

بیت‌الفرع

فصلنامه

حفرافیا و یاداری محیط

(نشریه علمی)

سال دهم

شماره ۳۶

پاییز 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: ۳۶

فصل: پاییز

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 ۳۶
پاییز 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:

ضیا الدین باده‌یان، ایرج جباری، احمد حسینی، محمدامین خراسانی، علی محمد خورشیددوست، رامین رحمانی، زهرا رحیم‌زاده، هادی عبادی، سارا عطارچی، حسین عقیقی، منوچهر فرج‌زاده، حوریه مرادی، مهدی منتظرالحجه.

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 ۱، به دقت مطالعه فرمایید.

۱-۲. تمامی مقالات ارسالی به نشریهٔ جغرافیا و پایداری محیط، پیش از ورود به فرایند داوری با نرم‌افزار مشابهت‌یابی 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 تخصصی‌بودن، تنها موضوعات مربوط به بایرداری 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.

۱-۷. 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. پذیرش مقاله تنها از طریق سایت فصلنامه (<http://ges.razi.ac.ir>) امکان پذیر است.

۱-۱۰. چنانچه نویسنده/ نویسندگان، مقاله‌ای را در مرحله داوری این نشریه داشته باشند، تا زمان روشن شدن نتیجه داوری، مجله 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 چکیده مبسوط انگلیسی برای همه 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.

۱-۱۳. مقاله باید سلیس، روان و از نظر دستور زبان صحیح باشد و واژه‌ها با دقت کافی انتخاب شده باشد؛ همچنین پاراگراف‌بندی متن مقاله و تمامی قواعد ادبی (آیین نگارش فارسی) و ویراستاری 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 بیشتر نشود.

۱-۱۵. مقالات برگزیده از پایان نامه و رساله دانشجویان با نام استاد راهنما، 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 بپرهیزد، 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 بوته ابهام است را مشخص کند. هدف نویسنده در نگارش این بخش از مقاله چینه‌پشت سرهم نقل قول‌ها به‌طور مجزاً و نامربوط به هم نیست؛ بلکه هدف روایت یک جریان و بیان خلأ موجود است.

۲-۲-۴. مواد و روش‌ها

نویسنده در روش پژوهش باید از بیان کلیات و تعاریف مربوط به روش پژوهش بپرهیزد و به تفصیل 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 به قدری 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 به نام «**معرفی منطقه مورد بررسی**» باز کند و این عنوان را در محل مناسب که به‌طور معمول پیش از مواد و روش‌ها است، قرار دهد.

۲-۲-۵. 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.

۲-۲-۶. بحث

بحث مقاله به دلیل سنگین بودن 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، سابقه 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 نزدیک‌اند. 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؛ به عبارتی، نویسنده باید بکوشد با مقایسه پژوهش‌های متعدد نشان دهد که واگرایی‌ها و همگرایی‌های بین پژوهش‌وی با دیگران در کجاست و به چه دلیل رخ داده است.

۲-۲-۷. 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 به صورت کلی صادر می‌کند؛ به عبارتی، اکنون نتایج پژوهش نویسنده از صافی ارزیابی‌ای به نام بحث گذشته‌اند و برد اثرگذاری و کاربرد آن مشخص شده است و نتیجه‌گیری بهترین مبحثی است که نویسنده فرصت می‌یابد تا نتیجه به دست آمده و میزان اثرگذاری آن را گزارش کند. اگر نویسنده براساس تجربه‌ای که به دست آورده است احساس کند می‌تواند پژوهش خود را به شیوه 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.

۲-۲-۸. 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.

۲-۲-۹. منابع پایانی

نشریه جغرافیا و پایداری محیط برای استناددهی یا شیوه ارجاع، سبک انجمن روان‌شناسی آمریکا که به اختصار APA (American Psychological Association) گفته می‌شود را به منزله 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 چندبعدی 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 قدیمی تر) 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. منابعی 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 تئولوژی. 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 درجه‌روزی‌های گرمایشی و سرمایشی ایران. جغرافیا و پایداری محیط، ۷ (۲۲)، ۲۰-۲۱.

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 (به صورت 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 (به صورت 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 (به صورت 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 (به صورت 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 کاربردی بودن 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 نقش استخراج معادن شهرستان قروه بر پایداری روستاهای پیرامونی.....۱
اکرم نصیری، جعفر توکلی
- ارزیابی و مقایسه پایداری منابع دو ذخیره گاه جنگلی در استان همدان.....۱۷
محسن اکبری، علیرضا ایلدرمی، فرهاد قاسمی آقباش، ایمان پژوهان
- ریزمقیاس گردانی نقشه رطوبت خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای راداری سنتینل و تحلیل پراکندگی در غرب ایران.....۳۵
سید حسین میرموسوی، کوهزاد رئیس‌پور، محمد کمانگر
- بازیابی کیفیت هویت فضایی با استفاده از سینما.....۵۱
حدیث لقمانی، ایرج اعتصام، حسین ذبیحی
- پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش با استفاده از عملگرهای گامای فازی در آبخیز طالقان رود استان قزوین.....۷۱
جمال مصفايي، امین صالح‌پورجم، فرامرز سرفراز، صمد شادفر
- تخریب جنگل، تصمیم‌گیری گروهی، تصمیم‌گیری چندمعیاری، جنگل‌های زاگرس.....۹۱
هیوا محمودی، مهتاب پیرباوقار، پرویز فاتحی
- تخمین مکانی – زمانی آلاینده‌های منواکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن شهر تهران مبتنی بر داده‌های حاصل از سنجش از دور و داده‌های کمکی.....۱۰۷
علی شمس‌الدینی، وانکو احمدی



Assessing the Role of Mining in Ghorveh County on the Sustainability of Surrounding Villages

Akram Nasiri¹, Jafar Tavakkoli^{1*}

¹ Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Razi University, Kermanshah, Iran

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 19 August 2020

Accepted 25 November 2020

Available online 30 November 2020

Keywords:

Rural Sustainability
Development, Evaluation,
Sustainability, Sustainable
Mining, Ghorveh county.

Citation: Nasiri, A.,
Tavakkoli, J. (2020).
Assessing the Role of Mining
in Ghorveh County on the
Sustainability of Surrounding
Villages. *Geography and
Sustainability of Environment*,
10 (3), 1-15.
doi: [10.22126/GES.2020.5621.2281](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5621.2281)

ABSTRACT

Great part of the rural livelihoods rely on the exploitation of environmental resources. Mining is one of these resources that can lead to sustainable development and have numerous impacts on various dimensions. The purpose of this descriptive-analytical study is to evaluate the role of Sarigoni gold mine and Ghezeljehkand pumice mining on the sustainability of the surrounding villages. The sample size consists of 330 persons. Sustainability assessment of villages conducted in three dimensions (economic, social, and environmental) with 31 indices using questionnaires. In data analysis, Spearman correlation and Mann-Whitney tests were used utilizing SPSS software. The villages' ranking result indicated that in economic and social sustainability, Ghezeljekand was at the first rank and Jedaghaye was at the bottom of the list. Besides, Toghanbabagargar and Dashkasan were at the first and last in terms of environmental sustainability. Finally, in total sustainability, Ghezeljekand was in the first place and Jedaghaye was the lowest. Sustainability level aspect research shows that Ghezeljekand is a sustainable village and two villages of Maloojeh and Toghan are semi-sustainable and three villages Dashkasan, Baharloo, and Jedaghaye are non-sustainable. It was also found that there is a significant relationship between different dimensions of sustainability and also between sustainability and distance from villages. There was a significant difference between the sustainability of the villages according to the type of mine, the type of mine ownership, as well as the number of working and non-working households in the mine. In line with mining to play a positive role on sustainable rural development, following measures is necessary: 1-prioritizing local workforces for employment 2- part of the mines Income to be spent on the development of surrounding villages, 3-mitigating environmental damage by managing resources and waste recycling, 4- by exchanging information, involving the villagers in planning and implementation, their trust and satisfaction will be gained.

*. Corresponding author E-mail address:

J.Tavakkoli@razi.ac.ir



ارزیابی نقش استخراج معادن شهرستان قروه بر پایداری روستاهای پیرامونی

اکرم نصیری^۱، جعفر توکلی^{۱*}

^۱ گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

چکیده

بخش عظیمی از منابع معیشتی روستاها، به بهره‌برداری از منابع محیطی متکی است. معدن یکی از این منابع است که زمینه دستیابی به توسعه پایدار را فراهم می‌کند و تأثیرات بی‌شماری در ابعاد مختلف به همراه داشت؛ بنابراین هدف پژوهش توصیفی - تحلیلی پیش رو، ارزیابی نقش استخراج معادن طلای ساریگونی و پوکه قزلجه‌کند بر پایداری روستاهای پیرامون است. حجم نمونه شامل ۳۳۰ نفر است. ارزیابی پایداری روستاها در سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی با ۳۱ شاخص، با ابزار پرسش‌نامه انجام شد. در تحلیل داده‌ها از آزمون‌های همبستگی اسپیرمن و آزمون من‌ویتنی به کمک نرم‌افزار اس.پی.اس.اس. استفاده شد. نتایج رتبه‌بندی روستاها نشان داد که در پایداری اقتصادی و اجتماعی، قزلجه‌کند رتبه اول، جدآقایه آخرین رتبه؛ در پایداری زیست‌محیطی طوغان باباگرگر رتبه اول، داش‌کسان رتبه آخر و در نهایت در پایداری کل، روستای قزلجه‌کند در رتبه اول و روستای جدآقایه در پایین‌ترین رتبه قرار گرفتند. از نظر سطح پایداری نیز قزلجه‌کند، پایدار، مالوجه و طوغان باباگرگر، نیمه پایدار و داش‌کسان، بهارلو، جدآقایه ناپایدار شناخته شدند؛ همچنین مشخص شد بین ابعاد گوناگون پایداری و نیز بین پایداری و فاصله روستاها از معدن رابطه معنی‌داری وجود دارد؛ نیز تفاوت معنی‌داری بین پایداری روستاها برحسب نوع معدن، نوع مالکیت معدن و همچنین از نظر خانوارهای شاغل و غیر شاغل در معدن مشاهده شد. در راستای نقش‌آفرینی معدن‌کاری بر توسعه پایدار روستایی لازم است نیروهای بومی برای استخدام در معدن در اولویت قرار گیرند، بخشی از سود معدن صرف توسعه روستاهای اطراف شود، آسیب‌های زیست‌محیطی، با مدیریت منابع و مواد زائد و بازیافت آن در معدن برطرف شود؛ همچنین با تبادل اطلاعات و مشارکت‌دادن روستاییان در برنامه‌ریزی و اجرای عملیات، اعتماد و رضایت آنان جلب شود.

مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۲۹ مرداد ۱۳۹۹

پذیرش ۵ آذر ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۱۰ آذر ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

توسعه پایدار روستایی، ارزیابی، پایداری، معدن‌کاری مسئولیت‌پذیر، شهرستان قروه.

استناد: نصیری، اکرم؛ توکلی، جعفر (۱۳۹۹). ارزیابی نقش استخراج معادن شهرستان قروه بر پایداری روستاهای پیرامونی. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۱۰ (۳)، ۱-۱۵.

doi: [10.22126/GES.2020.5621.2281](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5621.2281)

مقدمه

توسعه پایدار روستایی، یکی از اهداف اساسی سیاست‌گذاری‌های کلان و جزئی از برنامه‌های توسعه هر کشور است. توسعه پایدار روستایی، مدیریت و حفظ منابع طبیعی موجود روستا است به‌شيوه‌ای که برآورده‌شدن نیازها در زمان حال و آینده برای مردم روستا تضمین شود؛ چنین توسعه‌ای موجب حفظ منابع طبیعی می‌شود، به زوال محیط‌زیست نمی‌انجامد، از لحاظ فنی مناسب، از نظر اقتصادی بر معیشت روستاییان مؤثر و از لحاظ اجتماعی مقبول است (اژدری‌فرد و احمدوند، ۱۳۹۰؛ ازکیا و ایمانی، ۱۳۹۰). یکی از اهداف توسعه پایدار روستایی، برخورداری از سطح قابل قبولی از رفاه، اشتغال‌زایی و درآمد کافی برای همه افراد است که در این میان باید وضعیت معیشتی و رفاهی روستاییان مورد توجه قرار گیرد. یکی از راه‌های تحقق این هدف، تنوع‌بخشی به فعالیت‌ها و منابع درآمدی است که می‌تواند موجبات اشتغال‌زایی، کاهش فقر و رفاه اجتماعی نسبی را فراهم نماید (شمس‌الدینی و حسینی، ۱۳۹۰). استخراج معدن یکی از رویکردهای متنوع‌سازی اقتصاد روستاها است که می‌تواند به‌عنوان ظرفیتی برای پایداری روستاها، نقش فوق‌العاده‌ای داشته و زمینه مناسبی برای دستیابی به توسعه پایدار روستایی باشد؛ زیرا منجر به توسعه فرصت‌های شغلی، توزیع عادلانه‌تر درآمد و امکان استفاده بهینه از منابع، امکانات موجود و مواد اولیه می‌شود (حاجی‌نژاد و مظفری، ۱۳۹۴؛ صادقلو و همکاران، ۱۳۹۵).

بهربرداری از معادن در مناطق روستایی و درآمد حاصل از آن، می‌تواند شرایط مطلوبی را برای تحولات اجتماعی و اقتصادی فراهم آورده، زیرساخت‌های ناشی از پیشرفت معدن، ممکن است برای کشاورزی مفید باشد و نیز موجب رونق کسب و کارهای محلی شود (کوتیفانی^۱، ۲۰۱۴؛ مجردی^۲ و همکاران، ۲۰۱۶). باوجود آثار مثبت یادشده، معدن‌کاری می‌تواند آسیب‌های زیست‌محیطی و اجتماعی در پی داشته باشد. ایجاد تنش اجتماعی در پی ورود افراد جدید به روستاها، جابه‌جایی نیروی کار کشاورزی به بخش معدن، تغییر کاربری اراضی، ایجاد شکاف درآمدی بین روستاییان از جمله اثرات منفی معدن‌کاری است (کتابی، ۱۳۹۰: ۹۰). از نظر زیست‌محیطی معدن‌کاری موجب ایجاد گودال‌های بزرگ و تخریب چشم‌اندازهای طبیعی، از بین رفتن پوشش گیاهی، آلودگی هوا، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی در اثر عناصر شیمیایی و آلودگی صوتی می‌شود؛ افزون بر این در شرایطی که باطله‌های معادن به حال خود رها شوند، با تشکیل حوضچه‌های اسیدی، باعث مسمومیت حیوانات علف‌خوار و پرندگان می‌شود (داسگوپتا^۳ و همکاران، ۲۰۱۲؛ کازی‌سارپونگ^۴ و همکاران، ۲۰۱۶؛ شونن‌برگر^۵، ۲۰۱۶)؛ از این رو به‌نظر می‌رسد معدن‌کاری با نگاه اقتصادمحور و منفعت‌طلبانه بیشتر به کاهش استانداردهای زندگی و بروز پیامدهای منفی در جوامع محلی انجامیده (آنسلمه‌کامگا^۶ و همکاران، ۲۰۱۸) و همان‌طور که پارادایم سلطه بر طبیعت به تدریج جای خود را به راهبرد توسعه پایدار داد (پاپلی‌یزدی و ابراهیمی، ۱۳۹۲: ۴۹)، ناپایداری‌ها و مشکلات محیطی و اجتماعی ناشی از استخراج معدن موجب مطرح‌شدن راهبردهای نوینی همچون معدن‌کاری سبز، پایدار و مسئولیت‌پذیر شد.

