برخی از مناطق جهان مقایسه شد. براساس مقایسه سرانه رد پای اکولوژیک مصرف در منطقه مورد مطالعه، به صورت میانگین بیست‌ساله ۳/۸۹ حاصل شده است که در مقایسه با رد پای اکولوژیک ایران که برابر با ۲/۷ هکتار جهانی است، میزان بسیار بالاتری است. این درحالی است که در برخی از سال‌ها این میزان متغیر بوده و در برخی از سال‌های به حدود دوبرابر آن نیز می‌رسد و نشان‌دهنده وخامت مصرف در این شهرستان است؛ اما در مقایسه با رد پای اکولوژیک جهانی براساس شکل ۸، رد پای اکولوژیک شهرستان اصفهان نزدیک به کشورهای درحال توسعه (۵ هکتار جهانی) بوده؛ اما این مقدار کمتر از رد پای اکولوژیک جهان (۲/۶۹ هکتار جهانی) است.

مقایسه ظرفیت زیستی شهرستان اصفهان با ظرفیت زیستی ایران (۲/۲ هکتار جهانی) و میانگین جهانی (۱/۷۸ هکتار جهانی) و ظرفیت زیستی برای شهرستان (۰/۴۴ هکتار جهانی) نشان می‌دهد که این شهرستان از ظرفیت زیستی پایینی برخوردار است که میزان استفاده از منابع نگرانی‌های بالقوه‌ای را در این سطح ایجاد می‌کند. سرانه کسری اکولوژیک در شهرستان اصفهان برابر با ۳/۵- بوده که این میزان در ایران ۰/۴۸- هکتار و میانگین آن در جهان ۰/۹۱- هکتار جهانی است.



شکل ۸. سرانه رد پای اکولوژیک مصرف و ظرفیت زیستی شهرستان اصفهان در مقایسه با مناطق مختلف (بارت^۳ و همکاران، ۲۰۱۸)

1- Wu

2- Amekudzi

3- Barrett

منفی بودن این میزان، بیانگر کمبود زمین‌های عرضه‌کننده نیازهای انسانی درمقابل تقاضای انسانی است. مقایسه ظرفیت زیستی و رد پای اکولوژیک شهرستان اصفهان با سایر مناطق نشان از مصرف‌گرایی و تولید زیاد این شهرستان نسبت به کشور و در حد کشورهای توسعه‌یافته است. این درحالی است که کشورهای درحال توسعه از ذخایر زیادی برای تأمین منابع پایه و حذف پسماندها برخوردارند؛ از طرفی کم بودن ظرفیت زیستی شهرستان اصفهان نسبت به کشور (چهار برابر) نشان می‌دهد که توسعه در مناطقی اتفاق افتاده است که از نظر اکولوژیکی از توان و ظرفیت خوبی برخوردار نبوده است و این موضوع به عنوان هشدار برای توسعه به شمار می‌رود؛ از سویی باید در نظر داشت که رد پای اکولوژیک محاسبه شده تنها برآوردی از برخی از محصولات و مصارف عمده و تولیدات آن‌هاست که با این وجود رد پای تولیدی و مصرفی در طی چند سال تغییرات زیادی کرده است؛ ولی هنوز بیش از ظرفیت زیستی منطقه است.

در سایر پژوهش‌ها می‌توان این گونه بیان کرد که ساسان‌پور^۱ و همکاران (۱۳۹۶) توسعه پایدار شهرستان اصفهان را با استفاده از رد پای اکولوژیک را تنها در یک بازه زمانی بررسی کردند؛ چنانچه نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که شهرستان اصفهان دارای ظرفیت زیستی ۰/۴۲۷ هکتار جهانی است و رد پای اکولوژیک ۲/۴ هکتار جهانی را دارد. نتایج این پژوهش با پژوهش ساسان‌پور و همکاران (۱۳۹۶) که به ناپایدار بودن منطقه تأکید دارد همخوانی دارد؛ اما پژوهش مذکور به ارزیابی تغییرات رد پای اکولوژیک و امنیت اکولوژیک نپرداخته است. در مطالعه‌ای دیگر شایسته^۲ و همکاران (۲۰۱۵) رد پای اکولوژیک شهر اصفهان را ۳/۹ هکتار جهانی اعلام کرده‌اند. تفاوت در میزان محاسبه رد پای اکولوژیک را می‌توان در روش محاسبه کربن منتشرشده حاصل از سوخت‌ها ذکر کرد. محمدی و همکاران (۱۳۹۵) نیز با روش رد پای اکولوژیک فشار تولید و فشار مصرف را برای اندازه‌گیری امنیت اکولوژیک محاسبه کردند. آن‌ها نتایج خود را این گونه بیان می‌کنند که سرانه رد پای اکولوژیک شهر سمنج برابر با ۱/۴۳ بوده و ظرفیت زیستی را ۰/۳۸ برآورد کرده‌اند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که فشار تولید در این شهر بیش از شاخص فشار مصرف بوده و امنیت اکولوژیک با توجه به شاخص توزیع رد پا (۳/۰۳) در گروه خطرناک قرار می‌گیرد.

نتیجه‌گیری

پژوهش انجام شده نشان می‌دهد که با تخمین ظرفیت برد از راه شاخص‌های پایداری منابع، افزون بر اینکه به‌طور کمی به برنامه‌ریزان سرزمین درمورد بالا یا پایین بودن ظرفیت برد منابع هشدار می‌دهد، به برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران این امکان را می‌دهد تا به نسبت شرایط و منطقه مورد مطالعه از شاخص‌های متفاوت استفاده کنند. مدل تصمیم‌گیری ارزیابی امنیت اکولوژیک رابطه بین امنیت اکولوژیک و فشارهای تولید داخلی و مصرف را در نظر می‌گیرد و بدین ترتیب منعکس‌کننده فشار بر بستر زیست‌پذیر ایجادشده بر اثر تولید منابع و همچنین مصرف آن‌ها است. بر همین اساس استفاده از پژوهش حاضر را می‌توان در قالب طرح‌های توسعه‌ای همچون برنامه‌های توسعه یا حتی طرح‌های مکان‌یابی دانست. طرح آمایش سرزمین را می‌توان به عنوان مهم‌ترین استفاده‌کننده از نتایج این پژوهش دانست که از آن در دو سطح استفاده می‌کند. سطح اول مقایسه توان اکولوژیک و ظرفیت برد برای بارگذاری جمعیت و فعالیت و در دیگر سطح، بررسی اثرات سیاست‌ها و طرح‌ها طی بازه زمانی و مشاهده اثرات آن بر سرزمین و ارائه سناریوهای مکانی و زمانی است.

1- Sasanpour

2- Shayesteh

از دیدگاه رد پای اکولوژیک عواملی که می‌تواند به‌طور چشم‌گیری کاهش رد پای را در پی داشته باشد، کاهش یا تعدیل تقاضا و افزایش بهره‌وری در تولید در شهرستان است. استفاده از فناوری و تجهیزات پیشرفته در صنعت، به‌کارگیری روش‌های آبیاری مؤثر یا کاهش زائدات تولید از راه تعیین الگوی کشت تقاضامحور، از عوامل افزایش بهره‌وری به‌شمار می‌آیند؛ که در این خصوص می‌توان به تغییر و تصحیح الگوی مصرف سوخت و نیز تغییر جایگاه صنایع آلاینده اشاره کرد. دسته دوم، بررسی سناریوهای مربوط به افزایش ظرفیت زیستی منطقه با استفاده از افزایش سطوح سبز به‌منظور افزایش ترسیب کربن است.

سیاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر و قدردانی خود را از همکاری سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان اصفهان اعلام نمایند.

منابع

- اداره جهاد کشاورزی استان اصفهان (۱۳۹۷). *سرانه مصرف مواد غذایی و عملکرد محصولات کشاورزی*. اداره کل شیلات استان اصفهان (۱۳۹۵). *سرانه مصرف آبزیان*.
- اسدالهی، زهرا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول (۱۳۹۶). بررسی اثر تغییر کاربری اراضی بر عرضه خدمات اکوسیستم (ذخیره و ترسیب کربن). *پژوهش‌های محیط‌زیست*، ۸ (۱۵)، ۲۰۳-۲۱۳.
- جمعه‌پور، محمود؛ حاتمی‌نژاد، حسین (۱۳۹۲). بررسی وضعیت توسعه پایدار شهرستان رشت با استفاده از روش چایی اکولوژیک. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*، ۳ (۴۵)، ۱۹۱-۲۰۸.
- سازمان هواشناسی (۱۳۹۸). *داده‌های هواشناسی استان اصفهان*.
- ساسان‌پور، فرزانه؛ شمعی‌زاده، علی؛ عصار، سحر (۱۳۹۶). بررسی توسعه پایدار شهرستان اصفهان با استفاده از روش رد پای بوم‌شناختی. *پژوهش‌های دانش زمین*، ۸ (۳۱)، ۲۹-۱۸.
- سالنامه آماری استان اصفهان (۱۳۹۷). *معاونت آمار و اطلاعات*.
- فیضی، محمدتقی؛ شیرانی، کورش (۱۳۹۶). تهیه نقشه سازندهای پوشش گیاهی براساس مطالعات بوم‌شناسی - گیاه‌شناسی (مطالعه موردی: استان اصفهان). *بوم‌شناسی کاربردی*، ۶ (۲)، ۶۳-۹۷.
- کریم‌زاده مطلق، زینب؛ لطفی، علی؛ پورمنافی، سعید (۱۳۹۹). مدل‌سازی تخصیص کاربری اراضی پایدار در اصفهان بزرگ با استفاده از ارزیابی چندمعیاره در محیط GIS. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۲۵ (۱۰)، ۳۵-۲۱.
- کشتکار، مصطفی (۱۳۹۶). *برنامه‌ریزی پایداری سیمای سرزمین مبتنی بر ارکان ارزیابی راهبردی خدمات اکوسیستمی (مطالعه موردی: بیوم زاگرس/ ایران)*. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد برنامه‌ریزی محیط‌زیست، دانشگاه شهید بهشتی.
- میرقعی دینان، نغمه؛ شرزه‌ای، غلام‌علی؛ مخدوم فرخنده، مجید؛ باوری، احمدرضا؛ جعفری، حمیدرضا (۱۳۸۸). ارائه الگوی ارزش‌گذاری مکانی کارکرد جذب گاز دی‌اکسید کربن، در جنگل‌های خزری ایران. *محیط‌شناسی*، ۵۱ (۳۵)، ۵۷-۶۸.
- محمدی، نرگس؛ شایسته، کامران؛ ایلدرمی، علیرضا و مل حسینی دارانی، کبری. (۱۳۹۵). ارزیابی ظرفیت برد و امنیت اکولوژیکی شهر سنندج به روش رد پای بوم‌شناختی. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۲۱ (۶)، ۶۷-۷۹.

References

- Amekudzi, A., Khayesi, M. & Khisty, C. J. (2015). Sustainable development footprint: A framework for assessing sustainable development risks and opportunities in time and space. *International Journal of Sustainable Development*, 18 (1-2), 9-40.
- Asadolahi, Z. & Salman mahini, A. (2017). Assessing the Impact of Land Use Change on Ecosystem Services Supply (Carbon Storage and Sequestration). *Environmental Researches*, 8 (15), 203-214 (In Persian).

- Baabou, W., Grunewald, N., Ouellet-Plamondon, C., Gressot, M. & Galli, A. (2017). The Ecological Footprint of Mediterranean cities: Awareness creation and policy implications. *Environmental Science & Policy*, 69, 94-104.
- Barrett, M., Belward, A., Bladen, S., Breeze, T., Burgess, N., Butchart, S., Clewclow, H., Cornell, S., et al. (2018). *Living Planet Report 2018: Aiming Higher*. Switzerland. available at <http://pure.iiasa.ac.at/15549>.
- Bartel, A. (2000). Analysis of landscape pattern: towards a 'top down' indicator for evaluation of landuse. *Ecological Modelling*, 130 (1-3), 87-94.
- Bastianoni, S., Niccolucci, V., Pulselli, R. M. & Marchettini, N. (2012). Indicator and indicandum: "Sustainable way" vs "prevailing conditions" in the Ecological Footprint. *Ecological Indicators*, 16, 47-50.
- Bihamta, N., Soffianian, A., Fakheran, S. & Gholamalifard, M. (2015). Using the SLEUTH urban growth model to simulate future urban expansion of the Isfahan metropolitan area, Iran. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 43 (2), 407-414.
- Borucke, M., Moore, D., Cranston, G., Gracey, K., Iha, K., Larson, J., ... & Galli, A. (2013). Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. *Ecological indicators*, 24, 518-533.
- Cardenes, I., Hall, J. W., Eyre, N., Majid, A. & Jarvis, S. (2020). *Quantifying the energy consumption and greenhouse gas emissions of changing wastewater quality standards*. Water Science and Technology.
- Chuan, T. O. N. G. (2000). Review on environmental indicator research. *Research of environmental sciences*, 13(4).53-55.
- Deng, C., Liu, Z., Li, R. & Li, K. (2018). Sustainability evaluation based on a three-dimensional ecological footprint model: a case study in Hunan, China. *Sustainability*, 10 (12), 4498.
- Environment Canada (2014). *National Inventory Report: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada*. available at: <http://www.ec.gc.ca/ges-ghg/>.
- Feyzi M. T. & Shirani, K. (2017). Preparing Botanic Formation Map based on Ecological-botanic Studies (Case Study: Isfahan Province). *Iranian Journal of Applied Ecology*. 6 (2), 83-97 (In Persian).
- Fu, W., Turner, J. C., Zhao, J. & Du, G. (2015). Ecological footprint (EF): An expanded role in calculating resource productivity (RP) using China and the G20 member countries as examples. *Ecological indicators*, 48, 464-471.
- Galli, A., Kitzes, J., Niccolucci, V., Wackernagel, M., Wada, Y. & Marchettini, N. (2012). Assessing the global environmental consequences of economic growth through the ecological footprint: a focus on China and India. *Ecological Indicators*, 17, 99-107.
- General Department of Fisheries of Isfahan Province (2015). *Per capita consumption of aquatic animals* (In Persian).
- Grigoryeva, V. V. (2010). Research of Parameters of a Personal Ecological Footprint as an Effective Tool of Education for Sustainable Development, In: Simone Bastianoni. *The State of the Art in Ecological Footprint Theory and Applications Academic Conference Short Communications*, (pp. 51-53). Italy: FOOTPRINT FORUM.
- Han, B., Liu, H. & Wang, R. (2015). Urban ecological security assessment for cities in the Beijing-Tianjin-Hebei metropolitan region based on fuzzy and entropy methods. *Ecological Modelling*, 318, 217-225.
- Hoyle, A. (2020). *Modelling the effect of Canada's clean fuel standard on greenhouse gas emissions*. Master Degree of Resource Management. Faculty of Environment, Simon Fraser University. Canada.
- Huang, Q., Wang, R., Ren, Z., Li, J. & Zhang, H. (2007). Regional ecological security assessment based on long periods of ecological footprint analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 51 (1), 24-41.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press, UK. available at <https://www.ipcc.ch/report>.

- Isfahan Agricultural Jihad Office (2018). *Per capita food consumption and yield of agricultural products* (In Persian).
- Jomepour, M. & Hataminejad, H. (2013). An Investigation on Sustainable Development in Rasht County Using Ecological Footprint. *Human Geography Research Quarterly*, 45 (3), 191-208 (In Persian).
- Karimzadeh, Z., Lotfi, A. & Pourmanafi, S. (2020). Modeling the Sustainable Land-Use Allocation in the Great Isfahan Using Multi-Criteria Evaluation in GIS Environment. *Geography and Sustainability of Environment*, 35 (10), 21-35 (In Persian).
- Keshtkar, M. (2017). *Land Sustainable Planing Base On Strategic Assessment of Ecosystem Services (Case Study: Zagros Biom's in Iran)*. master thesis, Shahid Beheshti University (In Persian).
- Kitzes, J. & Wackernagel, M. (2009). Answers to common questions in Ecological Footprint accounting. *Ecological Endicator*, 9, 812-817.
- Lei, Y. A. O. (2014). Carbon footprint evaluation on raw materials stage of textile and garment carbon emission reduction measures: In case of cotton. *Journal of the Tianjin Polytechnic University/Tianjin Gongye Daxue Xuebao*, 33 (1).70-76.
- Li, J. X., Chen, Y. N., Xu, C. C. & Li, Z. (2019). Evaluation and analysis of ecological security in arid areas of Central Asia based on the emergy ecological footprint (EEF) model. *Journal of Cleaner Production*, 235, 664-677.
- Li, X., Tian, M., Wang, H., Wang, H. & Yu, J. (2014). Development of an ecological security evaluation method based on the ecological footprint and application to a typical steppe region in China. *Ecological Indicators*, 39, 153-159.
- Li, Z. & HE, J. (2011). Regional Ecological Security Assessment Based on Improved Method of Ecological Footprint (the Case of Shandong Chang Dao County). *System Sciences and Comprehensive Studies in Agriculture*, 3, 8-14.
- Liu, D. & Chang, Q. (2015). Ecological security research progress in China. *Acta Ecologica Sinica*, 35 (5), 111-121.
- Lundquist, J. E. & Sommerfeld, R. A. (2002). Use of fourier transforms to define landscape scales of analysis for disturbances: a case study of thinned and unthinned forest stands. *Landscape Ecology*, 17 (5), 445-454.
- Mancini, M. S., Galli, A., Coscieme, L., Niccolucci, V., Lin, D., Pulselli, F. M. ... & Marchettini, N. (2018). Exploring ecosystem services assessment through Ecological Footprint accounting. *Ecosystem Services*, 30, 228-235.
- Mancini, M. S., Galli, A., Niccolucci, V., Lin, D., Bastianoni, S., Wackernagel, M. & Marchettini, N. (2016). Ecological footprint: refining the carbon footprint calculation. *Ecological indicators*, 61, 390-403.
- Mansourianfar, M. H. & Haghshenas, H. (2018). Micro-scale sustainability assessment of infrastructure projects on urban transportation systems: Case study of Azadi district, Isfahan, Iran. *Cities*, 72, 149-159.
- MEA, M. E. A. (2005). *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Island, Washington, DC
- Meteorological Organization (2019). *Meteorological data of Isfahan province* (In Persian).
- Mobarghai, N., Sharzehie, G., Makhdom, M., Yavari, A. & Jafari, H. (2009). The spatial valuation pattern of Co2 absorption function in Caspian forests of Iran. *Journal of Environmental Studies*, 35 (50), 57-68 (In Persian).
- Mohmadai, N., Shaesteh, K., Eldrami, A. & Melhossainidarani, K. (2017). Assessment of Urban Carrying Capacity and Ecological Security of Sanandaj Using Ecological Footprint Method. *Geography and Sustainability of Environment*, 6 (4), 67-79 (In Persian).
- Monfreda, C., Wackernagel, M. & Deumling, D. (2004). Establishing national natural capital accounts based on detailed ecological footprint and biological capacity assessments. *Land use policy*, 21 (3), 231-246.
- Peng, J., Yang, Y., Liu, Y., Du, Y., Meersmans, J. & Qiu, S. (2018). Linking ecosystem services and circuit theory to identify ecological security patterns. *Science of the total environment*, 644, 781-790.

- Qiu, W., Zhao, Q. L., Zhao, Z. W. & Li, S. (2008). Ecological Security Analysis: A Case Study in Heilongjiang Province of China. *2nd International Conference on Bioinformatics and Biomedical Engineering* .4421-4425.
- Sasanpour, F., Shamaezadeh, A. & Asar, S. (2017). Investigation on Sustainable Development in Esfahan County whit Ecological Footprint method. *Researches in Earth Sciences*, 8 (1), 18-31 (In Persian).
- Sharp, R., Chaplin-Kramer, R., Wood, S., Guerry, A., Tallis, H. & Taylor, R. (2014). InVEST user's guide: integrated valuation of environmental services and tradeoffs. *The Natural Capital Project. In Stanford Woods Institute for the Environment. University of Minnesota's Institute on the Environment, the Nature Conservancy & WW Foundation Stanford*. 305.
- Shayesteh, K., Darani, K. M. & Ildoromi, A. (2015). Ecological impact assessment of the citizens of Isfahan's life using the ecological footprint index. *International Journal of Advanced Life Sciences*. 8 (4), 430-438.
- Statistical Yearbook of Isfahan Province (2018). *Deputy of Statistics and Information* (In Persian).
- Stöglehner, G. (2003). Ecological footprint—a tool for assessing sustainable energy supplies. *Journal of cleaner production*, 11 (3), 267-277.
- Wackernagel, M. & Rees, W. (1996). our Ecological footprint, educing human Impact on the earth.
- Wackernagel, M., Monfreda, C., Schulz, N. B., Erb, K. H., Haberl, H. & Krausmann, F. (2004). Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges. *Land use policy*, 21 (3), 271-278.
- Wu, M., Wei, Y., Lam, P. T., Liu, F. & Li, Y. (2019). Is urban development ecologically sustainable? Ecological footprint analysis and prediction based on a modified artificial neural network model: a case study of Tianjin in China. *Journal of Cleaner Production*, 237, 117795.
- Zhang, H. & Xu, E. (2017). An evaluation of the ecological and environmental security on China's terrestrial ecosystems. *Scientific Reports*, 7 (1), 1-12.
- Zhang, K., Lin, N., Xu, D., Yu, D. & Zou, C. (2018). Research advance on ecological security in China: Assessment models and management measures. *Journal of Ecology and Rural Environment*, 34 (12), 1057-1063.
- Zhao, J., Ma, C., Zhao, X. & Wang, X. (2018). Spatio-temporal dynamic analysis of sustainable development in China based on the footprint family. *International journal of environmental research and public health*, 15 (2), 246.
- Zhao, M., He, Z., Du, J., Chen, L., Lin, P. & Fang, S. (2019). Assessing the effects of ecological engineering on carbon storage by linking the CA-Markov and InVEST models. *Ecological Indicators*, 98, 29-38.
- Zhao, R., Chuai, X., Huang, X., Lai, L. & Peng, J. (2014). Carbon Emission and Carbon Footprint of Different Industrial Spaces in Different Regions of China, Assessment of Carbon Footprint in Different Industrial Sectors, Vol. 1, Edited by Subramanian Senthilkannan Muthu, Springer.