معدن‌کاری سبز بهره‌وری از منابع معدنی و اثرات آن بر محیط‌زیست را به‌طور جامع بررسی می‌کند و هدف آن اطمینان از بالاترین سطح کارایی منابع معدنی، کمترین نفوذ در محیط‌زیست و هماهنگی و بهینه‌سازی بین منافع

1- Cutifani

2- Mojarradi

3- Dasgupta

4- Kusi-Sarpong

5- Schoenberger

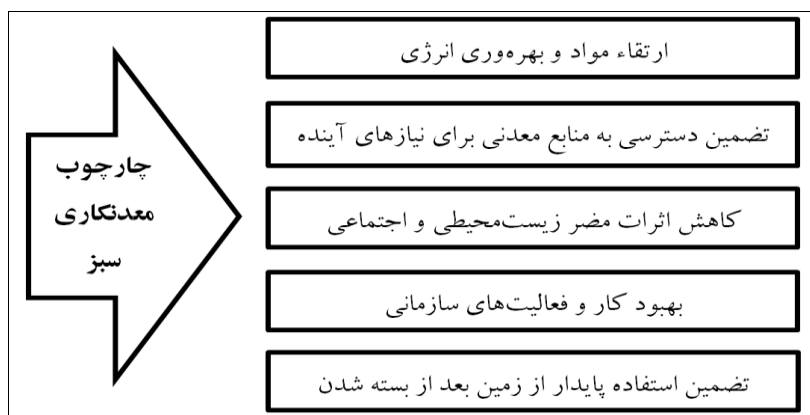
6- Anselme Kamga

سازمانی و جامعه است (مینگ‌یین^۱ و همکاران، ۲۰۰۹). توسعه معادن سبز افزون بر جنبه محیطی، اجتماعی، بصری و تفریحی، اقتصاد ساکنان منطقه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (لقایی و امانی، ۱۳۹۲). این راهبرد برای عبور از اثرات مخرب معادن بر چهار اصل تأکید دارد: کاستن از تخریب زمین، نوآوری در مدیریت مواد زائد معدنی، مدیریت بحران‌های اکوسیستمی، احیاء و نوسازی معادن؛ بنابراین تلاش برای تدوین استانداردهای معدن‌کاری سبز متناسب با استانداردهای جهانی و برنامه‌ریزی برای دستیابی به این استانداردها بسیار مهم و ضروری است (شکل ۱) (کسکینن^۲، ۲۰۱۳). معدن‌کاری سبز زیرمجموعه معدن‌کاری پایدار به‌شمار می‌آید و در راستای اصول معدن‌کاری پایدار حرکت می‌کند.

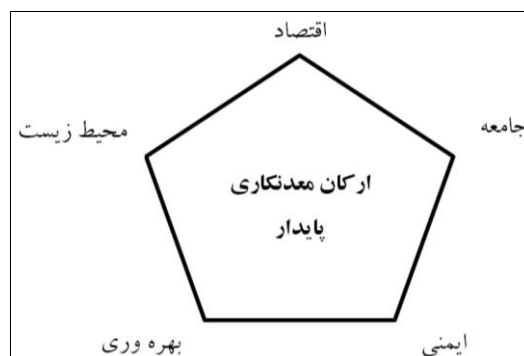
معدن‌کاری پایدار رهیافتی است که با استفاده عالمانه از منابع معدنی، نیازهای نسل فعلی جامعه را برآورده، کیفیت زندگی را ارتقا و در نتیجه محیط‌زیست و منابع معدنی را برای نسل‌های آینده حفظ می‌کند؛ بنابراین باید تلاش شود اثرات مثبت معدن‌کاری تقویت و اثرات منفی به حداقل برسد. در پایداری بخش معدن عوامل مختلفی همچون ایمنی و سلامت، تعامل مؤثر، توجه به مردم بومی، محیط، یادگیری مداوم، انطباق، بهره‌وری منابع مورد استفاده، مسئولیت‌پذیری در انجام کار و توجه به چرخه کامل معدن مؤثرند (یاری، ۱۳۹۴: ۶۵). باید توجه داشت که در معدن‌کاری پایدار، ارکان اقتصاد و اجتماع به‌اندازه محیط‌زیست مهم است و برای رسیدن به توسعه پایدار افزون بر این سه رکن، باید به مسائل ایمنی و بهره‌وری نیز توجه کرد (شکل ۲). متأسفانه چارچوب موجود به‌طور مداوم، رفتار مسئولانه در معدن‌کاری را تضمین نمی‌کند و اثرات منفی محیطی و اجتماعی بیشتر از آنچه نباید رخ می‌دهد (میراندا^۳ و همکاران، ۲۰۰۵).

معدن‌کاری مسئولیت‌پذیر، ماهیت محیط معدن را در نظر می‌گیرد؛ شرایط کار ایمن را تضمین می‌کند و جنبه‌های اجتماعی معدن شامل خانواده‌های معدن‌چیان، محیط‌زیست و غیره را مورد توجه قرار می‌دهد و مقرراتی برای حد مجاز آلودگی‌ها وضع و فناوری‌هایی برای کاهش آن‌ها توسعه می‌دهد (دابینسکی^۴، ۲۰۱۳).

اهداف معدن‌کاری مسئولیت‌پذیر عبارت‌اند از: اطمینان از طراحی سامانه‌های رسمی، فرایندها و کنترل‌ها برای دستیابی به محیط کار ایمن و کارآمد، مدیریت اجتماعی تأثیرات بر جوامع، ایجاد ارزش‌های مشترک در پروژه‌های معدن و حمایت از جوامع محلی، ایجاد و مدیریت سامانه‌های نظارتی، مطمئن (کانی‌بیر^۵، ۲۰۱۵).



شکل ۱. چارچوب معدن‌کاری سبز (کسکینن، ۲۰۱۳)



شکل ۲. ارکان معدن کاری پایدار (پاوان کومار^۱، ۲۰۱۴)

بررسی پیشینه پژوهش گویای آن است که معدن کاری در مناطق روستایی باوجود برخی آثار مثبت اقتصادی و اجتماعی، پیامدهای زیست محیطی زیان باری در پی داشته و از هر سه بُعد یاد شده با اهداف معدن کاری پایدار فاصله زیادی دارد. در بعد اقتصادی، استخراج معدن موجب افزایش فرصت های بازار، ایجاد اشتغال و تنوع بخشی به اقتصاد روستاها شده و افزایش درآمد و ارتقاء سطح معیشت روستاییان را دربر داشته است (کیتولا^۲، ۲۰۰۵؛ صادقلو و همکاران، ۱۳۹۵؛ یاری، ۱۳۹۴؛ علوی زاده و کرمانی، ۱۳۹۱؛ پراساد ساتی^۳، ۲۰۱۴؛ حاجی نژاد و مظفری، ۱۳۹۴). درمقابل برخی بررسی ها گویای آن است که معدن کاری در مناطق روستایی موجب بیماری دام های روستاییان و کاهش درآمد و پس انداز ایشان شده و امنیت شغلی و بازگشت ناچیز سرمایه گذاری را برای جوامع محلی به دنبال داشته است (یاری، ۱۳۹۴؛ سینان ارزوروملو و ارزوروملو^۴، ۲۰۱۵؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹۳؛ کیتولا، ۲۰۰۵؛ شکلتون^۵، ۲۰۲۰).

از بعد اجتماعی نیز معدن کاری موجب بهبود دسترسی روستاییان به خدمات آموزشی، بهداشتی و شبکه جاده ای شده و مهاجرت برای استخدام در معادن و رشد جمعیت منطقه را در پی داشته است (کیتولا، ۲۰۰۵؛ داسگوپتا و همکاران، ۲۰۱۲؛ علوی زاده و کرمانی، ۱۳۹۱؛ حاجی نژاد و مظفری، ۱۳۹۴؛ صادقلو و همکاران، ۱۳۹۵؛ یاری، ۱۳۹۴). درمقابل نتایج برخی پژوهش ها بیانگر افزایش مهاجرت روستاییان از روستا، ضایع شدن حقوق جامعه محلی، افزایش درگیری های محلی، تأثیر منفی معدن کاری بر سلامت روستاییان، افزایش تصادفات جاده ای به دلیل تردد ماشین آلات سنگین و نیز شکل گیری مطالبات غیر قانونی مردم از معدن داران شده است (علوی زاده و کرمانی، ۱۳۹۱؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹۳؛ یاری، ۱۳۹۴؛ اونتوین و آجیمانگ^۶، ۲۰۱۴؛ شکلتون^۵، ۲۰۲۰؛ همچنین وگناست و بک^۷ (۲۰۲۰) نشان دادند که استخراج معادن به میزان قابل توجهی دسترسی به غذا را در بین زنان کاهش داده و درعین حال تأثیر قابل توجهی بر دسترسی مردان به غذا ندارد و این وضعیت درمورد معادن با مالکیت بین المللی وخیم تر است.

از بعد زیست محیطی معدن کاری در مناطق روستایی موجب آلودگی خاک، تخریب زمین های مرتعی و زراعی، تغییر کیفیت بصری چشم اندازهای طبیعی، کاهش تغذیه و آلودگی آب های زیرزمینی، رودخانه ها و کاهش کیفیت آب شده است (کیتولا، ۲۰۰۵؛ داسگوپتا و همکاران، ۲۰۱۲؛ اونتوین و آجیمانگ، ۲۰۱۴؛ علوی زاده و کرمانی،

1- Pavan Kumar

2- Kitula

3- Prasad Sati

4- Sinan Erzurumlu & Erzurumlu

5- Shackleton

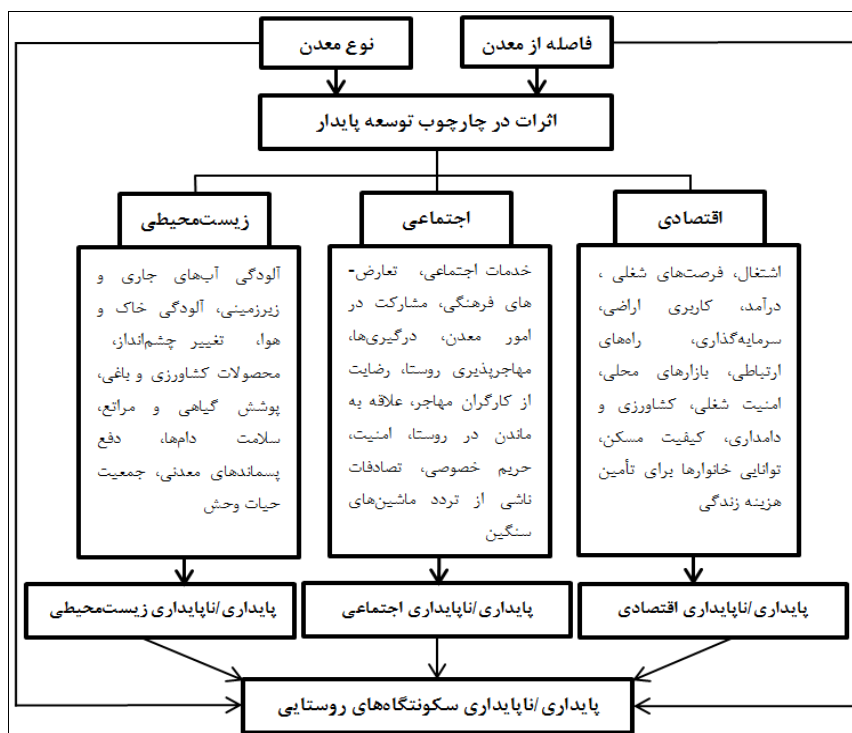
6- Ontoyin & Agyemang

7- Wegenast & Beck

۱۳۹۱؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹۳؛ جباری و سلیمانی، ۱۳۹۷؛ افسو^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). بررسی کائو^۲ و همکاران (۲۰۱۷) گویای آن است که فعالیت معدن زغال سنگ در استان شانگزی بین سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۳ موجب تغییر کاربری گستره زمین‌های کشاورزی به مسکونی شده است. بررسی‌های متعددی نیز نشان دادند که در این گونه مناطق تخریب پوشش گیاهی افزایش یافته و تنوع زیستی گیاهی و جانوری رو به کاهش بوده است (کیتولا، ۲۰۰۵؛ اونتوین و آجیمانگ، ۲۰۱۴؛ پراسادساتی، ۲۰۱۴؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹۳)؛ افزون بر این، آلودگی صوتی ناشی از معدن کاری نیز از نظر پژوهشگران دور نمانده است (ملکی و همکاران، ۱۳۹۳).

از نظر فضایی - مکانی نیز مشخص شد که روستاهای نزدیک معدن، بیشترین میزان ناپایداری زیست‌محیطی را دارند (صادقلو و همکاران، ۱۳۹۵) و جوامع مورد بررسی با وجود برخی شباهت‌ها از بعد ناپایداری زیست‌محیطی شرایط کاملاً مختلفی از نظر جنبه‌های اجتماعی، اقتصادی و نهادی پایداری همچون بهبود رفاه انسان، زیرساخت‌های ایمن و افزایش مشارکت و همکاری ذی‌نفعان و کمک به افراد آسیب‌دیده داشتند (آنتوی^۳ و همکاران، ۲۰۱۷).