Modeling Habitat Suitability of *Anser Anser* in Iran

Fatemeh Biglari Quchan Atiq¹, Azita Farashi^{1*}, Mitra Shariati Najafabadi²

¹ Department of Environmental Sciences, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

² Faculty of Geo- information Science and Earth Observation (ITC), University of Twente, Netherlands

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 24 November 2020

Accepted 21 April 2021

Available online 21 April 2021

Keywords:

Biodiversity, Protection, Protected Areas, BIOMOD, R software.

Citation: Biglari Quchan Atiq, F., Farashi, A., Shariati Najafabadi, M. (2021). Modeling Habitat Suitability of *Anser Anser* in Iran. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (4), 109-123.
doi: [10.22126/GES.2021.5918.2320](https://doi.org/10.22126/GES.2021.5918.2320)

ABSTRACT

Biodiversity is one of the most important indicators of ecosystem diversity and dynamism. Birds, as a clinker indicator of ecosystem biodiversity, are considered as the habitat suitability and other necessary living conditions for any species. Therefore, the study of birds, especially migratory birds, is of particular importance as a clinker indicator. Due to the need for studies in this field, the present study was conducted to investigate the desirability of the habitat and identify the most important environmental variables affecting the distribution of the *Anser anser* species as a migratory and index species in Iran. Using 23 environmental variables and the nine models in the BIOMOD software package under R software, the *Anser anser* species is distributed in three types of habitats including winter-passing, summer-passing and breeding and stopover modeling. The findings from species modeling showed that the models, used in species distribution modeling, have high accuracy in studying species distribution. In general, temperature and precipitation variables are the most important, while the variables such as vegetation and distance to roads are less important in the distribution of *Anser anser* species in Iran. According to the results, 15.91% of the surface of Iran was identified as a desirable habitat for *Anser anser* species, which overlaps with 15.95% of the protected areas. Therefore, the used method in this study identifies the desired habitats of the species correctly. Besides, it can be applied as a suitable method to model the habitat suitability of similar species, which is essential from the perspective of conservation providing comprehensive and practical wildlife management programs.



مدل سازی مطلوبیت زیست گاه غاز خاکستری در ایران

فاطمه بیگلری قوچان عتیق^۱، آریتا فراشی^{۱*}، میترا شریعتی نجف آبادی^۲

^۱ گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
^۲ گروه سامانه های جغرافیایی، دانشکده علوم زمین شناسی، دانشگاه تهر، تهر، هلد

چکیده

تنوع زیستی در زمره مهم ترین شاخص های تنوع و پویایی اکوسیستم است. پرندگان به عنوان شاخصی کل نگر نشان دهنده تنوع زیستی اکوسیستم، مطلوبیت زیست گاه و سایر شرایط زیستی لازم برای هر گونه هستند؛ از این رو مطالعه روی پرندگان به ویژه پرندگان مهاجر، به مثابه یک شاخص کل نگر اهمیت خاصی دارد. با توجه به لزوم انجام مطالعات در این زمینه، نوشتار پیش رو با هدف بررسی مطلوبیت زیست گاه و شناسایی مهم ترین متغیرهای محیطی مؤثر بر پراکنش گونه غاز خاکستری به عنوان یک گونه مهاجر و شاخص در ایران صورت گرفت. با بهره گیری از ۲۳ متغیر محیطی و با استفاده از ۹ مدل موجود در بسته نرم افزاری بایومد تحت نرم افزار R پراکنش گونه در سه تیپ زیست گاهی زمستان گذران، تابستان گذران و جوجه آور و همچنین مکان های توقف شبیه سازی شد. نتایج نشان داد که مدل های مورد استفاده در مدل سازی پراکنش گونه از صحت بالایی در بررسی پراکنش گونه برخوردار هستند. به طور کلی، متغیرهای دما و بارش بیشترین اهمیت و متغیرهایی همچون پوشش گیاهی و فاصله تا جاده ها کمترین اهمیت را در پراکنش گونه غاز خاکستری در سطح ایران دارند. براساس نتایج به دست آمده، ۱۵/۹۱٪ از سطح ایران به عنوان زیست گاه های مطلوب گونه شناسایی شد که به میزان ۱۵/۹۵٪ با مناطق حفاظت شده هم پوشی دارد؛ بنابراین، روش استفاده شده در پژوهش حاضر به درستی زیست گاه های مطلوب گونه را شناسایی کرده و می تواند به عنوان روش مناسبی برای مدل سازی مطلوبیت زیست گاه گونه های مشابه استفاده شود که این امر از دیدگاه حفاظت و ارائه برنامه های جامع و کاربردی مدیریت حیات وحش امری بسیار ضروری است.

مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۴ آذر ۱۳۹۹

پذیرش ۱ اردیبهشت ۱۴۰۰

دسترسی آنلاین ۱ اردیبهشت ۱۴۰۰

کلیدواژه ها:

تنوع زیستی، حفاظت، شبکه حفاظتی، بایومد، نرم افزار R.

استناد: بیگلری قوچان عتیق، فاطمه؛ فراشی، آریتا؛ شریعتی نجف آبادی، میترا (۱۳۹۹). مدل سازی مطلوبیت زیست گاه غاز خاکستری در ایران. جغرافیا و پایداری محیط، ۳۷ (۴)، ۱۰۹-۱۲۳.

doi: [10.22126/GES.2021.5918.2320](https://doi.org/10.22126/GES.2021.5918.2320)

مقدمه

مدت زمان طولانی مهاجرت پرندگان انسان را مجذوب خود کرده است و از جنبه‌های متنوع و دیدگاه‌های مختلف مطالعه شده است (برتولد^۱، ۲۰۰۰). شکل‌های متفاوت مهاجرت در میان پرندگان وجود دارد. برخی از گونه‌ها هزاران کیلومتر را بین مناطق زمستان‌گذران و جوجه‌آور خود طی می‌کنند، در حالی که برخی دیگر فقط چندصد کیلومتر از محل زاد و ولد خود به مناطقی با شرایط تغذیه مطلوب در زمستان می‌روند. هر گونه پرنده مهاجر ویژگی‌های فیزیولوژیکی مختلفی دارد که تعیین‌کننده رفتار حرکت و مسیرهای مهاجرت گونه است. در سال‌های اخیر تنوع پرندگان به دلیل تخریب زیست‌گاه به وسیله انسان و تغییرات آب‌وهوایی دست خوش تغییرات تدریجی شده است، به همین سبب مسیرهای مهاجرت پرندگان و زمان‌بندی مهاجرت آن‌ها نیز به‌طور متوالی در طی سالیان دست‌خوش تغییرات زیادی شده است (والتر^۲ و همکاران، ۲۰۰۲؛ جنی و کری^۳، ۲۰۰۳). انتخاب زیست‌گاه تا حد زیادی تحت تأثیر انواع پارامترهای زیست‌محیطی شامل دسترسی گونه به مواد غذایی، امنیت زیست‌گاه‌ها و رقابت درون و بین گونه‌ای هستند (چودزیسکا^۴ و همکاران، ۲۰۱۵)؛ از این رو حفاظت و مدیریت مؤثر زیست‌گاه و مسیرهای پروازی پرندگان مهاجر به اطلاعاتی از چگونگی توزیع گونه‌ها و مسیرهای مورد استفاده برای مهاجرت نیاز دارد (فابورگ^۵ و همکاران، ۲۰۱۰).

کشور ایران به سبب قرارگیری در محل تلاقی سه منطقه جغرافیای زیستی پالئارکتیک^۶، آفروتروپیکال^۷ و اورینتال^۸، تالاب‌های بالارزشی برای جذب پرندگان آبرزی مهاجر و زمستان‌گذران دارد. از جمله این پرندگان غازها هستند که به عنوان گونه‌های شاخص و پرچم مسیرهای مهاجرتی آفریقا - اوراسیای غربی شناخته می‌شوند و به‌طور مرتب از زیست‌گاه‌های مطلوب و تالاب‌های ایران در مسیر مهاجرت خود استفاده می‌کنند و جمعیتی مهم از لحاظ اقتصادی و زیبایی‌شناختی به‌شمار می‌روند. از اعضای خانواده غازسانان که در ایران به صورت زمستان‌گذران، تابستان‌گذران و جوجه‌آور و عبوری حضور دارد، غاز خاکستری است (کابلی^۹ و همکاران، ۲۰۱۶).

غاز خاکستری^{۱۰} گونه‌ای نیمه‌اهلی از بزرگ‌ترین غازهای وحشی بومی انگلیس و اروپا است و از نظر بوم‌شناسی گونه‌ای مهاجر است (تالاب‌های بین‌المللی^{۱۱}، ۲۰۰۱) مطالعات ردیابی در حوضه بایبرزا ۱۲ بین سال‌های ۲۰۰۹ تا ۲۰۱۵ نشان می‌دهد که این گونه، نسبت به دیگر اعضای خانواده غازسانان در مسیرهای کوتاه‌تری مهاجرت می‌کنند. این گونه در سطح جهان در اروپای غربی، به‌طور عمده در هلند، آلمان و بلژیک، شمال شرقی لهستان، استونی و بخش‌هایی از اروپای مرکزی و همچنین در روسیه به‌صورت زمستان‌گذران حضور دارند. در سطح ایران این گونه در تالاب‌های اطراف دریاچه ارومیه و دریاچه زریوار در استان کردستان جوجه‌آوری می‌کند؛ همچنین گزارش‌هایی قدیمی از جوجه‌آوری این پرنده در استان‌های فارس و سیستان و بلوچستان در دست است. این گونه به تعداد فراوان در تالاب‌های سواحل خلیج فارس، نواحی جنوبی دریای خزر، برخی تالاب‌های آذربایجان و استان

1- Berthold

2- Walther

3- Jenni & Kery

4- Chudzińska

5- Faaborg

6- Palaearctic

7- Afrotropical

8- Oriental

9 - Kaboli

10- *Anser anser*, Linnaeus 1758

11- IPCC

12- Biebrza

فارس زمستان‌گذرانی می‌کند.

در سال‌های اخیر جمعیت این گونه، تحت تأثیر شکار بیش از حد و مسمومیت ناشی از بلع گلوله، تخریب زیست‌گاه‌های تالابی به دلیل زه‌کشی، تبدیل تالاب به زمین‌های کشاورزی، آلودگی نفتی دریاها، استخراج زغال سنگ نارس، تغییر شیوه‌های مدیریت تالاب‌ها و سوزاندن و چرای دام در نيزارها و همچنین آنفولانزای مرغی قرار دارد (پولاکوفسکی و کاسپرسیکوفسکی^۱، ۲۰۱۶؛ اسکات^۲ و همکاران، ۱۹۹۶). غاز خاکستری به واسطه پراکنش بسیار وسیع در سطح ایران و جهان در فهرست پرندگان حمایت‌شده جهانی و ملی قرار ندارد (کابلی و همکاران، ۲۰۱۶).

در طی سالیان گذشته پژوهش‌های بسیاری در مقیاس منطقه‌ای و ملی به منظور بررسی زیست‌گاه‌های مطلوب پرندگان به عنوان گونه‌های شاخص و نشان‌دهنده سلامت اکوسیستم و همچنین شناسایی متغیرهای مؤثر بر پراکنش آن‌ها صورت گرفته است. در مقیاس منطقه‌ای می‌توان به پژوهش‌های بی‌شماری از جمله مطالعه‌ای که برای بررسی زیست‌گاه‌های مطلوب سیاه‌خروس قفقازی در منطقه حفاظت‌شده ارسباران انجام شد، اشاره کرد که نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد دو پارامتر شیب و ارتفاع تأثیر بسیاری در پراکنش این گونه در سطح زیست‌گاه‌های مطلوب داشتند (حبیب‌زاده و حسنعلی‌زاده، ۱۳۹۶). در مقیاس ملی نیز از پرندگان آبرزی مهاجر به عنوان شاخصی برای ارزیابی راندمان حفاظت و سلامت اکوسیستم‌ها در ایران استفاده شده است (فراشی و هلاکوهی^۳، ۲۰۱۸)؛ همچنین به منظور ارائه برنامه‌های کاربردی مدیریتی مناطق جنگلی شیلی و ارزیابی وضعیت تنوع زیستی و زیست‌گاه‌های بالقوه نیز از پرندگان استفاده شده است (مورنو^۴ و همکاران، ۲۰۱۱).

پژوهشگران برای رویارویی با تهدیدهای امروزی تنوع زیستی و آگاهی از محدودیت‌های حفاظت به مدل‌های توزیع گونه متکی هستند. مدل‌های توزیع گونه در زمینه‌هایی مانند مدل‌سازی توزیع غنای گونه‌ها (جتز^۵ و ره‌بک، ۱۹۹۸) پیش‌بینی مسیرهای پروازی گونه‌های مهاجر (آزبورن^۶ و همکاران، ۲۰۰۱)، پیش‌بینی مراکز جوجه‌آور گونه‌ها (پارادیس^۷ و همکاران، ۲۰۰۰)، فراوانی (جارویس و رابرتسون^۸، ۱۹۹۹) و تنوع ژنتیکی گونه‌ها (اسکرینر^۹ و همکاران، ۲۰۰۱) استفاده می‌شوند. از کاربرد دیگر مدل‌های توزیع می‌توان به نظارت بر گونه‌های در حال کاهش (آزبورن و همکاران، ۲۰۰۱) و پیش‌بینی وسعت دامنه پراکنش گونه‌های احیاء‌شده (کورسی^{۱۰} و همکاران، ۱۹۹۹) اشاره کرد. از جمله این مدل‌ها، مدل‌های توزیع گونه^{۱۱} هستند. براساس مطالعات انجام‌شده، مدل‌های توزیع گونه برای درک روابط بین متغیرهای محیطی و نقاط حضور و عدم حضور گونه از برترین مدل‌ها به‌شمار می‌رود (گوییسان و زمیرمن^{۱۲}، ۲۰۰۰). این خصوصیت به دلیل امکان نمایش اثرات تغییرات آب‌وهوایی در زمان حال و آینده روی گونه‌ها است. چارچوب محاسبات جدید به صورت بسته نرم‌افزاری بایومد ارائه شده است که هدف آن به حداکثر رساندن دقت پیش‌بینی توزیع گونه‌های فعلی و قابلیت اطمینان از توزیع بالقوه آینده با استفاده از انواع

1- Polakowski & Kasprzykowski

2- Scot

3 - Farashi & Halakouhi

4- Moreno

5- Jetz & Rahbeck

6- Osborne

7- Paradis

8- Jarvis & Robertson

9- Scribner

10- Corsi

11 Species distribution model

12- Guisan & Zimmermann

مختلفی از روش‌های مدل‌سازی آماری است. از این رو مطالعه حاضر با هدف مدل‌سازی زیست‌گاه‌های مطلوب زمستان‌گذران، تابستان‌گذران و جوجه‌آور و همچنین مکان‌های توقف گاز خاکستری و همین‌طور شناسایی مهم‌ترین متغیرهای محیطی مؤثر بر انتخاب این زیست‌گاه‌ها به وسیله گاز خاکستری، به عنوان گونه مهاجر آبی در ایران با استفاده از بسته نرم‌افزاری بایومد تحت نرم‌افزار R صورت پذیرفت.

مواد و روش

منطقه مورد مطالعه

کشور ایران به دلیل شرایط خاص اقلیمی و قرارگیری در بین سه قلمرو زیست جغرافیایی جهان، از حدود ۵۳۴ گونه پرنده (کابلی و همکاران، ۲۰۱۶)؛ ۲۱۵ گونه خزنده (کرمی^۱ و همکاران، ۲۰۰۸)؛ ۱۹۱ گونه پستاندار (اسکات و ادهمی^۲، ۲۰۰۶) و ۲۱ گونه دوزیست (رستگار پویانی^۳ و همکاران، ۲۰۰۸) پشتیبانی می‌کند. قلمروهای زیست جغرافیایی عرصه‌ای بالغ بر ۸/۱۶۴ میلیون هکتار از کل مساحت ایران را دربر می‌گیرند (نوری جنگی و نوری جنگی، ۱۳۹۳).

جمع‌آوری نقاط حضور گونه

در مجموع تعداد ۱۰ نقطه حضور برای جمعیت تابستان‌گذران و جوجه‌آور، تعداد ۱۱۶ نقطه حضور برای جمعیت زمستان‌گذران و تعداد ۲۵ نقطه حضور برای جمعیت عبوری گونه گاز خاکستری استفاده شد. این نقاط از گزارش‌های سرشماری پرندگان سازمان حفاظت محیط‌زیست به دست آمد. مناطق مورد نظر با استفاده از گوگل ارث^۴، مکان‌یابی و طول و عرض جغرافیایی آن‌ها مشخص شد.

آماده‌سازی متغیرهای محیطی

در نوشتار پیش رو سه گروه متغیر محیطی شامل توپوگرافی، اقلیمی و کاربری/ پوشش زمین استفاده شد. نقشه‌های توپوگرافی و پوشش زمین/ کاربری زمین که از داده‌های سازمان نقشه‌برداری ایران که در سال ۱۳۹۰ تهیه شدند و در سال ۱۳۹۵ به‌روزرسانی شدند، استفاده شد. نقشه شیب از نقشه ارتفاع در نرم‌افزار آرک مپ^۵ به دست آمد. نقشه شاخص پوشش گیاهی در تاریخ ۱۴ می ۲۰۱۸ از شاخص‌های شانزده‌روزه مودیس^۶ استخراج شده است. تعداد نوزده متغیر اقلیمی از بانک داده‌های اقلیم جهانی^۷ در اندازه سلول ۱۰۰۰ متر که براساس درون‌یابی داده‌های هواشناسی در بازه زمانی سال‌های ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۰ میلادی تهیه شدند، استخراج شد و سپس با روش ضریب همبستگی پیرسون ($\pm 0/8$) لایه‌هایی با بیش از ۸۰٪ همبستگی اطلاعات حذف شدند و در انتها هفت متغیر اقلیمی مشتق‌شده از بارش و دما باقی ماندند (پریتی^۸ و همکاران، ۲۰۱۶). به منظور آماده‌سازی و پردازش لایه‌های اطلاعاتی از نرم‌افزار آرک مپ و ادیسی سلوا^۹ استفاده شد. در نهایت، تعداد ۲۳ متغیر محیطی در اندازه پیکسل یک کیلومتر به منظور مدل‌سازی استفاده شد (جدول ۱).

1- Karami

2- Scott & Adhami

3- Rastegar-Pouyani

4- Google Earth

5- Arc Map

6- <https://landsweb.modaps.eosdis.nasa.gov>

7- www.worldclim.org/current

8- Priti

9- Idrisi Selva

جدول ۱. فهرست متغیرهای زیست‌محیطی مورد استفاده در مدل‌سازی مطلوبیت زیست‌گاه غاز خاکستری

متغیرهای توپوگرافی	
ارتفاع (m)	شیب
متغیرهای اقلیمی	
دمای متوسط سالانه (10°C)	میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال (10°C)
میزان بارش سالانه (mm)	میزان بارش فصلی
میزان بارش کم‌باران‌ترین فصل سال (mm)	میزان بارش پرباران‌ترین فصل سال (mm)
متغیرهای پوشش زمین / کاربری زمین	
شاخص تراکم پوشش گیاهی (NDVI)	فاصله تا تالاب (m)
جامعه گیاهی	فاصله تا مناطق حفاظت‌شده (m)
فاصله از مراتع (m)	فاصله تا زمین‌های کشاورزی دیم (m)
فاصله از مناطق بیابانی (m)	فاصله تا رودخانه (m)
فاصله از جنگل (m)	فاصله تا جاده‌ها (m)
فاصله تا مناطق روستایی (m)	فاصله تا رودخانه (m)
فاصله تا زمین‌های کشاورزی آبی (m)	فاصله تا شهر (m)

مدل‌سازی پراکنش گونه

در پژوهش حاضر، برای مدل‌سازی پراکنش گونه غاز خاکستری از نه الگوریتم موجود در بسته نرم‌افزاری بایومد (تابلور^۱ و همکاران، ۲۰۰۹) استفاده شد (جدول ۲). در نوشتار پیش رو به منظور تولید نقاط عدم حضور از بسته نرم‌افزاری بایومد استفاده شد. در روند مدل‌سازی از ۷۰٪ نقاط حضور گونه برای تولید مدل‌ها و از ۳۰٪ نقاط حضور به منظور ارزیابی عملکرد مدل‌ها استفاده شد؛ همچنین برای افزایش دقت مدل‌سازی، تعداد تکرارها ۱۰۰ در نظر گرفته شد.

مدل خطی تعمیم‌یافته یک مدل پارامتری است که به وسیله آستین^۲ (۱۹۸۴) برای مدل‌سازی داده‌های حضور/عدم حضور گونه‌های درختی معرفی شد. آنالیز تفکیکی انعطاف‌پذیر مدل طبقه‌بندی مبتنی بر ترکیبی از مدل‌های رگرسیون خطی است (هاستی^۳ و همکاران، ۱۹۹۴). جنگل تصادفی از روش‌های کلاسه‌بندی و درخت‌های رگرسیونی است که به عنوان یک روش ماشین یادگیری عملکرد بسیار دقیق و کارآمدی را ارائه می‌کند (الیت و فرانکلین^۴، ۲۰۱۳).