با توجه به پیشینه پژوهش که بیشتر بر اثرات معدن بر مناطق پیرامون تأکید داشته‌اند، می‌توان گفت که معدن بر میزان پایداری سکونت‌گاه‌های روستایی تأثیرگذارند. شواهد تجربی نیز نشان می‌دهند که معدن کاری همواره دگرگونی‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی در مقیاس محلی و منطقه‌ای را به همراه داشته است؛ از این رو در بررسی نقش معدن بر پایداری سکونت‌گاه‌های روستایی، سه بعد اقتصادی، اجتماعی و محیطی در قالب شاخص‌های مختلف ارزیابی و با تکیه بر مبانی نظری و پیشینه پژوهش و مشاهدات میدانی، مدل نظری پژوهش طراحی شده است (شکل ۳).



شکل ۳. مدل نظری پژوهش (پیشینه پژوهش و مصاحبه‌های محلی، ۱۳۹۸)

1- Ofosu

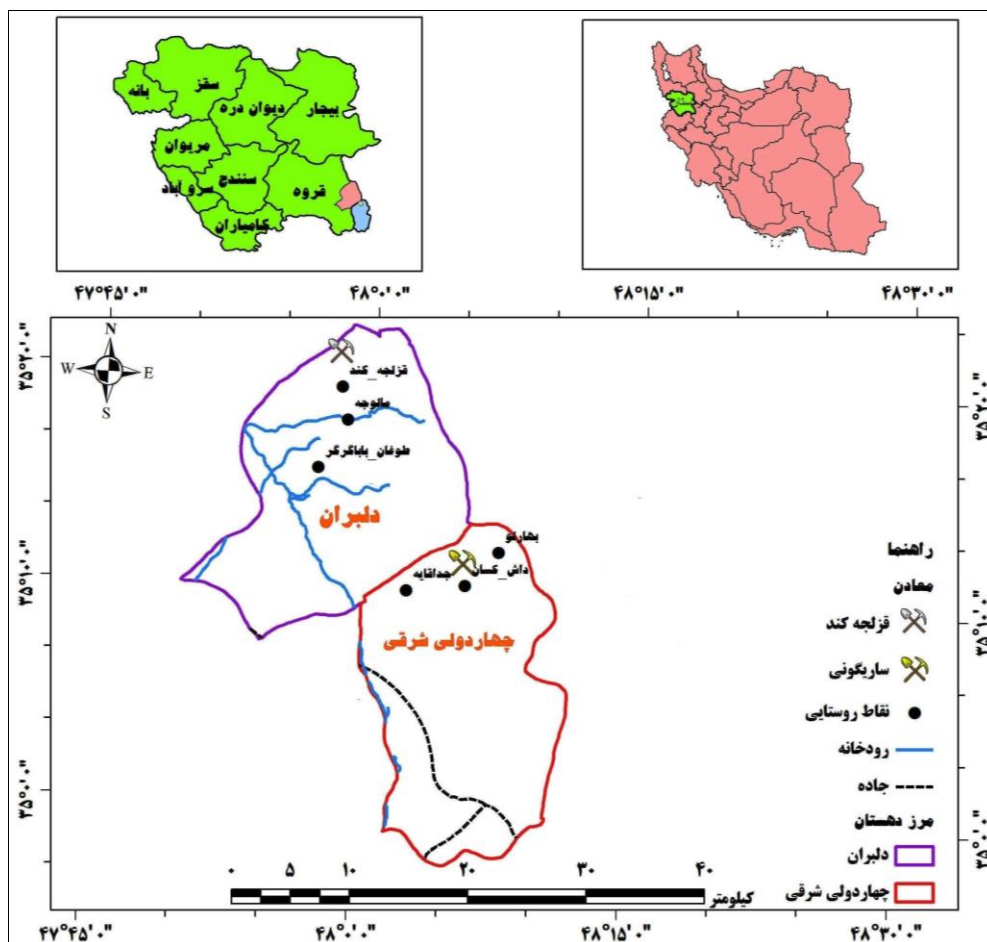
2- Cao

3- Antwi

شهرستان قروه به عنوان محدوده بررسی، معادن بسیاری در خود جای داده که ظرفیت ایجاد صدها شغل مستقیم و غیر مستقیم در منطقه را دارند و با وجود درآمد فراوانی که این معادن دارند، تنها عده معدودی از آن سود می‌برند. در پژوهش حاضر نقش استخراج معدن طلای ساریگونی بر روستاهای داش کسان، بهارلو، جدآقایه و همچنین معدن پوکه بر روستاهای قزلجه کند، مالوجه و طوغان باباگر به عنوان هدف کلی سنجش شده و رابطه بین معدن کاری و توسعه روستاهای هم‌جوار شناسایی می‌شود تا با انجام اقدامات مناسب، زمینه پایداری در محیط‌های روستایی فراهم و سکونت‌گاه‌های روستایی واقع در حاشیه این معادن توسعه یابند؛ همچنین هدف دیگر پژوهش، رتبه‌بندی روستاهای مورد مطالعه از نظر سطح پایداری و پاسخ‌گویی به پرسش‌هایی همچون ارتباط ابعاد گوناگون پایداری در روستاهای مورد مطالعه و تأثیر فاصله معادن از روستاها و نوع معدن و نوع مالکیت معدن بر میزان پایداری روستاهای پیرامون و آگاهی از تفاوت پایداری روستاها از نظر خانوارهای روستایی شاغل و غیر شاغل در معدن است. در نهایت هدف اصلی پژوهش، شناسایی تأثیر استخراج معدن بر پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی روستاهای اطراف است.

مواد و روش‌ها

شهرستان قروه بین $31^{\circ} 7' 47''$ تا $26^{\circ} 11' 48''$ طول شرقی و $34^{\circ} 55' 14''$ تا $35^{\circ} 41' 1''$ عرض شمالی قرار دارد و دارای چهار شهر و سه بخش شامل مرکزی، سریش‌آباد و چهاردولی است، همچنین نه دهستان و ۱۳۳ آبادی دارای سکنه دارد (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کردستان، ۱۳۹۰) (شکل ۴).



شکل ۴. موقعیت استان کردستان، دهستان‌های دلبران و چهاردولی شرقی و روستاهای مورد مطالعه

پژوهش حاضر با توجه به ماهیت موضوع از نوع کاربردی و به لحاظ گستره، موردی است که به روش توصیفی - تحلیلی و اطلاعات میدانی با استفاده از ابزار پرسش نامه، جمع آوری شد. برای ارزیابی نقش معدن بر پایداری روستاهای مورد مطالعه، با استفاده از مطالعات انجام شده در این زمینه و با تکیه بر مبانی نظری و مشاهدات میدانی، متغیرها و شاخص هایی در سه بعد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی شناسایی و انتخاب شد که در جدول ۱ آورده شده است.

جامعه آماری پژوهش، ۱۹۸۲ خانوار ساکن در روستاهای بهارلو، داش کسان و جدآقایه در اطراف معدن طلای ساریگونی و روستاهای قزلجه کند، مالوجه و طوغان باباگرگر در اطراف معدن پوکه قزلجه کند بوده که با استفاده از فرمول کوکران ۳۳۰ نفر از سرپرستان خانوار ساکن در این روستاها در غالب دو گروه اصلی شاغل در معدن و غیر شاغل در معدن به عنوان حجم نمونه مشخص شد. بدین صورت که تمام ۷۳ نفر گروه شاغل در معدن، سرشماری شده و با کم کردن این تعداد از حجم نمونه، ۲۵۷ نفر به عنوان حجم نمونه برای گروه غیر شاغل در معدن در نظر گرفته شد. توزیع نمونه نیز براساس تعداد کل خانوار در هر روستا به روش انتساب متناسب انجام شد؛ همچنین انتخاب افراد نمونه در این گروه به روش تصادفی ساده انجام شد. ابزار اصلی پژوهش، پرسش نامه بوده که به منظور محاسبه پایایی پرسش نامه از روش آلفای کرونباخ استفاده شده که در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و همچنین کل گویه ها به ترتیب ۰/۷۹۹، ۰/۷۴۵، ۰/۸۲۸ و ۰/۷۹۰ به دست آمد. روایی نیز با استفاده از روش محتوا به وسیله افراد متخصص، اساتید و مطلعان کلیدی تأیید شد؛ همچنین با نرم افزار اس. پی. اس. اس. ۱، ضریب همبستگی اسپیرمن بین ابعاد گوناگون پایداری در روستاهای مورد مطالعه و بین پایداری و فاصله روستاها از معدن برقرار شد و از آزمون من ویتنی برای بررسی تفاوت پایداری روستاها براساس نوع و مالکیت معدن و تفاوت دیدگاه گروه های شاغل و غیر شاغل در معدن استفاده شد.

نتایج

برای سنجش سطح پایداری اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی و پایداری کل روستاهای مورد بررسی به سه سطح پایدار، نیمه پایدار و ناپایدار، دامنه تغییرات پایداری هر بعد بر تعداد طبقات تقسیم شد (جدول ۲). بدین ترتیب سطح پایداری هر روستا به دست آمد (جدول ۳).

جدول ۱. شاخص های ارزیابی نقش معدن در پایداری روستاها (کتابی، ۱۳۹۰؛ سجاسی قیداری و صادق، ۱۳۹۳؛ حاجی نژاد و مظفری،

۱۳۹۴؛ یاری، ۱۳۹۴؛ مانتینگ^۲، ۲۰۱۱؛ ۶۴: نارولا^۳ و همکاران، ۲۰۱۷)

بعد	شاخص / گویه
اقتصادی	۱- افزایش اشتغال روستاییان؛ ۲- ایجاد فرصت های شغلی جدید؛ ۳- بهبود سطح درآمد روستاییان؛ ۴- میزان تغییر کاربری اراضی؛ ۵- افزایش و جذب سرمایه گذاری در روستا؛ ۶- ایجاد و بهسازی شبکه راه های ارتباطی؛ ۷- میزان رونق بازارهای محلی؛ ۸- میزان افزایش امنیت شغلی؛ ۹- کاهش کشاورزی و دامداری؛ ۱۰- افزایش کیفیت ساخت مسکن؛ ۱۱- افزایش توانایی خانوارها برای تأمین هزینه زندگی.
	۱- توسعه خدمات اجتماعی روستا؛ ۲- برخورد ها و تعارض های فرهنگی؛ ۳- میزان مشارکت روستاییان در تصمیم گیری و برنامه ریزی امور بهره برداری معدن؛ ۴- میزان اختلافات و درگیری ها؛ ۵- میزان مهاجری روستا؛ ۶- میزان رضایت از حضور کارگران مهاجر به روستا؛ ۷- علاقه مندی روستاییان به ماندن در روستا؛ ۸- میزان احساس امنیت؛ ۹- میزان تجاوز به حریم خصوصی روستاییان؛ ۱۰- تصادفات ناشی از تردد ماشین های سنگین.
زیست محیطی	۱- میزان آلودگی آب های جاری؛ ۲- میزان آلودگی آب های زیرزمینی؛ ۳- میزان آلودگی خاک؛ ۴- میزان آلودگی هوا؛ ۵- میزان تغییر چشم انداز طبیعی روستا؛ ۶- تأثیر بر محصولات کشاورزی و باغی؛ ۷- تخریب پوشش گیاهی و مراتع اطراف روستا؛ ۸- تأثیر بر سلامت دام ها؛ ۹- روند دفع و جمع آوری پسماندهای معدنی؛ ۱۰- کاهش جمعیت حیات وحش.

1- Statistical Package for Social Science (SPSS)

2- Muntingh

3- Narula

جدول ۲. مقدار شاخص پایداری ابعاد برای سطح‌بندی روستاها

سطح‌بندی روستاها	مقدار شاخص پایداری اقتصادی	مقدار شاخص پایداری اجتماعی	مقدار شاخص پایداری زیست‌محیطی	مقدار شاخص پایداری کل
پایدار	۳۲/۹۷ - ۳۷/۷۰	۳۱/۱۵ - ۳۳/۵۶	۲۸/۵۶ - ۳۳/۸۱	۹۱/۷۱ - ۹۹/۹۶
نیمه پایدار	۲۸/۲۴ - ۳۲/۹۷	۲۸/۷۴ - ۳۱/۱۵	۲۳/۳۱ - ۲۸/۵۶	۸۳/۴۷ - ۹۱/۷۱
ناپایدار	۲۳/۵۱ - ۲۸/۲۴	۲۶/۳۳ - ۲۸/۷۴	۱۸/۰۶ - ۲۳/۳۱	۷۵/۲۲ - ۸۳/۴۷

جدول ۳. سطح‌بندی پایداری روستاهای مورد بررسی

نام روستا	پایداری اقتصادی		پایداری اجتماعی		پایداری زیست‌محیطی		پایداری کل	
	امتیاز	سطح پایداری	امتیاز	سطح پایداری	امتیاز	سطح پایداری	امتیاز	سطح پایداری
قرلجه‌کند	۳۷/۷۰	پایدار	۳۳/۵۶	پایدار	۲۸/۷۰	پایدار	۹۹/۹۶	پایدار
مالوجه	۲۵/۳۳	ناپایدار	۳۱/۰۹	نیمه پایدار	۳۲/۴۰	پایدار	۸۸/۸۲	نیمه پایدار
طوغان باباگرگر	۲۴/۳۵	ناپایدار	۲۹/۱۹	نیمه پایدار	۳۳/۸۱	پایدار	۸۷/۳۵	نیمه پایدار
داش کسان	۳۵/۳۵	پایدار	۲۷/۹۵	ناپایدار	۱۸/۰۵	ناپایدار	۸۱/۳۵	ناپایدار
بهارلو	۳۵/۶۵	پایدار	۲۶/۸۷	ناپایدار	۲۰/۸۷	ناپایدار	۸۳/۳۹	ناپایدار
جداقاه	۲۳/۵۰	ناپایدار	۲۶/۳۳	ناپایدار	۲۵/۳۹	نیمه پایدار	۷۵/۲۲	ناپایدار

در پایداری اقتصادی، روستای قرلجه‌کند به‌علت فاصله نزدیک‌تر به معدن، اشتغال در معدن، تولید و فروش سنگ پا به‌وسیله اهالی و بهبود سطح درآمد روستاییان، در رتبه اول و روستای جداقاه با فاصله دورتر از معدن، اشتغال محدودتر و ایجادنشدن فرصت شغلی جدید، در پایین‌ترین رتبه قرار گرفت. از نظر سطح پایداری، به‌دلیل فاصله نزدیک‌تر به معادن و ایجاد فرصت‌های شغلی بیشتر، سه روستای قرلجه‌کند، بهارلو و داش کسان، پایدار و سه روستای مالوجه، طوغان باباگرگر و جداقاه، ناپایدار شناخته شدند.