جدول ۲. فهرست مدل‌های استفاده‌شده از بسته نرم‌افزاری بایومد

نام فارسی	نام کامل	علامت اختصاری
مدل خطی تعمیم‌یافته	Generalized Liner Model	GLM
روش تقویت‌شده تعمیم‌یافته	Generalized Boosting Method	GBM
مدل افزایشی تعمیم‌یافته	Generalized Additive Model	GAM
آنالیز طبقه‌بندی درختی	Classification Tree Analysis	CTA
شبکه عصبی مصنوعی	Artificial Neural Network	ANN
پاکت دامنه سطحی	Surface Range Envelope	SRE
آنالیز تفکیکی انعطاف‌پذیر	Flexible Denotative Analysis	FDA
مدل رگرسیون سازشی چندمتغیره	Multivariate Adaptive Regression Spline	MARS
جنگل تصادفی	Random Forest	RF

1- Thuiller

2- Austin

3- Hastie

4- Elith & Franklin

آنالیز طبقه‌بندی درختی روشی غیر پارامتری است که حدود ۳۶ سال پیش برای تجزیه و تحلیل و طبقه‌بندی توسعه یافت (بریمن^۱ و همکاران، ۱۹۸۴). روش تقویت‌شده تعمیم‌یافته ترکیبی از دو روش الگوریتم‌های تصمیم‌گیری درختی و مدل‌های تقویت‌شده تعمیم‌یافته است (الیت و فرانکلین، ۲۰۱۳). پاکت دامنه سطحی به‌نام بایوکلایم^۲ نیز شناخته می‌شود. این مدل از داده‌های فقط حضور و مجموعه‌ای از عوامل محیطی برای تهیه نقشه‌های پراکنش گونه و عوامل مؤثر در پراکنش آن استفاده می‌کند (نیکس^۳، ۱۹۸۶).

مدل رگرسیون سازشی چندمتغیره یک مدل رگرسیون سازشی چندمتغیره و روش رگرسیون غیر پارامتریک است و برای تجزیه و تحلیل ساختارهای پیچیده مؤثر است (فریدمن^۴، ۱۹۹۱). شبکه عصبی مصنوعی جزء مدل‌های پارامتریک استاندارد است که از نوروهای موجود در مغز انسان الگوبرداری کرده و با ساختار نورونی و هوشمند خود می‌کوشد تا از راه توابع تعریف‌شده، رفتار درون‌سلولی نوروهای مغز را شبیه‌سازی کند (هارل^۵ و همکاران، ۱۹۹۶).

مدل افزایشی تعمیم‌یافته این مدل، مدلی ناپارامتریک بوده و بسط مدل‌های خطی تعمیم‌یافته است. مدل‌های جمعی تعمیم‌یافته نسبت به مدل‌های خطی تعمیم‌یافته از چند نظر برتری دارند و هدف از به کار بردن این مدل‌ها به حداکثر رساندن کیفیت پیش‌بینی متغیر وابسته است (هاستی و همکاران، ۱۹۹۴).

در نوشتار پیش رو صحت مدل‌ها با توجه به انواع مختلف مدل‌ها با استفاده از دو ضریب آماری محاسبه شد. روش اول بررسی میزان ROC^۶ است. ROC روشی گرافیکی است که توانایی یک مدل برای پیش‌بینی نقاط حضور و عدم حضور گونه‌ها را براساس متغیرهای محیطی مرتبط ارزیابی می‌کند (فیلدینگ و بیل^۷، ۱۹۹۷). روش دوم، محاسبه میزان TSS^۸ است. این روش زمانی کاربرد دارد که از مدل‌های حضور و عدم حضور استفاده می‌شود. TSS را می‌توان به‌عنوان شاهدهی برای تفسیر پدیده‌های اکولوژیکی واقعی عنوان کرد. پژوهش‌ها نشان می‌دهند که میزان ROC با میزان TSS همبستگی بالایی دارد؛ بنابراین، در مطالعاتی که نتایج آن به‌صورت نقشه حضور و عدم حضور است، TSS می‌تواند جایگزین مناسبی برای ROC باشد (والتر، ۲۰۰۲).

نتایج

مکان‌های توقف گاز خاکستری

مقادیر شاخص‌های TSS و ROC نشان داد که از بین نه مدل اجراشده، مدل‌هایی از جمله آنالیز تفکیکی انعطاف‌پذیر، جنگل تصادفی، مدل رگرسیون سازشی چندمتغیره و شبکه عصبی مصنوعی صحت بالایی در روند مدل‌سازی دارند؛ از طرفی مدل پاکت دامنه سطحی از عملکرد متوسطی برخوردار است (جدول ۳).

جدول ۳. میزان ROC و TSS مکان‌های توقف گاز خاکستری

مدل	GBM	GAM	GLM	CTA	ANN	MARS	SRE	RF	FDA
TSS	۰/۸۸۴	۰/۷۹۱	۰/۸۳۷	۰/۸۳۷	۰/۹۰۷	۰/۹۰۷	۰/۴۹۹	۰/۹۰۷	۰/۹۰۷
ROC	۰/۹۷۳	۰/۸۹۵	۰/۹۱۹	۰/۹۶۳	۰/۹۷۰	۰/۹۸۵	۰/۷۱۴	۰/۹۷۷	۰/۹۵۲

1- Breiman

2- BIOCLIM

3- Nix

4- Friedman

5- Harrell

6- receiver operating characteristic

7- Fielding & Bell

8- True Skill Statistic

اهمیت نسبی متغیرهای محیطی در مدل‌سازی پراکنش گونه در مکان‌های توقف نشان داد که متغیرهایی همچون میزان بارش فصلی، فاصله تا مناطق روستایی و میزان بارش کم‌باران‌ترین فصل سال نقش به‌سزایی در انتخاب مکان‌های توقف به‌وسیله گاز خاکستری ایفا می‌کنند؛ همچنین، متغیرهایی مانند فاصله تا نهرها و جوامع گیاهی اهمیت کمتری در پراکنش گونه دارند (جدول ۴).

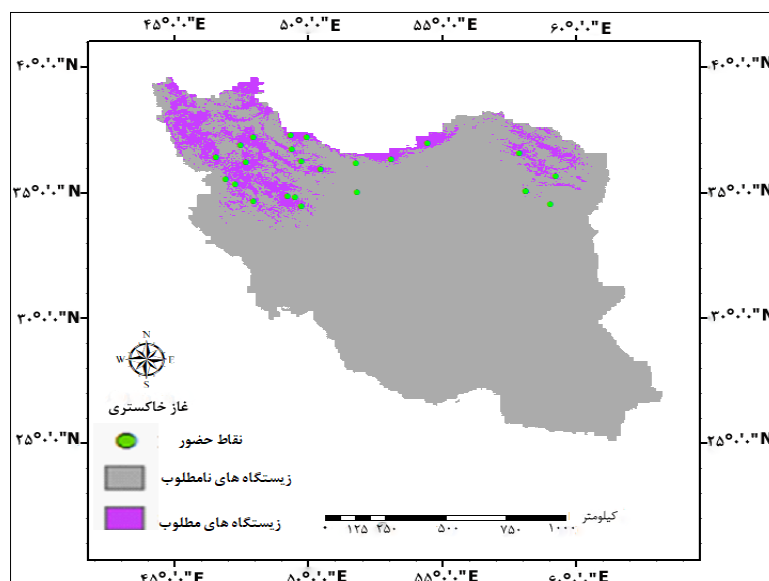
با توجه به نقشه مطلوبیت مکان‌های توقف این گونه (شکل ۱)، از کل مساحت ایران تنها ۲۰/۹۹٪ به‌عنوان زیست‌گاه‌های مطلوب شناخته می‌شود و با نقاط حضور گونه هم‌پوشی دارد، از طرفی نتایج نوشتار پیش رو نشان می‌دهد که ۱۸/۶۹٪ از کل زیست‌گاه‌های مطلوب را مناطق حفاظت‌شده دربر می‌گیرد (شکل ۲).

زیست‌گاه تابستان‌گذران و جوجه‌آور گاز خاکستری

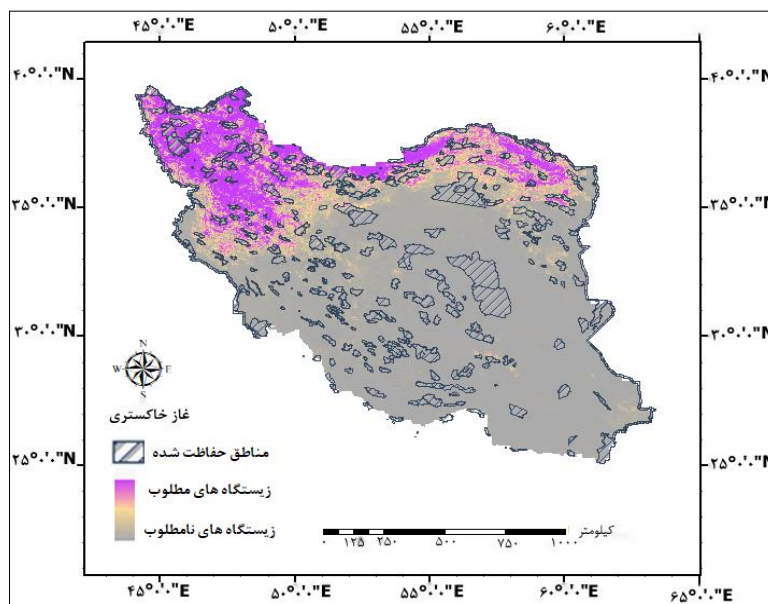
میزان TSS و ROC تمامی مدل‌های استفاده‌شده در پژوهش حاضر صحت بالایی در مدل‌سازی زیست‌گاه‌های تابستان‌گذران و جوجه‌آور گاز خاکستری دارند (جدول ۵). مدل‌هایی همچون جنگل تصادفی، آنالیز تفکیکی انعطاف‌پذیر، مدل رگرسیون سازشی چندمتغیره، شبکه عصبی مصنوعی و روش تقویت‌شده تعمیم‌یافته، بالاترین عملکرد و مدل پاکت دامنۀ سطحی عملکرد متوسطی دارند.

جدول ۴. اهمیت نسبی متغیرهای محیط‌زیستی در مدل‌سازی مکان‌های توقف گونه گاز خاکستری

نام متغیر	میزان اهمیت متغیر	نام متغیر	میزان اهمیت متغیر
فاصله تا مناطق روستایی	۰/۰۱۷	فاصله تا زمین‌های کشاورزی دیم	۰/۰۰۸
شیب	۰/۰۱۶	دمای متوسط سالانه	۰/۰۰۹
فاصله تا شهر	۰/۰۰۲	میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال	۰/۰۱۱
فاصله تا نهرها	۰/۰۰۱	میزان بارش سالانه	۰/۰۰۸
فاصله تا جنگل	۰/۰۰۶	میزان بارش فصلی	۰/۰۲۳
فاصله تا تالاب	۰/۰۰۶	بارش پرباران‌ترین فصل سال	۰/۰۰۱
فاصله تا زمین‌های کشاورزی آبی	۰/۰۱۳	بارش کم‌باران‌ترین فصل سال	۰/۰۱۵
شاخص پوشش گیاهی	۰/۰۰۲	بارش گرم‌ترین فصل سال	۰/۰۰۵
جامعه گیاهی	۰/۰۰۱	فاصله تا رودخانه	۰/۰۰۳
فاصله تا مرتع	۰/۰۰۱	ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۱۵
فاصله تا مناطق حفاظت‌شده	۰/۰۰۷	فاصله تا جاده‌ها	۰/۰۰۴
فاصله تا مناطق کویری و بیابان	۰/۰۰۱		



شکل ۱. نقشه مطلوبیت زیست‌گاه و پراکندگی نقاط حضور گونه گاز خاکستری در مکان‌های توقف



شکل ۲. میزان هم‌پوشی مناطق حفاظت‌شده با مکان‌های توقف مطلوب گونه غاز خاکستری

جدول ۵. میزان ROC و TSS زیستگاه تابستان گذران و جوجه‌آور غاز خاکستری

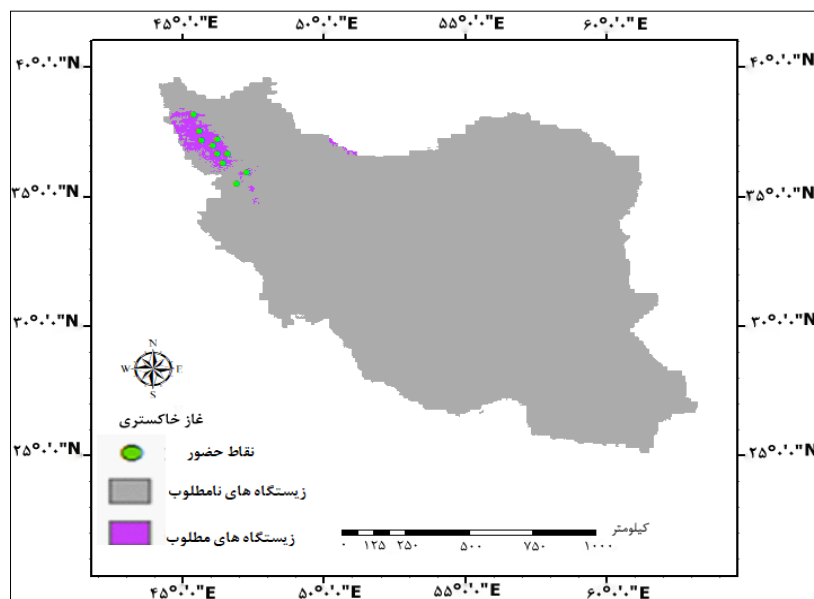
مدل	GBM	GAM	GLM	CTA	ANN	MARS	SRE	RF	FDA
TSS	۱	۰/۹۵۳	۰/۹۷۷	۰/۹۵۳	۱	۱	۰/۳۳۳	۱	۱
ROC	۱	۰/۹۶۹	۰/۹۸۸	۰/۹۸۸	۱	۱	۰/۶۶۹	۱	۱

در مدل‌سازی زیستگاه‌های تابستان گذران و جوجه‌آور، متغیر فاصله تا تالاب‌ها، فاصله تا جنگل و فاصله تا نهرها بیشترین اهمیت را در پراکنش گونه در این نوع زیستگاه دارند؛ همچنین، متغیرهایی همچون فاصله از جاده‌ها و جوامع گیاهی دارای اهمیت کمتری هستند (جدول ۶).

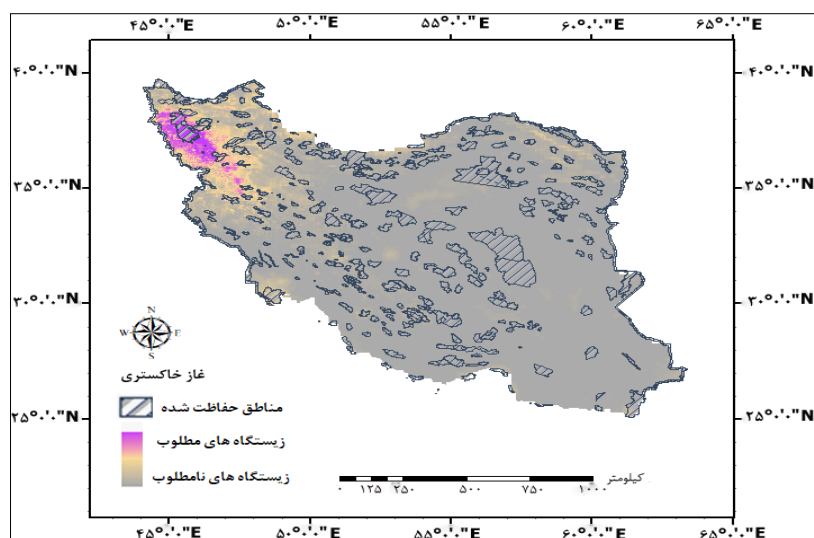
براساس یافته‌ها، ۳/۲۲٪ از کل مساحت ایران به‌عنوان زیستگاه‌های تابستان گذران و جوجه‌آور مطلوب غاز خاکستری شناخته می‌شود و با نقاط حضور گونه هم‌پوشی دارد (شکل ۳)؛ همچنین نتایج نشان می‌دهد که ۴/۰۹٪ از کل زیستگاه‌های تابستان گذران و جوجه‌آور مطلوب این گونه، به‌وسیله مناطق حفاظت‌شده تحت پوشش قرار گرفته است (شکل ۴).

جدول ۶. اهمیت نسبی متغیرهای محیط‌زیستی در مدل‌سازی زیستگاه تابستان گذران و جوجه‌آور غاز خاکستری

نام متغیر	میزان اهمیت متغیر	نام متغیر	میزان اهمیت متغیر
فاصله تا رودخانه	۰/۰۰۴	فاصله تا زمین‌های کشاورزی دیم	۰/۰۰۳
ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۰۴	دمای متوسط سالانه	۰/۰۰۸
فاصله تا روستا	۰/۰۰۹	میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال	۰/۰۰۳
شیب	۰/۰۱۴	میزان بارش سالانه	۰/۰۱۱
فاصله تا شهر	۰/۰۰۵	میزان بارش فصلی	۰/۰۰۱
فاصله تا نهرها	۰/۰۵۲	بارش پرباران‌ترین فصل سال	۰/۰۰۵
فاصله تا جنگل	۰/۰۶۴	بارش کم‌باران‌ترین فصل سال	۰/۰۱
فاصله تا تالاب	۰/۱۴۲	بارش گرم‌ترین فصل سال	۰/۰۰۶
فاصله تا زمین‌های کشاورزی آبی	۰/۰۰۲	فاصله تا مناطق حفاظت‌شده	۰/۰۰۱
شاخص پوشش گیاهی	۰/۰۰۴	فاصله تا مناطق کویری و بیابان	۰/۰۲۸
جامعه گیاهی	۰	فاصله تا جاده‌ها	۰/۰۰۱
فاصله تا مرتع	۰/۰۰۲		



شکل ۳. نقشه مطلوبیت زیست گاه و پراکندگی نقاط حضور گونه غاز خاکستری در زیستگاه های تابستان گذران و جوجه آور



شکل ۴. میزان هم پوشی مناطق حفاظت شده با زیستگاه های تابستان گذران و جوجه آور مطلوبیت غاز خاکستری

زیستگاه زمستان گذران غاز خاکستری

میزان TSS و ROC به دست آمده از مدل سازی زیستگاه زمستان گذران غاز خاکستری نشان می دهد که تمامی مدل ها صحت بالایی دارند. مدل افزایشی تعمیم یافته دارای عملکرد مطلوب و مدل پاکت دامنه سطحی از عملکرد به نسبت متوسطی برخوردار است (جدول ۷). نتایج مدل سازی زیستگاه زمستان گذران غاز خاکستری نشان می دهد که متغیرهای محیطی مؤثر در انتخاب زیستگاه زمستان گذران به ترتیب شامل میزان بارش، فاصله تا شهر و بارش گرم ترین فصل سال هستند؛ از طرفی متغیرهایی مانند شاخص پوشش گیاهی، فاصله تا زمین های کشاورزی آبی و فاصله تا رودخانه ها در انتخاب زیستگاه به وسیله غاز خاکستری اهمیت کمتری دارند (جدول ۸).

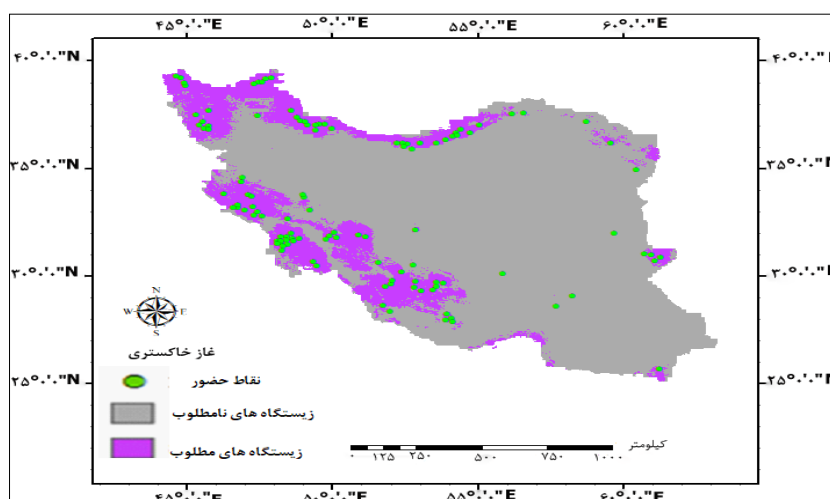
جدول ۷. میزان ROC و TSS زیستگاه زمستان گذران غاز خاکستری

مدل	GBM	GAM	GLM	CTA	ANN	MARS	SRE	RF	FDA
TSS	۰/۶۹۴	۰/۷۳۶	۰/۶۹۸	۰/۶۷۷	۰/۶۴۶	۰/۶۵۹	۰/۴۵۸	۰/۷۳۲	۰/۶۷۶
ROC	۰/۸۸۸	۰/۹۱۸	۰/۸۷۵	۰/۸۵۶	۰/۸۷۱	۰/۸۶۵	۰/۷۳۹	۰/۸۹۹	۰/۸۷۸

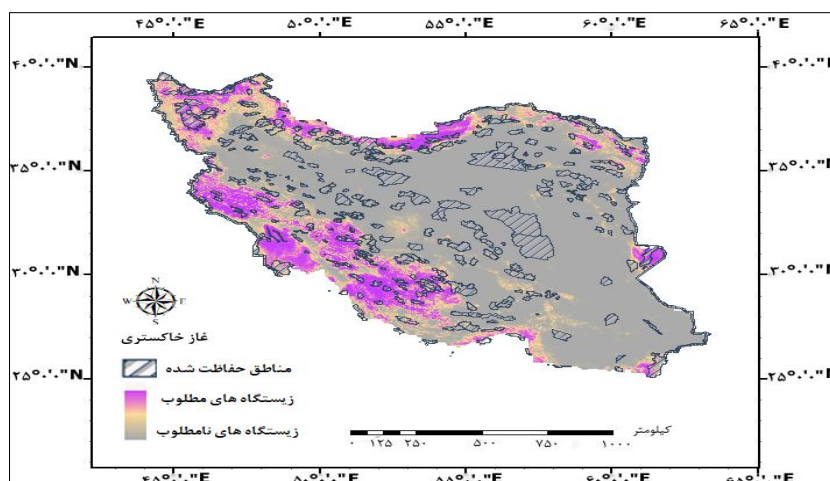
جدول ۸. اهمیت نسبی متغیرهای محیط‌زیستی در مدل‌سازی زیست‌گاه زمستان‌گذران غاز خاکستری