در پایداری اجتماعی، روستای قرلجه‌کند به‌علت رضایت جامعه محلی از توسعه معدن پوک به‌دلیل تعامل اجتماعی فعالان معدن با مسئولین محلی و ایجاد اعتماد بین آن‌ها در رتبه اول و روستای جداقاه به‌دلیل توزیع ناعادلانه درآمدهای حاصل از معدن، بی‌توجهی به سلامت جسمی و روانی روستاییان و کم‌رنگ‌شدن جایگاهشان، در آخرین رتبه قرار گرفته است. از نظر سطح پایداری، روستای قرلجه‌کند، پایدار، روستاهای مالوجه و طوغان باباگرگر، نیمه پایدار و روستاهای بهارلو، داش کسان و جداقاه، ناپایدار شناخته شدند.

در پایداری زیست‌محیطی، روستای طوغان باباگرگر با فاصله دورتر از معدن پوک در رتبه اول و روستای داش کسان با فاصله نزدیک‌تر به معدن طلا، در رتبه آخر قرار گرفته‌اند. تخریب بر اثر عملیات آتش‌کاری و انفجار در معدن طلا، آلودگی‌های صوتی، ذرات گرد و غبار، آلاینده‌های سمی و آلودگی‌های بیشتر آب، خاک و هوا خطری جدی برای افراد و محیط‌زیست روستا ایجاد کرده است. از نظر سطح پایداری نیز روستاهای بهارلو و داش کسان به‌دلیل فاصله نزدیک به معدن طلا و آلودگی‌های ناشی از فلزات سنگین، ناپایدار و روستای جداقاه به‌دلیل فاصله بیشتر نسبت به این دو روستا، نیمه پایدار شناخته شدند. فلزات سنگین مثل عنصر آرسنیک و آنتیموان بسیار سمی بوده و براساس آزمایش‌هایی که روی خاک منطقه صورت گرفته، غلظت این عناصر در خاک‌های سطحی اطراف محدوده معدنی بالاتر از حد مجاز است و تماس آب‌های سطحی و زیرزمینی با این عناصر، به‌گفته اهالی باعث فقر پوشش گیاهی، تخریب و فرسایش زمین‌های کشاورزی و مرتعی شده است.

پس از سطح‌بندی روستاها، برای پاسخ‌گویی به پرسش وجود رابطه بین ابعاد گوناگون پایداری، از آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده شد. با توجه به سطح معنی‌داری به‌دست آمده، با اطمینان ۹۹٪ این نتیجه حاصل شد

که بین ابعاد گوناگون پایداری در روستاهای مورد مطالعه رابطه معنی داری وجود دارد. شدت رابطه بین بعد اقتصادی و اجتماعی برابر با ۰/۲۱۵ و جهت رابطه مثبت است؛ یعنی با افزایش پایداری اقتصادی، پایداری اجتماعی نیز افزایش می یابد. شدت رابطه بین بعد اقتصادی و زیست محیطی نیز برابر با ۰/۶۱۳- و جهت رابطه منفی است؛ یعنی با افزایش پایداری اقتصادی، پایداری زیست محیطی کاهش می یابد. درواقع نادیده گرفتن پیامدهای زیست محیطی از سوی معدن کاران به ناپایداری محیطی می انجامد. همچنین شدت رابطه بین بعد اجتماعی و زیست محیطی برابر با ۰/۲۲۸ و جهت رابطه مثبت است؛ یعنی با افزایش پایداری اجتماعی، پایداری زیست محیطی نیز افزایش می یابد. اگر ارتباط و تعامل بین روستاییان منطقه و بهره برداران معادن گسترش یابد و جلسات هم فکری با نمایندگان افراد محلی به منظور به حداقل رساندن عوارض زیست محیطی برگزار شود، سبب پایداری در این زمینه خواهد شد (جدول ۴)؛ همچنین در بررسی وجود رابطه بین فاصله معدن از روستاها و پایداری آن ها از آزمون همبستگی اسپیرمن استفاده شد. فاصله روستاهای قزلجه کند، مالوجه و طوغان باباگرگر از معدن پوکه به ترتیب، سه، هفت و ده کیلومتر و فاصله روستاهای داش کسان، بهارلو و جدآقایه از معدن طلا به ترتیب، سه، شش و ده کیلومتر است.

با توجه به سطح معنی داری های به دست آمده، این نتیجه به دست آمد که بین فاصله معدن از روستاها و پایداری آن ها رابطه معنی داری وجود دارد. شدت رابطه بین پایداری اقتصادی و فاصله از معدن برابر با ۰/۸۴۵- و جهت رابطه منفی است؛ بدین معنا که هرچه مسافت معدن بیشتر باشد، پایداری اقتصادی کاهش یافته و برعکس. شدت رابطه بین پایداری اجتماعی و فاصله از معدن برابر با ۰/۱۷۲- و جهت رابطه منفی است؛ به این معنی که هرچه مسافت معدن بیشتر باشد، پایداری اجتماعی کاهش یافته و برعکس. شدت رابطه بین پایداری زیست محیطی و فاصله از معدن برابر با ۰/۶۵۶ و جهت رابطه مثبت است؛ بدین معنی که هرچه مسافت بیشتر باشد، پایداری زیست محیطی افزایش یافته و برعکس. همان طور که مشخص است، اثرات زیست محیطی معادن متناسب با شرایط جغرافیایی به طور عمده به شاخص فاصله وابسته است؛ به طوری که اثرات مختلف آن در محدوده های نزدیک تر، بسیار بیشتر از محدوده های دورتر است؛ زیرا روستاهای واقع شده در نزدیکی معادن، بیشترین میزان ناپایداری زیست محیطی را دارند (جدول ۵).

به منظور بررسی میزان تفاوت سطح پایداری بین روستاهای اطراف معدن طلا و روستاهای اطراف معدن پوکه از آزمون من ویتنی استفاده شد. روستاهای قزلجه کند، مالوجه و طوغان باباگرگر در اطراف معدن پوکه و روستاهای داش کسان، بهارلو و جدآقایه در اطراف معدن طلا قرار دارند. با توجه به سطح معنی داری های به دست آمده، این نتیجه حاصل شد که از نظر سطح پایداری، بین روستاهای اطراف معدن طلا و پوکه تفاوت معنی داری وجود دارد.

جدول ۴. ضریب همبستگی اسپیرمن بین ابعاد گوناگون پایداری

رابطه ابعاد	اقتصادی - اجتماعی	اقتصادی - زیست محیطی	اجتماعی - زیست محیطی
ضریب همبستگی	۰/۲۱۵**	-۰/۶۱۳**	۰/۲۲۸**
سطح معنی داری	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

** : همبستگی در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی دار است.

جدول ۵. ضریب همبستگی اسپیرمن بین فاصله از معدن و پایداری روستاها

متغیرها	ضریب همبستگی	سطح معنی داری
پایداری اقتصادی	-۰/۸۴۵**	۰/۰۰۰
پایداری اجتماعی	-۰/۱۷۲**	۰/۰۰۲
پایداری زیست محیطی	۰/۶۵۶**	۰/۰۰۰
پایداری کل	-۰/۱۷۲**	۰/۰۰۲

** : همبستگی در سطح اطمینان ۹۹٪ معنی دار است.

در بعد اقتصادی روستاهای اطراف معدن طلا به دلیل اشتغال‌زایی، رونق بازار محلی و بهبود سطح درآمد، از پایداری اقتصادی بالاتری برخوردارند. در بعد اجتماعی، روستاهای اطراف معدن پوکه از پایداری بالاتری برخوردارند که از دلایل آن می‌توان پایین بودن درگیری و تضاد بین روستاییان و معدن‌کاران و احساس امنیت بیشتر را برشمرد. در بعد زیست‌محیطی نیز روستاهای اطراف معدن پوکه از پایداری بالاتری برخوردارند؛ زیرا برخلاف تأثیر شدید استخراج معدن طلا بر ترکیب شیمیایی خاک‌های پیرامون، بهره‌برداری از معدن پوکه تغییر زیادی بر خاک‌های زمین‌های مجاور ایجاد نکرده است. تشکیل زهاب‌های ناشی از معدن پوکه به اندازه معدن طلا اثرات منفی ندارد و به دلیل نوع کانی آن، پیامدهای ناگواری در پی نداشته است (جدول ۶).

در بررسی وجود تفاوت معنی‌دار بین پایداری روستاها از نظر خانوارهای روستایی شاغل و غیر شاغل در معدن، از آزمون من‌ویتنی استفاده شده است. نتیجه نشان می‌دهد که بین پایداری روستاها از نظر یادشده، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. از نظر خانوارهای روستایی شاغل در معدن، روستاها از پایداری اقتصادی و اجتماعی بالاتر، ولی از پایداری زیست‌محیطی کمتری برخوردارند. می‌توان گفت که افراد شاغل در معدن به دلیل تنوع درآمدی و ثبات شغلی بیشتر، از کیفیت زندگی بالاتری برخوردارند و همین امر باعث تمایل بیشتر ایشان به ماندن در روستا شده است (جدول ۷).

برای بررسی وجود تفاوت بین نوع مالکیت معدن و پایداری روستاها، از آزمون من‌ویتنی استفاده شده است. نتیجه گویای آن است که بین نوع مالکیت معدن و پایداری روستاها تفاوت معنی‌دار وجود دارد. معدن طلا با مالکیت خصوصی نسبت به معدن پوکه با مالکیت تعاونی، از پایداری اقتصادی بالاتری برخوردار است؛ ولی در زمینه پایداری اجتماعی و زیست‌محیطی، پایداری کمتری دارد. معدن طلا با مالکیت خصوصی در ایجاد اشتغال، بهبود درآمد روستاییان، رونق بازارهای محلی و غیره مؤثر بوده است؛ اما به واسطه کم‌رنگ بودن مشارکت جامعه محلی، تقابل منافع ذی‌نفعان و مردم، همچنین تخریب محیط زیست، نارضایتی اجتماعی را به دنبال داشته است (جدول ۸).

جدول ۶. تفاوت پایداری برحسب نوع معدن

متغیرها	من‌ویتنی	ویلکاکسون	زد	سطح معنی‌داری
پایداری اقتصادی	۶۴۳۲	۳۵۳۵۲	-۵/۷۲۳	۰/۰۰۰
پایداری اجتماعی	۲۳۵۷/۵	۶۴۵۲/۵	-۱۱/۰۸۲	۰/۰۰۰
پایداری زیست‌محیطی	۱۲/۵	۴۱۰۷/۵	-۱۴/۱۳۶	۰/۰۰۰
پایداری کل	۱۱۲۱/۵	۵۲۱۶/۵	-۱۲/۵۸۲	۰/۰۰۰

جدول ۷. تفاوت پایداری از نظر خانوارهای شاغل و غیر شاغل در معدن

متغیرها	من‌ویتنی	ویلکاکسون	زد	سطح معنی‌داری
پایداری اقتصادی	۴۰۳۲/۵	۳۷۱۸۵/۵	-۷/۵۱۹	۰/۰۰۰
پایداری اجتماعی	۵۶۸۷/۵	۳۸۸۴۰/۵	-۵/۲۰۱	۰/۰۰۰
پایداری زیست‌محیطی	۴۵۷۲/۵	۴۷۳۴۱/۵	-۶/۷۶۱	۰/۰۰۰
پایداری کل	۷۶۷۰/۵	۴۰۸۲۳/۵	-۲/۳۸۵	۰/۰۱۷

جدول ۸. تفاوت پایداری برحسب نوع مالکیت معدن

متغیرها	من‌ویتنی	ویلکاکسون	زد	سطح معنی‌داری
پایداری اقتصادی	۶۴۳۲	۳۵۳۵۲	-۵/۷۲۳	۰/۰۰۰
پایداری اجتماعی	۲۳۵۷/۵	۶۴۵۲/۵	-۱۱/۰۸۲	۰/۰۰۰
پایداری زیست‌محیطی	۱۲/۵	۴۱۰۷/۵	-۱۴/۱۳۶	۰/۰۰۰
پایداری کل	۱۱۲۱/۵	۵۲۱۶/۵	-۱۲/۵۸۲	۰/۰۰۰

بحث

تنوع بخشی به فعالیت های اقتصادی روستاها و استفاده از منابع محلی موجود همچون معادن می تواند ظرفیت جدیدی برای توسعه روستاها باشد. معدن کاری با وجود نقش نه چندان پررنگی که در رونق اقتصادی محلی دارد؛ با اثرات منفی اجتماعی و زیست محیطی همراه است که بسته به نوع معدن متفاوت اند. در پژوهش حاضر که به ارزیابی نقش معدن بر پایداری روستاهای پیرامون پرداخته است، مشخص شد که روستاهای مورد مطالعه از نظر پایداری، در شرایط متفاوتی قرار دارند. در بعد اقتصادی و اجتماعی، روستاهای قزلجه کند در رتبه اول و جداقاپه در پایین ترین رتبه، در بعد زیست محیطی، طوغان باباگر در رتبه اول و داش کسان در رتبه آخر قرار گرفتند؛ همچنین از آنجا که استخراج معدن در منطقه مورد بررسی چندان با موازین معدن کاری مسئولیت پذیر و پایدار منطبق نبوده است، ابعاد سه گانه بررسی هماهنگ نبوده اند به گونه ای که با افزایش پایداری اقتصادی، بهبود وضعیت پایداری اجتماعی نیز مشاهده می شود؛ اما وضعیت پایداری زیست محیطی به وخامت می گراید. در مقابل با بهبود وضعیت پایداری اجتماعی، پایداری زیست محیطی افزایش می یابد. پژوهش ها نشان می دهند که با وجود برخی شباهت ها از بعد ناپایداری زیست محیطی که به طور عمده از تخریب زمین های مرتعی و کشاورزی، تغییر کیفیت بصری چشم اندازهای طبیعی، آلودگی آب های زیرزمینی و جاری و تغییر کاربری زمین های کشاورزی حکایت دارند (کیتولا، ۲۰۰۵؛ داسگوپتا و همکاران، ۲۰۱۲؛ اونتوین و آجیمانگ، ۲۰۱۴؛ آنتوی و همکاران، ۲۰۱۷؛ کائو و همکاران، ۲۰۱۷؛ علوی زاده و کرمانی، ۱۳۹۱؛ جباری و سلیمانی، ۱۳۹۷؛ افوسو و همکاران، ۲۰۲۰).