نام متغیر	میزان اهمیت پارامتر	نام متغیر	میزان اهمیت متغیر
ارتفاع از سطح دریا	۰/۰۳	فاصله تا زمین‌های کشاورزی دیم	۰/۰۱۱
فاصله تا روستا	۰/۰۸۳	دمای متوسط سالانه	۰/۰۹۲
شیب	۰/۱۰۷	میانگین دمای گرم‌ترین فصل سال	۰/۱۹۴
فاصله تا شهر	۰/۲۶۲	میزان بارش سالانه	۰/۴۸۹
فاصله تا نهرها	۰/۰۱۴	میزان بارش فصلی	۰/۰۷۷
فاصله تا جنگل	۰/۲۵۴	بارش پرباران‌ترین فصل سال	۰/۲۱۵
فاصله تا تالاب	۰/۱۳۷	بارش کم‌باران‌ترین فصل سال	۰/۲۵۴
فاصله تا زمین‌های کشاورزی آبی	۰/۰۱۳	بارش گرم‌ترین فصل سال	۰/۲۶۱
شاخص پوشش گیاهی	۰/۰۰۳	فاصله تا رودخانه	۰/۰۰۶
جامعه گیاهی	۰/۰۶۳	فاصله تا مناطق کویری و بیابان	۰/۱۸۲
فاصله تا مرتع	۰/۰۴۳	فاصله تا جاده‌ها	۰/۱۲۵
فاصله تا مناطق حفاظت‌شده	۰/۰۶۵		

براساس نقشه مطلوبیت زیست‌گاه‌های زمستان‌گذران غاز خاکستری، ۲۳/۵۲٪ از سطح ایران به‌عنوان زیست‌گاه‌های مطلوب شناخته می‌شود و با نقاط حضور گونه هم‌پوشی دارد (شکل ۵)؛ همچنین نتایج نشان‌دهنده آن است که ۲۵/۰۹٪ از کل زیست‌گاه‌های مطلوب گونه مورد مطالعه را مناطق حفاظت‌شده دربر می‌گیرند (شکل ۶).



شکل ۵. نقشه مطلوبیت زیست‌گاه زمستان‌گذران و پراکندگی نقاط حضور غاز خاکستری



شکل ۶. میزان هم‌پوشی مناطق حفاظت‌شده با نقشه مطلوبیت زیست‌گاه زمستان‌گذران غاز خاکستری

بحث

بررسی پراکنش گونه‌ها در سطح آشیان بوم‌شناختی و درک رابطه بین متغیرهای محیطی و توزیع گونه‌ها با استفاده از بسته نرم‌افزاری بایومد نشان می‌دهد که چگونه گونه‌ها به تغییرات محیطی در زمان فعلی واکنش نشان می‌دهند. نتایج ارزیابی الگوریتم‌های استفاده‌شده در مدل‌سازی تیپ‌های زیست‌گاهی گونه غاز خاکستری بیانگر آن است که بسته نرم‌افزاری بایومد توانایی بالایی در پیش‌بینی زیست‌گاه‌های مطلوب این گونه دارد؛ به‌طوری‌زیست‌گاه‌های مطلوب گونه در زمان فعلی، زیست‌گاه‌هایی که می‌توانند در آینده استفاده شوند و دارای شرایط مساعدی برای معرفی گونه هستند و همچنین زیست‌گاه‌هایی که در گذشته شرایط ایده‌آلی داشتند را شناسایی کرده است. مطالعات انجام‌شده درباره به‌کارگیری بسته نرم‌افزاری بایومد نشان می‌دهد که این روش در زمینه مدل‌سازی پراکنش گونه‌ها کارایی و صحت بالایی دارد (لیو^۱ و همکاران، ۲۰۱۹).

پراکنش گونه غاز خاکستری در فصل زمستان تحت تأثیر دو عامل امنیت زیست‌گاه و میزان دما و بارش قرار دارد. بر همین اساس این گونه مناطقی از جمله دریاچه ارومیه، استان فارس، سیستان و بلوچستان، آذربایجان، کردستان و همچنین نواحی جنوبی دریای خزر و در برخی مناطق شرق و شمال شرقی کشور را که شرایط ایده‌آل زیستی دارند، برای زمستان‌گذرانی انتخاب می‌کند. تغییرات اقلیمی در سال‌های اخیر باعث از بین رفتن زیست‌گاه‌های زمستان‌گذران مطلوب غاز خاکستری شده است؛ به‌طوری‌که این گونه طی سالیان گذشته در بخش‌هایی از استان‌های خراسان جنوبی، کرمان و کردستان حضور داشته است.

براساس نتایج حاصل از مدل‌سازی پراکنش گونه مورد مطالعه در فصل تابستان و تولید مثل و جوجه‌آوری تحت تأثیر امنیت زیست‌گاه و حضور متغیرهای آبی در زیست‌گاه است؛ از این رو پراکنش غاز خاکستری طی فصل تابستان به‌طور عمده در استان آذربایجان به‌ویژه دریاچه ارومیه و تالاب‌های اطراف آن قرار دارد. این مناطق به‌دلیل شرایط آب‌وهوایی مطلوب، امنیت کافی و فراهم‌بودن منابع غذایی اولویت بیشتری نسبت به دیگر مناطق کشور دارند. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی و اختلالات انسانی در آینده سطح زیست‌گاه‌های تابستان‌گذران مطلوب این گونه را به‌طور محسوسی کاهش می‌دهند. مطالعات انجام‌شده در زمینه پراکنش غاز خاکستری نیز اثرگذاری پارامترهای مرتبط با دما و بارش را روی پراکنش این گونه در سطح زیست‌گاه‌های مطلوب به‌خوبی نشان می‌دهند (پولاکوفسکی و همکاران، ۲۰۱۶؛ لی و همکاران، ۲۰۱۷؛ اسدیان و همکاران، ۱۳۹۳).

امروزه پژوهش‌ها در زمینه مکان‌های توقف به‌ویژه برای گونه‌های مهاجر که مسافت طولانی را برای رسیدن به زیست‌گاه‌های مطلوب طی می‌کنند، بسیار مورد توجه قرار گرفته‌اند. توقف‌گاه‌ها مکان‌هایی در امتداد مسیر مهاجرت هستند که پرندگان به‌منظور بازیابی و ذخایر انرژی خود در ادامه مسیر مهاجرت از این مناطق استفاده می‌کنند (نیوتن^۲، ۲۰۰۸). داشتن چنین وقفه‌هایی هنگام مهاجرت در راستای بازیابی انرژی از دست‌رفته و برای زنده ماندن در شرایط نامساعد اقلیمی و تولیدمثل پس از ورود به زیست‌گاه‌ها بسیار مهم است (گوتیه^۳ و همکاران، ۲۰۰۳). در همین راستا انتخاب مکان‌های توقف به‌وسیله گونه مورد مطالعه، تحت تأثیر عواملی همچون میزان بارندگی و امنیت زیست‌گاه قرار دارد. مکان‌های توقف غاز خاکستری در سطح کشور شامل مناطقی از جمله سواحل جنوبی دریای خزر، قسمت‌هایی از غرب و شمال غربی و همچنین نواحی شمال شرقی است. شناسایی صحیح توقف‌گاه‌ها و ارائه برنامه‌های کاربردی به‌منظور حفاظت از این مناطق به‌سبب نقش عملکردی مکان‌های توقف در

1- Liu

2- Newton

3- Gauthier

تأمین نیازهای گونه‌های مهاجر با توجه به در دسترس بودن منابع غذایی، حفظ چشم‌انداز مناظر، پایداری وضعیت فیزیولوژیکی گونه‌های مهاجر در این مکان‌ها و کاهش خطرات منجر به مرگ و میر و همچنین کاهش درگیری بین غازهای مهاجر و کشاورزان (گسترش جمعیت غازها و وابستگی آن‌ها به مواد غذایی کشاورزی)، بسیار مهم است (مهلان^۱ و همکاران، ۲۰۰۵).

مناطق حفاظت‌شده در جهان همواره یکی از مهم‌ترین و مؤثرترین ابزارهای حفاظت از تنوع زیستی در برابر تغییرات اقلیمی در اکوسیستم‌های طبیعی هستند (برونر^۲ و همکاران، ۲۰۰۱). این مناطق اگر به‌درستی مدیریت شوند، راندمان بالایی در راستای توقف یا کاهش اثرات منفی استفاده از سرزمین‌ها و کاهش نرخ انقراض گونه‌ها دارند (ایکلند^۳ و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعات نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی، دامنه پراکنش گونه‌ها را به آرامی تغییر می‌دهد و باعث کاهش کارایی مناطق حفاظت‌شده فعلی می‌شود (برومر^۴ و همکاران، ۲۰۱۲)؛ از این رو انتخاب مناطق حفاظت‌شده جدید به‌منظور حفاظت از تنوع زیستی امری ضروری و گریزناپذیر است. براساس مطالعات انجام‌شده، حداقل ۱۴۰۰ گونه از مهره‌داران جهان در هیچ‌کدام از مناطق حفاظت‌شده قرار ندارند؛ همچنین بسیاری از گونه‌های بومی اروپا هم پوشی اندکی با شبکه‌های حفاظتی دارند (هانتلی^۵ و همکاران، ۲۰۰۸). عدم هماهنگی پراکنش گونه‌ها با مناطق حفاظت‌شده باعث تشدید اثرات تغییر اقلیم و افزایش حساسیت گونه‌ها و همچنین باعث کاهش اثرات مفید مناطق حفاظت‌شده روی گونه‌ها می‌شود (ارجو^۶ و همکاران، ۲۰۱۱). به‌طور کلی در نوشتار پیش رو مشخص شد که ۱۵/۹۵٪ از سطح کل زیست‌گاه‌های مطلوب گونه غاز خاکستری درون مناطق حفاظت‌شده قرار دارند. این امر نشان‌دهنده وجود بخش بزرگی از زیست‌گاه‌های مطلوب این گونه خارج از مناطق حفاظت‌شده است؛ بنابراین نتایج حاصل از مطالعه حاضر، ضرورت تجدید نظر در مرزبندی مناطق حفاظت‌شده را در آینده بیش از گذشته در سطح ایران نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی پراکنش گونه غاز خاکستری و چگونگی تأثیر متغیرهای محیطی بر پراکنش این گونه در سطح ایران با استفاده از بسته نرم‌افزاری بایومد صورت پذیرفت. استفاده از بسته نرم‌افزاری بایومد دیدگاه منحصربه‌فرد پویایی درمورد چگونگی مهاجرت در مسافت‌های طولانی، نحوه انتخاب مکان‌های توقف و چگونگی انتخاب زیست‌گاه‌های زمستان‌گذران و تابستان‌گذران را روشن می‌سازد. تعیین پارامترهای مؤثر بر نحوه پراکنش گونه‌ها در سطح آشیان بوم‌شناختی به‌دلیل نقش مؤثر در ارائه برنامه‌های کاربردی زیست‌محیطی و پیش‌بینی وضعیت آینده گونه‌ها، یکی از مسائل مهم در بوم‌شناسی حفاظت به‌شمار می‌رود؛ از این رو بررسی عوامل مؤثر بر پراکنش گونه غاز خاکستری و همچنین ارزیابی و شناخت مناطق بالقوه زیست‌گاهی این گونه، مهم‌ترین گام در حفاظت از جمعیت پویای غاز خاکستری به‌عنوان گونه‌ای مهاجر در سطح ایران است.