از جنبه های اقتصادی و اجتماعی شرایط بسیار مختلفی بر پایداری جوامع مورد بررسی تأثیر داشته است. تنها سه روستای مورد مطالعه از بعد اقتصادی پایدار بوده اند. چنانچه عامل فاصله را که تأثیر یکسانی بر پایداری روستاهای مورد بررسی داشته است، حذف کنیم، در بعد اقتصادی مقایسه دو روستای نزدیک معدن پوکه و طلا نشانگر آن است که معدن طلا با وجود ارزش اقتصادی بیشتر، تأثیر کمتری بر پایداری اقتصاد محلی داشته و روستای قزلجه کند نسبت به روستای داش کسان در شاخص هایی همچون افزایش اشتغال، ایجاد فرصت های شغلی جدید و بهبود سطح درآمد روستاییان شرایط مطلوب تری داشته است. برخی بررسی های پیشین نیز گویای پایداری و بهبود شاخص های اقتصادی بوده (کیتولا، ۲۰۰۵؛ صادقلو و همکاران، ۱۳۹۵؛ یاری، ۱۳۹۴؛ علوی زاده و کرمانی، ۱۳۹۱؛ پراساداساتی، ۲۰۱۴؛ حاجی نژاد و مظفری، ۱۳۹۴) و موارد متعددی نیز نتیجه معکوس در پی داشته است (یاری، ۱۳۹۴؛ سینان ارزوروملو و ارزوروملو، ۲۰۱۵؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹۳؛ کیتولا، ۲۰۰۵؛ شکلتون، ۲۰۲۰).

از بعد اجتماعی نیز تنها یک روستای مورد بررسی پایدار و بقیه نیمه پایدار و ناپایدار ارزیابی شدند که نشان از غلبه آثار منفی اجتماعی استخراج معدن بر جوامع روستایی دارد. پژوهش های انجام شده نیز گویای پیامدهایی همچون ضایع شدن حقوق جامعه محلی، افزایش درگیری های محلی و افزایش مهاجرت روستاییان از روستا (علوی زاده و کرمانی، ۱۳۹۱؛ یاری، ۱۳۹۴؛ شکلتون، ۲۰۲۰) است. در این ارتباط غیر از حاکمیت پارادایم سنتی معدن کاری و کم توجهی به راهبرد معدن کاری پایدار و مسئولیت پذیر در بیشتر کشورهای در حال توسعه و ایران که منجر به بروز آثار منفی این صنعت بر پیکر روستاها می شود، عوامل موقعیتی و اختصاصی دیگری نقش آفرینی می کنند. چنانچه بررسی حاضر و پژوهش صادقلو و همکاران (۱۳۹۵) نشان داد که با کاهش فاصله از معدن پایداری اقتصادی و اجتماعی روستاها افزایش و پایداری زیست محیطی کاهش می یابد. این خود شاهدی بر نقش آفرینی ناپایدار معادن در مناطق روستایی است؛ زیرا آثار اقتصادی و اجتماعی اندک این معادن تنها محدود به نزدیک ترین روستاها شده و آثار منفی زیست محیطی نیز تنها با دور شدن از معدن کاهش می یابد.

با توجه به یافته های پژوهش مشخص شد که نوع معدن و ماده استخراجی نیز تأثیر به سزایی در ابعاد اقتصادی

اجتماعی و زیست‌محیطی پایداری روستاها دارند و به‌لحاظ مسائل و چالش‌های خاص خود نیازمند بررسی گونه‌شناسانه و مستقل هستند؛ همچنین پژوهش حاضر و بررسی حاجی‌نژاد و مظفری (۱۳۹۴) گویای آن است که خانوارهای روستایی شاغل در مقایسه با همگنان غیر شاغل در معدن، دیدگاه مثبت‌تر و رضایت بیشتری به‌ویژه در بعد اقتصادی و اجتماعی نسبت به استخراج معدن دارند. از همین رو الگوی مالکیت خصوصی در مقایسه با مالکیت تعاونی معدن (شاید به‌دلیل بهره‌وری اندک ساختار تعاونی) به‌لحاظ افزایش فرصت‌های بازار، ایجاد اشتغال و تنوع‌بخشی به اقتصاد روستاها تأثیری مثبت بر پایداری اقتصادی و اثر منفی بر پایداری اجتماعی و زیست‌محیطی روستاها دارد.

پژوهش‌های پیشین نیز نشان داد که به هر میزان که اندازه مالکیت‌های خصوصی معدن، کوچک‌مقیاس و محلی باشد و نه بین‌المللی، تأثیر بیشتری بر فقرزدایی و ایجاد امنیت غذایی خواهند داشت (وگناست و بک، ۲۰۲۰).

نتیجه‌گیری

با توجه به‌ضرورت تنوع‌بخشی به اقتصاد روستایی، بهره‌برداری از معادن یکی از راهکارهای رسیدن به توسعه پایدار روستایی است؛ اما تجربه اسنادی و میدانی حاصل از این پژوهش گویای آن است که معدن‌کاری نتوانسته است سهم به‌سزایی در تأمین هدف یادشده داشته باشد؛ زیرا معدن‌کاری در مناطق روستایی با اصول و معیارهای معدن‌کاری پایدار فاصله زیادی دارد. نشت اقتصادی سرمایه‌گذاری‌های معدن در جامعه محلی بسیار اندک است. فرصت‌های شغلی و درآمدی آن برای روستاییان ناچیز و پیامدهای منفی اجتماعی و زیست‌محیطی آن درخور توجه است. هرچند این اثرات به‌تناسب فاصله، نوع معدن، نوع مالکیت معدن، اشتغال در معدن و غیره با شدت و ضعف متفاوتی بروز می‌کند، اما تأکیدی است بر این مهم که نقش‌آفرینی مثبت معدن‌کاری بر توسعه پایدار روستایی مستلزم تحوّل اساسی در راهبرد سنتی منفعت‌محور به‌سمت معدن‌کاری پایدار است. با توجه به مسائل یادشده لازم است استخدام نیروهای بومی برای کار در معدن در اولویت قرار گیرد، بخشی از سود معادن صرف توسعه روستاهای اطراف شود، آسیب‌های زیست‌محیطی، با مدیریت منابع ازجمله کاهش هدررفت ذخیره معادن با استفاده از فناوری‌های برتر، کاهش مصرف انرژی، بازیافت باطله‌ها و مواد زائد با نصب و راه‌اندازی تأسیسات تصفیه در معادن برطرف و متناسب با استانداردهای جهانی، اصول معدن‌کاری سبز، پایدار و مسئولیت‌پذیر نهادینه شود. این مهم مستلزم تبادل اطلاعات و مشارکت‌دادن روستاییان در اجرای عملیات و جلب اعتماد و رضایت آنان است.

منابع

- ازکیا، مصطفی؛ ایمانی، علی (۱۳۹۰). توسعه پایدار روستایی. *مجله علوم اجتماعی*، جدید (۴۰)، ۷۳-۳۱.
- اژدری‌فرد، فاطمه؛ احمدوند، مصطفی (۱۳۹۰). واکاوی عملکرد شوراهای اسلامی در مسیر توسعه پایدار روستایی. *فصلنامه پژوهش‌های روستایی*، ۲ (۳)، ۷۵-۹۸.
- پاپلی‌یزدی، محمدحسین؛ ابراهیمی، محمدامیر (۱۳۹۲). *نظریه‌های توسعه روستایی*. تهران: سمت.
- جباری، ایرج؛ سلیمانی، محسن (۱۳۹۷). تأثیرات معدن‌کاری بر روند تغییر چشم‌انداز سراب نیلوفر کرمانشاه. *آمایش جغرافیایی فضا*، ۱ (۲۹)، ۴۶-۳۳.
- حاجی‌نژاد، علی؛ مظفری، زهرا (۱۳۹۴). بررسی میزان اثرگذاری فعالیت‌های غیر کشاورزی در توسعه ابعاد اقتصادی و اجتماعی سکونت‌گاه‌های روستایی (مطالعه موردی: معادن فیروزه خراسان رضوی). *مجله پژوهش و برنامه‌ریزی روستایی*، ۵ (۱)، ۱۲۳-۱۳۳.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کردستان (۱۳۹۰). *نتایج تفصیلی سرشماری عمومی نفوس و مسکن شهرستان قروه*.

- چاپ و نشر دفتر آمار و اطلاعات استانداری کردستان.
- سجاسی قیداری، حمدالله؛ صادقلو، طاهره (۱۳۹۳). ارزیابی آثار پروژه‌های مهندسی در پایداری سیستم‌های روستایی (با تأکید بر صنایع معدنی - استخراجی). *همایش علوم جغرافیایی ایران*، (صص. ۲۶-۱۸)، تهران: دانشکده جغرافیا، مؤسسه جغرافیا.
- شمس‌الدینی، علی؛ حسینی، ناصر (۱۳۹۰). نقش تعاونی‌های صنایع کوچک در اشتغال‌زایی و توسعه روستاها. *مجله تعاون*، ۲۲ (۶)، ۱۳۵-۱۵۶.
- صادقلو، طاهره؛ سجاسی قیداری، حمدالله؛ ریاحی، وحید (۱۳۹۵). ارزیابی اثرات زیست‌محیطی صنایع استخراجی - معدنی در پایداری نواحی روستایی. *فصلنامه اقتصاد فضا و توسعه روستایی*، ۵ (۱)، ۱۷۳-۱۹۹.
- علوی‌زاده، امیرمحمد؛ کرمانی، مهدی (۱۳۹۱). بررسی نقش صنایع روستایی در توسعه مناطق روستایی کویری ایران با تأکید بر صنایع معدنی (مطالعه موردی: مجتمع صنعتی و معدنی مس قلعه‌زری). *همایش ملی توسعه روستایی، رشت*: دانشگاه گیلان.
- کتایی، ایوب (۱۳۹۰). *بررسی تأثیر بهره‌برداری از معادن بر توسعه روستاهای شهرستان تکاب*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته توسعه روستایی، دانشگاه زنجان.
- لقایی، حسنعلی؛ امانی، مینا (۱۳۹۲). اصول احیا و باززنده‌سازی معادن و نقش آن در دستیابی به اقتصاد پایدار، *فصلنامه تخصصی شهر و منظر*، ۳ (۲۵)، ۷-۱.
- ملکی، امجد؛ کریمی سلطانی، پیمان؛ محمدی، سارا (۱۳۹۳). بهره‌برداری از معادن شهرستان قروه و اثرات زیست‌محیطی (با تأکید بر منابع آب‌وخاک). *اولین کنفرانس ملی جغرافیا، گردشگری، منابع طبیعی و توسعه پایدار*، (صص. ۱۸-۱)، تهران: قطب علمی برنامه‌ریزی و توسعه پایدار گردشگری دانشگاه تهران.
- یاری، الهام (۱۳۹۴). *ارزیابی تأثیر بهره‌برداری از معادن بر توسعه منطقه پیرامون (شهرستان تکاب)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته برنامه‌ریزی توسعه منطقه‌ای، دانشگاه علامه طباطبائی ارومیه.

References

- Alavizadeh, A. M. & Kermani, M. (2013). Study the Role of Rural Industries in the Development of Desert Rural Areas of Iran with Emphasis on Mining Industry (Case study: Qhalezary's Copper Mineral-Industrial Complex). *Rural Development National Seminar*, Rasht, University of Gilan. (In Persian)
- Anselme Kamga, M., Nzali, S., Olatubara, C. O., Adenikinju, A., Akintunde, E. A., Kemeng, M. P., Nguimatsia, F. W. D., Ndip, E. A. & Fuanya, C. (2018). Sustainable development and environmental challenges in Cameroon's mining sector: A review. *Journal of Mining & Environment*, 9 (2), 1-18. <https://dx.doi.org/10.22044/jme.2017.6141.1429>
- Antwi, E.K., Owusu-Banahene, W., Boakye-Danquah, J. & et al., (2017). Sustainability assessment of mine-affected communities in Ghana: towards ecosystems and livelihood restoration. *Sustainability Science*, 12, 747-767. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0474-9>
- Azhdarifard, F. & Ahmadvand, M. (2012). Analysis of the Performance of Islamic Rural Councils (IRC) towards Sustainable Rural Development. *Journal of Rural Research*, 2 (3), 75-98. (In Persian)
- Azkiya, M. & Imani, A. (2012). Sustainable Rural Development. *Social Sciences Magazine, New Vol* (40), 31-73. (In Persian)
- Cao, Y., Bai, Z., Sun, Q. & Zhou, W. (2017). Rural settlement changes in compound land use areas: Characteristics and reasons of changes in a mixed mining-rural-settlement area in Shanxi Province, China. *Habitat International*, 61, 9-21. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.01.002>.
- Conibear, P. (2015). Responsible Mining Framework. *Lunding Mining Corporation*, retrieved from: <http://www.lundinmining.com/responsible-mining/overview>
- Cutifani, M. (2014). Mining's Role in Society. *Australia Minerals Week Seminar*, (pp. 8-10),

- Canberra; University of Western Australia & University of Queensland.
- Dasgupta, A., Sastry, K. L. N. & dhinwa, P. S. (2012). Impact of mining on rural environment and economy: A case study, kota district, rajasthan. *International journal of remote sensing & geoscience*, 2 (3), 21-26.
- Dubinski, J. (2013). Sustainable development of mining mineral resources. *Journal of Sustainable Mining*, 12 (1), 1-6.
- Hajinejad, A. & Mozaffari, Z. (2016) Investigating the Efficacy of Non-agricultural Activities in Rural Settlements Economic and Social Development (case study: Firouzeh mines in Khorasan Razavi). *Research & Rural Planning*, 5 (1), 123-133. (In Persian)
<https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2014.10.001>
- Jabari, I. & Solimani, M. (2018). The effects of mining on the landscape change Sarabe_Niloofer in Kermanshah, *Geographical planning of space*, 8 (29), 33-46. (In Persian)
- Keskinen, K. (2013). Intelligent and minimum-impact mines. *Finnish-serbian Seminar on Geology, Mineral Resources and Green Mining Technologies*, retrieved from: <http://www.tekes.fi/ohjelmat/Green Mining>
- Ketabi, A. (2012). *The Effect of Mines' Exploitation on Rural Development in Takab Township*. Master Thesis in Rural Development, University of Zanjan. (In Persian)
- Kitula, A. G. N. (2005). The environmental and socio-economic impacts of mining on local livelihoods in Tanzania: A case study of Geita District. *Cleaner Production*, 4 (3-4), 405-414.
- Kurdistan Province Management and Planning Organization. (2012). *The Result of Ghorveh county House and Human General Counting*. Kurdistan Governance Information and Statistics Affaires Publication. (In Persian)
- Kusi-Sarpong, S., Sarkis, J. & Wang, X. (2016). Assessing green supply chain practices in the Ghanaian mining industry: A framework and evaluation. *Production Economics*, 181 (PB), 325-341. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.04.002>
- Leghaee, H.A. & Amani, M. (2014). Principles of mining rehabilitation and its role in achieving a sustainable economy, *City and landscape*, 3 (25), 1-7. (In Persian)
- Maleki, A., Karimi-e- Soltani, P. & Mohammadi, S. (2015). Ghorveh county Mines' Exploitation and it's Environmental Impact (With Emphasis on Water and Soil Sources). *First Geographical, Tourism, Natural Recourse and Sustainable Development National Conference*, (pp. 1-18), Tehran; The scientific hub of tourism planning and sustainable development, University of Tehran. (In Persian)
- Ming-yin, L., Zhen-fang, Z., Xing, M. & Dai, L. (2009). Study on incentive mechanisms of coal green mining. *The 6TH International conference on mining & technology*, Procedia earth and planetary science, 1 (1), 211-218. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2009.09.035>
- Miranda, M., Chambers, D. & Coumans, C. (2005). Framework for Responsible Mining: A Guide to Evolving Standards, retrieved from: <http://hdl.handle.net/20.500.11822/19664>
- Mojarradi, G., Rezaei, R. & Ketabi, A. (2016). Negative impacts of mine exploitations on rural regions of Tekab Township. *Mining & Environment*, 7 (1), 57-66.
- Muntingh, J. A. (2011). *Community perceptions of mining: The rural South African experience*. Master Thesis in Business Management, Potchefstroom, Potchefstroom campus of North-West University.
- Narula, S. A. & Magray, M. A., Desore, A. (2017). A sustainable livelihood framework to implement CSR project in coal mining sector, *Sustainable Mining*, 16 (3), 83-93. <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2017.10.001>
- Ofosu, G., Dittmann, A., Sarpong, D. & Botchie, D. (2020). Socio-economic and environmental implications of Artisanal and Small-scale Mining (ASM) on agriculture and livelihoods. *Environmental Science & Policy*, 106, 210-220. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.02.005>
- Ontoyin, J. & Agyemang, I. (2014). Environmental and rural livelihoods implications of small-scale gold mining in Talensi-nabdam Districts in Northern Ghana. *Geography and Regional Planning*, 7 (8), 150-159.
- Papoliyazdi, M. H. & Ebrahimi, M. A. (2014). *Rural Development Theories*. Tehran: SAMT. (In Persian)

- Pavan Kumar, N. (2014). Review on Sustainable Mining Practices. *International Research Journal of Earth Sciences*, 2 (10), 26-29.
- Prasad Sati, V. (2014). Socio-economic and Environmental Impacts of Stone Mining in Shivpuri District, Madhya Pradesh, India, *Scientific Research & Reports*, 4 (1), 47-54.
- Sadeghlou, T., Sojasi Ghidari, H., Riahi, V. (2016). Assessing eco environmental effects of mining extractive industries on the sustainability of rural areas Case: villages surrounding Zanjan cement factory. *Space Economy & Rural Development*, 5 (1), 173-199. (In Persian)
- Schoenberger, E. (2016). Environmentally sustainable mining: The case of tailings storage facilities. *Resources Policy*, 49, 119-128. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2016.04.009>
- Shackleton, R. T. (2020). Loss of land and livelihoods from mining operations: A case in the Limpopo Province, South Africa. *Land Use Policy*, 99, 104825. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104825>
- Shamsoddini, A. & Hosseini, N. (2012). The Role of Small Industries Cooperatives in Entrepreneurship and Rural Development. *Taavon*, 22 (6), 135-156. (In Persian)
- Sinan Erzurumlu, S., Erzurumlu, Y.O. (2015). Sustainable mining development with community using design thinking and multi-criteria decision analysis. *Resources Policy*, 46 (Part 1), 6-14.
- Sojasi Ghidari, H., Sadeghlou, T. (2014). Evaluation of the effects of engineering projects on the sustainability of rural systems (with emphasis on mineral-mining industries). *Iranian Conference on Geographical Sciences*, (pp. 26-28), Tehran: Faculty of Geography, Institute of Geography. (In Persian)
- Wegenast, T. & Beck, J. (2020). Mining, rural livelihoods and food security: A disaggregated analysis of sub-Saharan Africa. *World Development*, 130, 104921, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.104921>
- Yari, E. (2016) *Assessment the Impacts of Mining on the Development of the Surrounding Area (City Takab)*. Master Thesis in Regional Development Planning, Allameh Tabatabaei University of Urmieh. (In Persian)



Evaluation and Comparison of Resource Sustainability of Two Forest Reserves in Hamadan Province

Mohsen Akbari¹, Alireza Ildoromi^{1*}, Farhad Ghasemi Aghbash¹, Iman Pajohan¹

¹ Department of Nature Engineering, College of Natural Resources and Environment, Malayer University, Malayer, Iran

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 14 March 2020

Accepted 25 November 2020

Available online 30 November 2020

Keywords:

Biodiversity, Sustainable Forest Development, Somaqh Valley, Baneh Aznavaleh.

Citation: Akbari, M., Ildoromi, A., Ghasemi Aghbash, F., Pajohan, I. (2020). Evaluation and Comparison of Resource Sustainability of Two Forest Reserves in Hamadan Province. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (3), 17-33.

doi: [10.22126/GES.2020.5109.2212](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5109.2212)

ABSTRACT

In recent years, forest control and management in accordance with biodiversity and economic and social issues and its relationship with sustainable development has received a lot of attention. The present study aims to evaluate and compare the resource stability of two forest reserves in the valley of Somaqh and Baneh Aznavaleh Malayer in Hamadan province. In this study, a combined method, including multi-criteria AHP evaluation method and sustainability indicators the guidelines of the 505th issue of the Forests and Rangelands Organization have been used to determine and prioritize indicators of sustainable forest management at the local level. Biodiversity, with the lowest score in both reserves including legal measures and organizational structure, economic and social functions, forest production functions, forest resources, conservation functions with the lowest score have the greatest impact on the instability of two forest reserves respectively. Somaqh Valley forest reserve with a final weight of 0.571 compared to Baneh Aznavaleh forest reserve with a final weight of 0.428 has more relative stability which is due to better biodiversity and species richness. So that the Somaqh Valley Reserve with a score of 51 has moderate stability and Aznavaleh, 31 points, is in a state of instability. Biodiversity, health and well-being, conservation functions, economic and social functions of Somaqh forest reserve has better sustainability which is due to the greater differences and advantages of indicators of forest resources. Indicators show the importance of local participation in the sustainable management of both reserves. So that the lack of social acceptance is one of the most important reasons for the failure of forest rehabilitation plans and programs. The combination of AHP model technique and forest sustainability assessment indicators can be an appropriate tool for sustainable forest management.

*. Corresponding author E-mail address:

a.ildoromi@malayeru.ac.ir



ارزیابی و مقایسه پایداری منابع دو ذخیره گاه جنگلی در استان همدان

محسن اکبری^۱، علیرضا ایلدرمی^{۱*}، فرهاد قاسمی آقباش^۱، ایمان پژوهان^۱

^۱ گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران

چکیده

در سال های اخیر، کنترل و مدیریت جنگل براساس تنوع زیستی و موضوعات اقتصادی و اجتماعی و رابطه آن با توسعه پایدار بسیار مورد توجه قرار گرفته است. هدف از نوشتار پیش رو ارزیابی و مقایسه پایداری منابع دو ذخیره گاه جنگلی دره سماق و بنه ازناوله ملایر در استان همدان است. در این بررسی برای تعیین و اولویت بندی شاخص های مدیریت پایدار جنگل در سطح محلی از روش ترکیبی، شامل روش ارزیابی سلسله مراتبی و شاخص های پایداری دستورالعمل نشریه ۵۰۵ سازمان جنگل ها و مراتع کشور استفاده شده است که تنوع زیستی به دلیل امتیاز کم در هردو ذخیره گاه و به ترتیب تدابیر حقوقی و ساختار تشکیلات، کارکردهای اقتصادی و اجتماعی، کارکردهای تولید جنگل، گستره منابع جنگلی، کارکردهای حفاظتی با کمترین امتیاز بیشترین تأثیر را در ناپایداری دو ذخیره گاه جنگلی دارند. ذخیره گاه دره سماق با وزن نهایی ۰/۵۷۱ نسبت به ذخیره گاه بنه ازناوله با وزن نهایی ۰/۴۲۸ به دلیل تنوع زیستی و غنای گونه بهتر، پایداری نسبی بیشتری دارد؛ به طوری که ذخیره گاه دره سماق با امتیاز ۵۱ دارای پایداری متوسط است و ازناوله با ۳۱ امتیاز در وضعیت ناپایداری قرار دارد. با توجه به تفاوت و امتیاز بیشتر شاخص های گستره منابع جنگلی، تنوع زیستی، سلامتی و شادابی، کارکردهای حفاظتی، کارکردهای اقتصادی و اجتماعی، ذخیره گاه جنگلی دره سماق نسبت به ذخیره گاه بنه ازناوله، از پایداری بهتری برخوردار است. شاخص ها نشان دهنده اهمیت مشارکت مردم محلی در مدیریت پایدار هردو ذخیره گاه است. به طوری که عدم پذیرش اجتماعی، از مهم ترین دلایل ناموفق بودن طرح ها و برنامه های احیای جنگل است. تلفیق تکنیک مدل سلسله مراتبی و شاخص های ارزیابی پایداری جنگل می تواند ابزار مناسبی به منظور مدیریت پایدار جنگل باشد.

مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۲۴ اسفند ۱۳۹۸

پذیرش ۵ آذر ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۱۰ آذر ۱۳۹۹

کلیدواژه ها:

تنوع زیستی، توسعه پایدار جنگل، دره سماق، بنه ازناوله

/استناد: اکبری، محسن؛ ایلدرمی، علیرضا؛ قاسمی آقباش، فرهاد؛ پژوهان، ایمان (۱۳۹۹). ارزیابی و مقایسه پایداری منابع دو ذخیره گاه جنگلی در استان همدان. *جغرافیا و پایداری محیط*. ۱۰ (۳)، ۱۷-۳۳.

doi: [10.22126/GES.2020.5109.2212](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5109.2212)

مقدمه

پایداری هدفی ملی و بین‌المللی در سیاست‌ها و برنامه‌ریزی عرصه‌های منابع طبیعی کشورهای جهان است و مفهوم فراگیر و پیچیده‌ای دارد که ابزارها و روش‌های خاصی برای تحقق آن لازم است (کازانا^۱ و همکاران، ۲۰۱۵). مدیریت پایدار جنگل دارای سه رکن اساسی پایداری اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی است. در سال‌های اخیر تنوع زیستی و مسائل اقتصادی و اجتماعی به‌طور ویژه‌ای مبنای مدیریت جنگل قرار گرفته‌اند تا بتوانند ارتباط بهتری بین مدیریت جنگل و توسعه پایدار برقرار کنند (ویریکو^۲ و همکاران، ۲۰۰۸؛ راجیو^۳، ۲۰۱۱). انسان در مناطق حفاظت‌شده جنگلی با بهره‌برداری از چوب جنگل موجب کاهش تنوع زیستی (کریستنسن و هیلمن^۴، ۲۰۰۹) و با قطع بی‌رویه درختان، چرای دام و تغییر کاربری باعث تخریب و ناپایداری جنگل شده است (میرک‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰)؛ بنابراین مدیریت و بهره‌گیری از اراضی جنگلی باید به‌گونه‌ای باشد که تنوع زیستی، تولید و قابلیت تجدید زیستی و شادابی در حال و آینده حفظ شود (نوری و همکاران، ۱۳۸۹).

دسترسی جوامع محلی و جنگل‌نشینان به منابع و منافع جنگل و عدم مشارکت مناسب آن‌ها در مدیریت آن، از عوامل مؤثر در تخریب و کاهش پایداری عرصه‌های جنگلی هستند (لیو^۵ و همکاران، ۲۰۱۲). مشارکت مردم محلی در برنامه مدیریت جنگل با سه مؤلفه مشارکت در تصمیم‌گیری‌ها، حفاظت و بهره‌برداری از جنگل، مهم‌ترین عامل در پایداری جنگل‌ها است که در این میان، برداشت بیش از حد منابع جنگلی به‌شکل سنتی، مهم‌ترین تهدید و عامل کاهش پایداری جنگل‌ها هستند (لینگانی^۶ و همکاران، ۲۰۱۱؛ آدنان و هولسچر^۷، ۲۰۱۱؛ ریچارد^۸ و همکاران، ۲۰۱۱).

کاربرد و موفقیت برنامه‌ریزی هدف در مدیریت پایدار جنگل و امکان استفاده از برنامه‌ریزی آرمانی آموزشی برای مشارکت مردمی به حداقل تعداد کارکنان و ارزش خالص فعلی گونه جنگلی بستگی دارد (صدیق‌کوهی، ۱۳۹۱: ۹۱؛ ملک‌نیا و همکاران، ۱۳۹۳). معیارهایی همچون حمایت و حفاظت از جنگل، کارکرد اقتصادی و اجتماعی، استقرار شرایط قانونی و سازمانی مناسب، بیشترین نقش را در مشارکت مردمی برای مدیریت پایدار جنگل‌ها دارند (لقمان‌پور و همکاران، ۱۳۹۲؛ زند بصیری و پروین، ۱۳۹۱؛ صادقی کاجی و همکاران، ۱۳۹۴)؛ بنابراین در شرایط کنونی به‌منظور مدیریت و توسعه پایدار جنگل، بهبود معیشت و شرایط اقتصادی - اجتماعی، مهم‌ترین ابزار برای جلب مشارکت جوامع محلی در مدیریت پایدار جنگل‌ها است (ایمانی رستابی و همکاران، ۱۳۹۴).