نوشتار پیش رو اولین بینش درمورد مکان‌های مهم توقف در مسیر مهاجرت گونه غاز خاکستری فراهم می‌کند؛ همچنین این مطالعه برای شناسایی و پیش‌بینی اهمیت پارامترهای مختلف محیطی برای انتخاب زیست‌گاه‌های مطلوب به‌ویژه مکان‌های توقف به‌وسیله گونه‌های مهاجر، روش جدیدی را در بوم‌شناسی رفتار معرفی می‌کند. این

1- Mehlman

2- Bruner

3- Eklund

4- Brommer

5- Huntley

6- Araújo

امر به‌خصوص از نظر حفاظت و ازلحاظ اقتصادی، بسیارمهم است. داشتن تخصص کافی در زمینه انتخاب مکان‌های توقف از راه فضا و زمان برای درک روابط بین گونه‌های مهاجر و زیست‌گاه آن‌ها و برای برنامه‌ریزی حفاظت مؤثر است.

منابع

اسدیان، مهدی؛ علی‌آبادیان، منصور؛ ریاضی، برهان (۱۳۹۳). نقش عوامل اقلیمی، پوشش گیاهی و ارتفاع بر توزیع جغرافیایی غنای گونه‌های پرندگان شهرستان سرخس. حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی، ۲ (۱)، ۶۵-۷۶

حبیب‌زاده، نادر؛ حسنعلی‌زاده، رضا (۱۳۹۶). مدل‌سازی چندمقیاسی از مطلوبیت زیست‌گاه تغذیه‌ای کرکس مصری در منطقه حفاظت‌شده ارسباران. بوم‌شناسی کاربردی، ۶ (۳)، ۱-۱۳.

نوری جنگی، ملیحه؛ نوری جنگی، علیرضا (۱۳۹۳). ارزیابی وضعیت و تهدیدات تنوع زیستی در ایران. دومین همایش ملی و تخصصی پژوهش‌های محیط زیست ایران، همدان.

References

- Araújo, M. B. & Peterson, A. T. (2012). Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. *Ecology*, 93 (7), 1527-1539.
- Asadian, M., Aliabadian, M. & Riazi, B. (2014) The role of climatic factors, vegetation and altitude on the geographical distribution of bird species richness in Sarakhs. *Conservation and Exploitation of Natural Resources*, 2 (1), 65-76 (In Persian).
- Austin, M. P., Cunningham, R. B. & Fleming, P. M. (1984). New approaches to direct gradient analysis using environmental scalars and statistical curve-fitting procedures. *Vegetatio*, 55 (1), 11-27.
- Berthold, P. (2000). *Vogelzug. Eine aktuelle Gesamtübersicht*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Breiman, L., Friedman, J., Olshen, R. & Stone, C. (1984). Classification and regression trees. *Wadsworth Int. Group*, 37 (15), 237-251.
- Brommer, J. E., Lehikoinen, A. & Valkama, J. (2012). The breeding ranges of Central European and Arctic bird species move poleward. *PLoS One*, 7 (9), e43648.
- Bruner, A. G., Gullison, R. E., Rice, R. E. & Da Fonseca, G. A. (2001). Effectiveness of parks in protecting tropical biodiversity. *Science*, 291 (5501), 125-128.
- Chudzińska, M. E., van Beest, F. M., Madsen, J. & Nabe-Nielsen, J. (2015). Using habitat selection theories to predict the spatiotemporal distribution of migratory birds during stopover—a case study of pink-footed geese *Anser brachyrhynchus*. *Oikos*, 124 (7), 851-860.
- Corsi, F., Duprè, E. & Boitani, L. (1999). A large-scale model of wolf distribution in Italy for conservation planning. *Conservation Biology*, 13 (1), 150-159.
- Eklund, J., Arponen, A., Visconti, P. & Cabeza, M. (2011). Governance factors in the identification of global conservation priorities for mammals. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366 (1578), 2661-2669.
- Elith, J. & Franklin, J. (2013). Species distribution modeling. *Encyclopedia of biodiversity*. Academic Press, Waltham, MA. Elith, J., Graham, CH, Anderson, RP et al. (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29, 129-151.
- Faaborg, J., Holmes, R. T., Anders, A. D., Bildstein, K. L., Dugger, K. M., Gauthreaux, S.A., Heglund, P., Hobson, K. A., Jahn, A. E., Johnson, D. H., Latta, S. C., Levey, D. J., Marra, P. P., Merkord, C. L., Nol, E., Rothstein, S. I., Sherry, T. W., Sillett, T. S., Thompson, F. R. & Warnock, N. (2010). Conserving migratory land birds in the New World: dowe know enough?. *Ecol Appl.*, 20 (2), 398-418.
- Farashi, A. & Halakouhi, L. (2018). Migratory waterfowls as indicators to assess the protection efficiency in Iran. *Acta Ecologica Sinica*, 38 (6), 429-443.
- Fielding, A. H. & Bell, J. F. (1997). A review of methods for the assessment of prediction errors in

- conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 24 (2), 38-49.
- Friedman, J. H. (1991). Multivariate adaptive regression splines. *The Annals of Statistics*, 19 (1), 1-67.
- Gauthier, G., Beatty, J. & Hobson, K. A. (2003). Are greater snow geese capital breeders? New evidence from a stable-isotope model. *Ecology*, 84, 3250-3264.
- Guisan, A. & Zimmermann, N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, 86-147.
- Habibzadeh, N. & Hassan Alizadeh, R. (2015). Multi-scale modeling of the feeding habitat of Egyptian vultures in the Arasbaran Protected Area. *Applied ecology*, 6 (3), 1-13 (In Persian).
- Harrell Jr, F. E., Lee, K. L. & Mark, D. B. (1996). Multivariable prognostic models: issues in developing models, evaluating assumptions and adequacy, and measuring and reducing errors. *Statistics in Medicine*, 15 (4), 361-387.
- Hastie, T., Tibshirani, R. & Buja, A. (1994). Flexible discriminant analysis by optimal scoring. *Journal of the American statistical association*, 89 (428), 1255-1270.
- Huntley, B., Collingham, Y. C., Willis, S. G. & Green, R. E. (2008). Potential impacts of climatic change on European breeding birds. *PloS one*, 3 (1), e1439.
- IPCC (2001). Climate change 2001: IPCC Special Report on Emissions Scenarios. *A Special Report of IPCC Working Group III, Intergovernmental Panel on Climate Change*, ISBN: 92-9169, 113-115.
- Jarvis, A. M. & Robertson, A. (1999). Predicting population sizes and priority conservation areas for 10 endemic Namibian bird species. *Biological Conservation*, 88 (1), 121-131.
- Jenni, L. & Kéry, M. (2003). Timing of autumn bird migration under climate change: advances in long-distance migrants, delays in short-distance migrants. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270 (1523), 1467-1471.
- Jetz, W. & Rahbeck, C. (2002). Geographic range size and determinants of avian species richness. *Science*, 297, 1548-1551.
- Kaboli, M., Aliabadian, M., Tohidifar, M., Hashemi, A., Musavi, S. B. & Roselaar, C. C. (2016). *Atlas of birds of Iran*. Jahad Daneshgahi, Karazmi Branch.
- Karami, M., Hutterer, R., Benda, P., Siahsharvi, R. & Kryštufek, B. (2008). Annotated check-list of the mammals of Iran. *Lynx, Series Nova*, 39 (1), 63-102.
- Liu, G., Lizhi, Z., Dong, Y., Zhang, F. & Rong, F. (2019). The complete mitochondrial genome of natural hybridization of *Anser albifrons* and *Anser fabalis* (*Anser albifrons* × *Anser fabalis*). *Mitochondrial DNA Part B*, 4 (1), 1077-1078.
- Mehlman, D. W., Mabey, S. E., Ewert, D. N., Duncan, C., Abel, B., Cimprich, D., Sutter, R. D. & Woodrey, M. (2005). Conserving stopover sites for forest-dwelling migratory landbirds. *Auk* 122, 1281-1290.
- Moreno, R., Zamora, R., Molina, J. R., Vasquez, A. & Herrera, M. Á. (2011). Predicting microhabitats for endemic birds in South Chilean temperate forests using Maximum entropy (Maxent). *Ecological Informatics*, 6 (6), 364-37.
- Newton, L. (2008). *The Migration Ecology of Birds*. Academic Press is an imprint of Elsevier.
- Nix, H. A. (1986). A biogeographic analysis of Australian elapid snakes. *Atlas of elapid snakes of Australia*, 7, 4-15.
- Nouri Jangi, M. & Nouri Jangi, A. (2014). Assessing the Status and Threats of Biodiversity in Iran, *The Second National and Specialized Conference on Environmental Research in Iran*, Hamadan. <https://civilica.com/doc/293025> (In Persian).
- Osborne, P. E., Alonso, J. C. & Bryant, R. G. (2001). Modelling landscape-scale habitat use using GIS and remote sensing: a case study with great bustards. *Journal of applied ecology*, 38 (2), 458-471.
- Paradis, E., Baillie, S. R., Sutherland, W. J., Dudley, C., Crick, H. Q. & Gregory, R. D. (2000). Large-scale spatial variation in the breeding performance of song thrushes *Turdus philomelos* and blackbirds *T. merula* in Britain. *Journal of Applied Ecology*, 37 (s1), 73-87.
- Polakowski, M. & Kasprzykowski, Z. (2016). Differences in the use of foraging grounds by Greylag Goose *Anser anser* and White-fronted Goose *Anser albifrons* at a spring stopover site. *Avian*

- Biology Research*, 9 (4), 265-272.
- Priti, H., Aravind, N. A., Shaanker, R. U. & Ravikanth, G. (2016). Modeling impacts of future climate on the distribution of Myristicaceae species in the Western Ghats, India. *Ecological Engineering*, 89, 14-23.
- Rastegar-Pouyani, N., Kami, H. G., Rajabzadeh, H. R., Shafiei, S. & Anderson, S. C. (2008). Annotated checklist of amphibians and reptiles of Iran. *Iranian Journal of Animal Biosystematics*, 4 (1), 7-30.
- Scott, D. A. & Adhami, A. (2006). An updated checklist of the birds of Iran. *Podoces*, 1 (1/2), 1-16.
- Scott, I., Mitchell, P. I. & Evans, P. R. (1996). How does Variation Body Composition Affect the Basal Metabolic Rates of Birds of Birds?. *Functional Ecology*, 10 (3), 307-313.
- Scribner, K. T., Arntzen, J. W., Cruddace, N., Oldham, R. S. & Burke, T. (2001). Environmental correlates of toad abundance and population genetic diversity. *Biological conservation*, 98 (2), 201-210.
- Thuiller, W., Lafourcade, B., Engler, R. & Araújo, M. B. (2009). Biomod –a platform for ensemble forecasting of species distributions. *Ecography*, 32 (3), 369-373.
- Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. & Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416 (6879), 389-395.