در حال حاضر شناخت معیارها و شاخص‌های پایداری جنگل به‌وسیله برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران برای تعریف، پایش و ارزیابی جنگل‌داری پایدار در سطح ملی و بین‌المللی و حتی در سطح محلی و به‌شکل تعدیل‌شده باید مورد توجه قرار گیرد (جالیلوا^۹ و همکاران، ۲۰۱۲؛ گراینگر^{۱۰}، ۲۰۱۲)؛ زیرا برای تعیین معیارها و شاخص‌های محلی باید فاصله‌ها و عدم قطعیت‌ها را ارزیابی کرد تا بتوان ضمن به‌کارگیری آن‌ها برای ارزیابی پایداری جنگل در مقیاس

1- Kazana

2- Vierikko

3- Rajeev

4- Christensen & Heilmann

5- Liu

6- Lingani

7- Adnan & Holscher

8- Richard

9- Jalilova

10- Grainger

محلی، گروه‌های ذی‌نفع با تقاضاهای اقتصادی و اجتماعی متفاوت را در مدیریت پایدار جنگل به‌طور مؤثر و کارآمد مشارکت داد (بای‌چوا مرگر و ولفسلنر^۱، ۲۰۱۶؛ اسلام^۲ و همکاران، ۲۰۱۰؛ گلیچ و همکاران، ۱۳۹۵). در سال‌های اخیر استفاده از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی برای ارزیابی و تشخیص معیارهای مؤثر در پایداری جنگل بیشتر از سایر تکنیک‌ها مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (خادکا و وسیک^۳، ۲۰۱۲؛ بوسلا^۴ و همکاران، ۲۰۱۵؛ بای‌چوا مرگر و ولفسلنر، ۲۰۱۶؛ جلیوند و همکاران، ۱۳۹۱)؛ زیرا می‌توان یک ذخیره‌گاه جنگلی را از لحاظ معیارهای پایداری منابع، نسبت به دیگر ذخیره‌گاه‌های جنگلی، ارزیابی و مقایسه کرد (الهی و اکبری‌نیا، ۱۳۹۳)؛ همچنین می‌توان اولویت‌بندی‌ها را تعیین و نقش تنوع زیستی و عوامل اقتصادی - اجتماعی را در تخریب منابع طبیعی و پایداری جنگل به‌خوبی مشخص کرد (ژانگ^۵، ۲۰۱۶). حتی می‌توان محدودیت‌ها و ضرایب روابط مربوط به مدل برنامه‌ریزی هدف را به‌سادگی تعیین و از پرسش‌نامه به‌شکل بسیار مفیدی استفاده کرد (بیلباو ترول^۶ و همکاران، ۲۰۱۶).

بررسی و مرور منابع نشان می‌دهد که در بیشتر ارزیابی‌ها، شاخص‌های مؤثر در ارزیابی پایداری جنگل فقط در سطح ملی و به‌شکل کلی مورد توجه قرار گرفته و رویکرد اکثر این بررسی‌ها در یک محدوده و بدون مقایسه و با استفاده از یک روش بوده است؛ بنابراین ایده مورد نظر در پژوهش حاضر، استفاده از روش ترکیبی شامل روش تحلیل سلسله‌مراتبی و دستورالعمل نشریه ۵۰۵ سازمان جنگل‌ها و مراتع برای تعیین، اولویت‌بندی و مقایسه معیارها و شاخص‌های مؤثر در مدیریت پایدار دو ذخیره‌گاه جنگلی دره سماق و بنه از ناوله استان همدان در سطح محلی است. تا ضمن شناخت بهتر این دو ذخیره‌گاه محدود و بارزش در سطح شهرستان ملایر و حتی استان همدان، بتوان تصمیم‌گیری صحیح مدیریت توسعه پایدار را اعمال و نتایج آن را به ذخیره‌گاه‌های دیگر کشور تعمیم داد.

معرفی منطقه مورد بررسی

ذخیره‌گاه دره سماق به مساحت ۳۶ هکتار بین عرض ۳۴° ۱۸' ۴۳" تا ۳۴° ۱۹' ۰۷" و طول ۴۸° ۹۸' ۵۶" تا ۴۸° ۹۹' ۴۸" و ذخیره‌گاه بنه به مساحت ۹۲ هکتار در بین عرض ۳۴° ۲۴' ۵۷" تا ۳۴° ۲۵' ۲۰" و طول ۴۸° ۸۹' ۴۰" تا ۴۸° ۹۰' ۵۱" در شهرستان ملایر استان همدان قرار گرفته است. میزان بارندگی متوسط سالانه ۳۰۴/۵ میلی‌متر و نوع اقلیم هردو ذخیره‌گاه، براساس طبقه‌بندی دوماترن نیمه‌خشک است (طرح مطالعات پوشش گیاهی منابع طبیعی و آبخیزداری استان) که باعث شده استان همدان و شهرستان ملایر جنگل‌های بسیار اندک و تنگی داشته باشند (شکل ۱). تشکیلات زمین‌شناسی ذخیره‌گاه‌ها شامل آهک‌های ضخیم لایه تا توده‌ای متعلق به کرتاسه زیرین است و بیشترین حجم نهشته‌ها متعلق به سنگ‌آهک نسبتاً یکنواخت ضخیم لایه تا توده‌ای با میان‌لایه‌های نازک اسلیت آهکی است. از لحاظ قابلیت اراضی عرصه ذخیره‌گاه‌ها، جزء اراضی کوهستانی به‌شمار می‌روند و خاک عرصه از مواد مادری آهکی و شیستی تشکیل شده است.

رویشگاه دره سماق و گونه‌های همراه آن شامل انجیر، ارژن، تنگرس، آلبالو وحشی (راناس)، هفت‌برگ، نسترن وحشی و بوته‌هایی همچون علف گوسفندی، آویشن، شکر تیغال، گل گندم، کنگر وحشی، فرفیون، گون مناطق

1- Baycheva Merger & Wolfslehner

2- Islam

3- Khadka & Vacik

4- Bosela

5- Zhang

6- Bilbao Terol

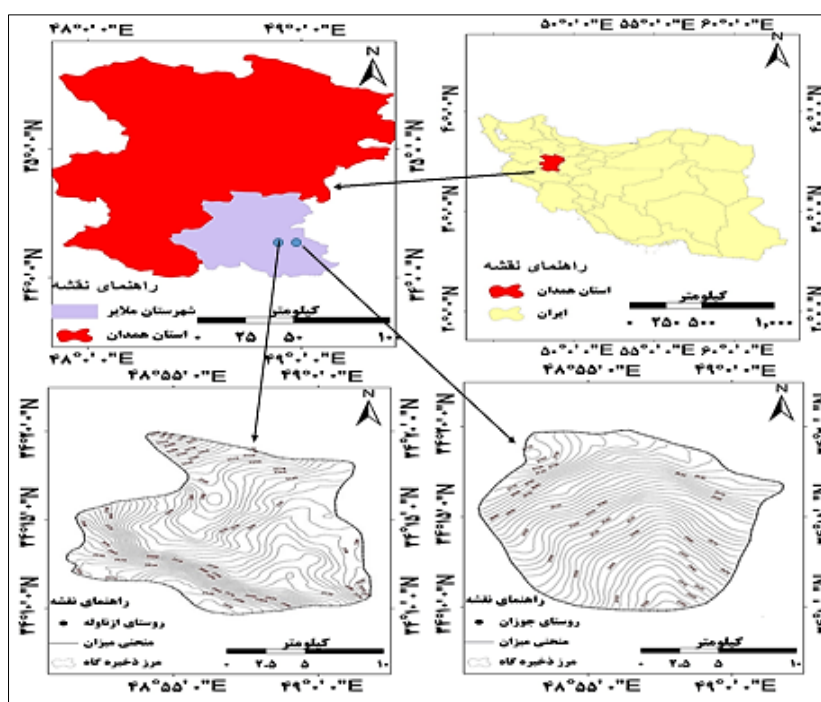
خشک و گراس‌های یک‌ساله مانند جو وحشی و شال‌دم است. پوشش گیاهی مربوط به ذخیره‌گاه بنه ازناوله بیشتر شامل گونه‌های همراه مثل انجیرگونه ارژن، تنگرس، آلبالو وحشی (راناس)، داغداغان (تاک) است و بوته‌های آن بسیار شبیه ذخیره‌گاه سماق است.

مواد و روش‌ها

در نوشتار پیش رو از رویکردی ترکیبی شامل روش فرایند تجزیه و تحلیل سلسله‌مراتبی و دستورالعمل نشریه ۵۰۵ سازمان جنگل‌ها و مراتع، به‌منظور تعیین و اولویت‌بندی معیارها و شاخص‌های پایداری در سطح محلی دو ذخیره‌گاه جنگلی ملایر- همدان استفاده شده است. برای تعیین معیارها و شاخص‌های محلی، ابتدا از نظرات و قضاوت‌های دو گروه اصلی، شامل متصدیان محلی و گروه دوم، متخصصان دانشگاهی و مراکز پژوهشی استفاده شد و از آنجاکه دیدگاه متصدیان محلی بیان‌کننده تمام چالش‌های مدیریت پایدار دو ذخیره‌گاه جنگلی نیست، از گروه دوم برای تکمیل فرایند تعیین و اولویت‌بندی معیارها و شاخص‌ها استفاده شده است؛ سپس براساس روش سلسله‌مراتبی، وزن معیارها و وزن مطلق محاسبه و در مرحله بعد، براساس دستورالعمل نشریه ۵۰۵ سازمان جنگل‌ها و مراتع، امتیاز پایداری جنگل نیز محاسبه و با وزن مطلق مقایسه و درنهایت براساس بازدهی‌های میدانی و نظر کارشناسان منابع طبیعی استان، منابع پایداری دو ذخیره‌گاه ارزیابی شده است. به‌طور کلی مراحل پژوهش به‌شرح زیر است:

معیارها و شاخص‌های مدیریت پایدار جنگل

در پژوهش حاضر ابتدا برای انتخاب معیارها و شاخص‌های اولیه مدیریت پایدار دو ذخیره‌گاه جنگلی دره سماق و ازناوله از طرح توسعه (فائو^۱، ۱۹۹۸: ۱۱) و برای ارزیابی و پایش پایداری از معیارها و شاخص‌های سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری کشور طبق نشریه شماره ۵۰۵ و مدل سلسله‌مراتبی استفاده شده است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

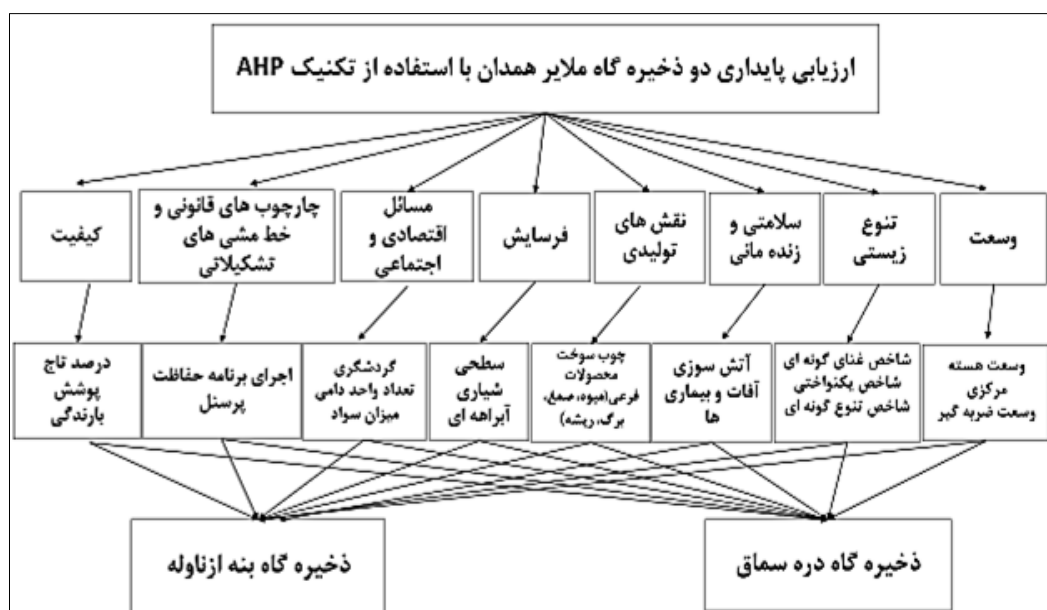
معیارهای ارزیابی در این بررسی شامل وسعت هسته مرکزی و ضربه گیر؛ تنوع زیستی با شاخص های غنای گونه و یکنواختی و تنوع؛ سلامتی و زندهمانی با شاخص های آتش سوزی و آفات و بیماری ها؛ نقش تولیدی با زیرمعیارهای سوخت و محصولات فرعی؛ فرسایش، شامل سطحی، شیاری و آبراهه ای؛ اقتصادی و اجتماعی با زیرمعیارهای گردشگری، تعداد دام و میزان سواد؛ چارچوب های قانونی و خط مشی تشکیلاتی با زیرمعیارهای اجرای برنامه های حفاظتی و پرسنل و کیفیت با دو زیرمعیار درصد تاج پوشش و بارندگی در مجموع به تعداد هشت معیار با نوزده زیرمعیار هستند. در نوشتار پیش رو از معیارهای اولیه، برای تعیین معیارها و شاخص های پایداری استفاده شده است. به طوری که در سطح اول ارزیابی پایداری، در سطح دوم اولویت بندی معیارها و در سطح سوم ارزیابی تأثیر زیرمعیارها در پایداری دو ذخیره گاه جنگلی دره سماق و بانه ازناوله هستند تا نقش هر یک از آنها در پایداری جنگل به خوبی مشخص شود (شکل ۲).

تعیین جامعه متصدیان

جامعه متصدیان در منطقه مورد مطالعه به مردم محلی (دامداران و عشایر، کشاورزان و ساکنین محلی)، کارشناسان اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری، اداره کل محیط زیست و اداره کل امور عشایر استان و مدیریت جهاد کشاورزی استان همدان تقسیم شده اند.

بررسی معیارها و شاخص ها

در پژوهش حاضر تعدیل و اولویت بندی معیارها و شاخص های محلی در چهار مرحله کلی شامل: الف: جمع آوری اطلاعات؛ ب: ارائه نظرات و پیشنهادها درمورد معیارها و شاخص های اولیه؛ ج: تصحیح و اصلاح معیارها و شاخص های اولیه؛ د: اولویت بندی و وزن دهی آنها انجام و به شرح زیر بررسی شده است: معیار مساحت شامل وسعت هسته مرکزی ذخیره گاه و وسعت محدوده ضربه گیر است که مقدار آن به طور مستقیم وارد مدل سلسله مراتبی شده است. برای معیار تنوع زیستی، شاخص های غنای گونه ای، یکنواختی و تنوع گونه ای به عنوان زیرمعیارها انتخاب و در نوشتار پیش رو شاخص غنای گونه ای از رابطه ۱ محاسبه شده است (مصدقی، ۱۳۸۰: ۲۶۶).



شکل ۲. درخت سلسله مراتب

$$R = S$$

رابطه ۱

R: شاخص غنای گونه‌ای؛ S: تعداد کل گونه‌ها

شاخص یکنواختی، نحوه پراکنش جمعیت افراد گونه‌ها را نشان می‌دهد و مقدار بیشتر آن بیانگر ثبات و پایداری بیشتر و در نتیجه موجب افزایش تنوع زیستی می‌شود. به منظور بررسی این شاخص، از رابطه ۲ و برای محاسبه شاخص تنوع گونه‌ای که ترکیبی از غنای گونه‌ای و یکنواختی است، از رابطه ۳ و ۴ و توابع سیمپسون استفاده شده است (بارنس^۱ و همکاران، ۱۹۸۲).

$$S=1-\sum_{i=1}^s \left[\frac{ni(ni-1)}{N(N-1)} \right]$$

رابطه ۲

که در آن S: شاخص تنوع سیمپسون است؛ s: تعداد گونه؛ ni: تعداد افراد مربوط به گونه i ام و N: تعداد کل افراد جامعه است.

$$ED = \frac{1}{\sum_{i=1}^s (p_i)^2 \times s}$$

رابطه ۳

$$1-D = 1 - \sum_{i=1}^s (p_i)^2$$

رابطه ۴

pi: نسبت تعداد افراد به تعداد کل افراد و ED: شاخص یکنواختی در تابع سیمپسون.

برای معیار سلامتی و زنده‌مانی، زیرمعیارهای آتش‌سوزی، آفات و بیماری‌ها لحاظ و چون در این مورد آمار و اطلاعات دقیق در دوره زمانی مشخصی وجود نداشت، در قالب پرسش‌نامه از نظرات کارشناسان اداره منابع طبیعی و آبخیزداری همدان استفاده و نظراتشان در قالب ماتریس وزن‌دهی برپایه مقایسه‌های زوجی جمع‌آوری و سپس وارد مدل سلسله‌مراتبی شد (آیالو^۲ و همکاران، ۲۰۰۵). معیار نقش تولیدی شامل دو زیرمعیار چوب سوخت و محصولات فرعی (میوه، صمغ، برگ و ریشه) است که به منظور مقایسه دو ذخیره‌گاه نسبت به این زیرمعیارها نیز از نظرات کارشناسان اداره منابع طبیعی در بخش اجرا استفاده شده است. معیار فرسایش شامل سه زیرمعیار فرسایش سطحی، شیار و آبراه‌های (خندقی) است که میزان و نوع فرسایش برای هر ذخیره‌گاه جنگلی از روی نقشه فرسایش و اطلاعات موجود در منابع طبیعی و بازدیدهای میدانی مشخص شد.

معیار مسائل اقتصادی - اجتماعی، شامل سه زیرمعیار میزان سواد، تعداد واحد دامی و گردشگری است که درصد افراد باسواد در روستاهای اطراف هر ذخیره‌گاه و نیز تعداد دام موجود در محدوده‌های سامانه‌های عرفی هر ذخیره‌گاه وارد مدل سلسله‌مراتبی شد. با توجه به وسعت کم عرصه و همچنین تعداد واحد دامی کم در منطقه در زیرمعیارهای بخش اقتصادی و اجتماعی، افزون به تعداد واحد دامی، میزان درآمد و اعتماد به مسئولین و میزان مشارکت براساس تأکید و پیشنهاد کارشناسان منابع طبیعی نیز در نظر گرفته شد. به منظور بررسی توان گردشگری هر ذخیره‌گاه (محدوده ضربه‌گیر ذخیره‌گاه) از نظرات کارشناسان منابع طبیعی و سازمان میراث فرهنگی و صنایع دستی در قالب پرسش‌نامه نیز استفاده شد. پس از بررسی مقادیر شاخص‌ها در نهایت مقدار هر شاخص برای هر ذخیره‌گاه وارد مدل سلسله‌مراتبی شد.

معیار چارچوب‌های قانونی و خط‌مشی‌های تشکیلاتی دارای دو زیرمعیار پرسنل و اجرای حفاظت است که

1- Barnes

2- Ayalew

براساس تعداد پرسنل مورد نیاز برای هر ذخیره‌گاه و درصد اجرای برنامه‌های حفاظتی، به‌طور مستقیم وارد مدل شدند. معیار کیفیت نیز شامل دو زیرمعیار درصد تاج‌پوشش و بارندگی است که درصد تاج‌پوشش براساس اطلاعات موجود در منابع طبیعی و با بررسی میدانی ارزیابی شد و برای بررسی بارندگی، آمار دو ایستگاه سینوپتیک ملایر و مرکز تحقیقات کشاورزی مرویل و ملایر جمع‌آوری و براساس بررسی گرادیان‌های ارتفاعی و جهت جغرافیایی ارزیابی و مقادیر به‌طور مستقیم وارد مدل شدند.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای ارزیابی روایی پرسش‌نامه مقایسه زوجی، از نرخ ناسازگاری^۱ که سطح قابل قبول آن کوچک‌تر از ۰/۱۰ است، استفاده شده که ناسازگاری مقایسه‌ها را مشخص می‌کند. این سازوکار نشان می‌دهد که تا چه اندازه می‌توان به اولویت‌های حاصل از اعضای گروه یا اولویت‌های جدول‌های ترکیبی اعتماد کرد. محاسبه شاخص ناسازگاری به‌صورت رابطه ۵ تعریف می‌شود:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad \text{رابطه ۵}$$

n عبارت است از تعداد گزینه‌های موجود.

نسبت سازگاری از تقسیم شاخص سازگاری بر شاخص تصادفی^۲ به‌دست می‌آید. نسبت سازگاری ۰/۱ یا کمتر سازگاری در مقایسه‌ها به‌صورت رابطه ۶ بیان می‌شود:

$$CR = \frac{CI}{CR} \quad \text{رابطه ۶}$$

کارشناسان نوشتار پیش رو، پانزده نفر از اداره کل منابع طبیعی و گردشگری استان همدان و شهرستان ملایر با مدرک کارشناسی و کارشناسی‌ارشد با سابقه پنج تا هفده سال هستند. شایان ذکر است که برای کسب اطمینان از اعتبار قضاوت متخصصین و کارشناسان، ابتدا نرخ ناسازگاری برای هریک از قضاوت‌ها محاسبه و در صورتی که نرخ ناسازگاری بیش از ۰/۱ شد، متخصصین و کارشناسان در قضاوت خود تجدید نظر کردند و اگر این نرخ کمتر یا مساوی ۰/۱ بود، میانگین هندسی برای هر معیار با استفاده از رابطه ۷ محاسبه و وارد نرم‌افزار اکسپرت چویس (ورژن ۱۱)^۳ شد (لینچ و راسیدی^۴، ۱۹۹۹).

$$a_{12} = (a_{121} \times a_{122} \times \dots \times a_{12N})^{\frac{1}{N}} \quad \text{رابطه ۷}$$

که در آن a : سلول‌های ماتریس مقایسات زوجی؛ N : تعداد سلول‌ها در مقایسه‌های زوجی. سپس در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به‌صورت زوجی با اعمال مقیاس ارجحیت ۱ تا ۹ مقایسه و وزن نسبی آن‌ها محاسبه شد. در ادامه با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص و وزن مطلق هر ذخیره‌گاه محاسبه شد. برای محاسبه وزن مطلق ذخیره‌گاه‌های جنگلی، وزن نسبی هر کدام از زیرمعیارهای سطح دوم مربوط به زیرمعیارهای سطح اول، براساس میزان مشارکت مردم در فعالیت‌های جنگل و کیفیت تنه درختان و تاج درختان، ارزیابی و سپس میزان پایداری با مقایسه وزن مطلق دو ذخیره‌گاه‌ها جنگلی براساس اهمیت تأثیر معیارها بررسی شد (جدول ۱). لازم به ذکر است که همه

1- Consistency Rate (CR)

2- Random Index (RI)

3- Expert choice Ver.11

4- Lynch & Rusydi

مقایسه‌ها در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی به صورت زوجی صورت گرفته، به طوری که پس از طرح سلسله‌مراتب برای معیارها و گزینه‌های مورد نظر، ارزیابی عناصر با ماتریس زوجی انجام و سپس برای محاسبه درجه اهمیت هریک از شاخص‌ها و گزینه‌ها، ابتدا میانگین هندسی برای هریک از سلول‌های ماتریس زوجی محاسبه شده و پس از نرمال کردن نتایج، با تلفیق وزن عناصر سطوح پایین با عناصر سطوح بالایی مربوط در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، وزن معیارها و گزینه محاسبه و میزان ناسازگاری ماتریس‌های مقایسه زوجی براساس نظر ساعتی برای قضاوت‌های باثبات، انجام شده است.

محاسبه امتیاز پایداری جنگل

به منظور بررسی میزان پایداری دو ذخیره‌گاه جنگلی از هفت معیار مطابق با دستورالعمل نشریه ۵۰۵ سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور و داده‌های آماری و اطلاعات موجود در طرح‌های مدیریت منابع طبیعی استان همدان استفاده و پس از امتیازدهی به شاخص‌ها، براساس مشاهدات میدانی و نظر کارشناسان منابع طبیعی استان، با توجه به مجموع امتیازهای شاخص‌ها و طبق جدول ۲، میزان پایداری دو ذخیره‌گاه جنگلی سماق و ازناوله تعیین شده است.

معیارهای وضعیت پایداری

معیارهای ارزیابی در این بررسی براساس دستورالعمل نشریه ۵۰۵ سازمان جنگل‌ها و مراتع کشور شامل: گستره منابع جنگلی: این معیار با هدف حفظ و احیای منابع جنگلی سطح، حجم، وزن و انبوهی پوشش تاجی را ارزیابی می‌کند که در پژوهش حاضر به منظور ارزیابی تغییر مساحت، پوشش گیاهی و کاربری دو ذخیره‌گاه جنگلی از آمار و اطلاعات منابع طبیعی و آبخیزداری استان استفاده شده است.

جدول ۱. مقایسه زوجی معیارهای مؤثر بر پایداری جنگل

کیفیت	چارچوب‌های قانونی و خط‌مشی‌های تشکیلاتی	مسائل اقتصادی - اجتماعی	نقش‌های تولیدی	سلامتی و زنده‌مانی	فرسایش خاک	تنوع زیستی	وسعت
۰/۸۳	۰/۴۸۵	۰/۱۹۶	۰/۳۰۲	۰/۴۶۷	۰/۸۶	۰/۱۷۹	۱
۳/۸۳	۲/۵۴	۱/۹۱	۲/۸۹	۲/۴۴	۳/۹۱	۱	تنوع زیستی
۱/۰۵	۲/۵	۳/۷۷	۲/۷۶	۰/۹	۱	فرسایش خاک	فرسایش خاک
۰/۹	۱/۳۱	۰/۷	۱/۰۳	۱	سلامتی و زنده‌مانی	سلامتی و زنده‌مانی	سلامتی و زنده‌مانی
۲/۷۱	۰/۹۳	۰/۵۱	۱	نقش‌های تولیدی	نقش‌های تولیدی	نقش‌های تولیدی	نقش‌های تولیدی
۳/۷۴	۳/۰۲	۱	مسائل اقتصادی - اجتماعی	مسائل اقتصادی - اجتماعی	مسائل اقتصادی - اجتماعی	مسائل اقتصادی - اجتماعی	مسائل اقتصادی - اجتماعی
۲/۳	۱	چارچوب‌های قانونی و خط‌مشی‌های تشکیلاتی	چارچوب‌های قانونی و خط‌مشی‌های تشکیلاتی	چارچوب‌های قانونی و خط‌مشی‌های تشکیلاتی	چارچوب‌های قانونی و خط‌مشی‌های تشکیلاتی	چارچوب‌های قانونی و خط‌مشی‌های تشکیلاتی	چارچوب‌های قانونی و خط‌مشی‌های تشکیلاتی
۱	کیفیت	کیفیت	کیفیت	کیفیت	کیفیت	کیفیت	کیفیت

جدول ۲. درجه‌بندی تعیین کیفی پایداری جنگل

ردیف	امتیاز	وضعیت پایداری
۱	<۵۰	ناپایدار
۲	۵۰-۷۵	پایداری متوسط
۳	۷۵-۱۰۰	پایداری خوب
۴	>۱۰۰	پایداری بسیارخوب

تنوع زیستی: این معیار، تنوع جنگل و در سطوح مختلف همچون گونه و ژن را بررسی می‌کند. دوره بررسی تخریب زیست‌بوم‌های نادر پنج‌ساله و شاخص تعداد گونه‌های درختی ده‌ساله در نظر گرفته شد. برای ارزیابی تخریب زیست‌بوم‌های نادر از نظر کارشناسان جنگل اداره کل منابع طبیعی استان و برای تعداد گونه‌های درختی از طرح مطالعات پوشش گیاهی منابع طبیعی و آبخیزداری استان استفاده شد.

سلامتی، شادابی و جمعیت: این معیار ناظر به خطر عوامل تخریب جنگل‌هاست و از این نظر پایداری آن را بررسی می‌کند. در پژوهش حاضر امتیاز شاخص رقابت گونه‌های غیر بومی در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۴، امتیاز شاخص زادآوری طبیعی و سالم از طرح جنگل‌داری منطقه به دست آمده است. امتیاز شاخص تعداد دام در جنگل با توجه به نظر کارشناس و نسبت دام موجود در سال ۱۳۹۴ به مساحت جنگل و شاخص‌های جنگل در معرض تخریب، جنگل تخریب‌شده و مساحت آتش‌سوزی‌شده در جنگل از اطلاعات اداره منابع طبیعی استان تأمین شده است.

کارکردهای تولیدی جنگل: در این معیار توان تولید فرآورده‌های چوبی و غیر چوبی منابع جنگلی ارزیابی شد. به منظور تعیین امتیاز این شاخص، دوره بررسی میزان رویش ده سال و تعادل رویش و برداشت، یک سال در نظر گرفته شد.

کارکردهای حفاظتی و محیط‌زیستی: بخش‌های حفاظتی و حمایتی جنگل به وسیله سازمان محیط‌زیست اجرا و پاسخ آن به صورت کیفی بیان می‌شود. در پژوهش حاضر بخش‌های حفاظتی و حمایتی جنگل که حفظ منظر آن به صورت آزمایشی برعهده اداره محیط‌زیست قرار می‌گیرد، حدود ۵٪ تا ۲ جنگل در نظر گرفته شد.

کارکردهای اقتصادی و اجتماعی: این معیار به ارزیابی نقش و سهم جنگل در اقتصاد و نحوه مشارکت و تعامل با جوامع بومی می‌پردازد که براساس نظر کارشناسان جنگل و منابع طبیعی استان امتیازات داده شد.

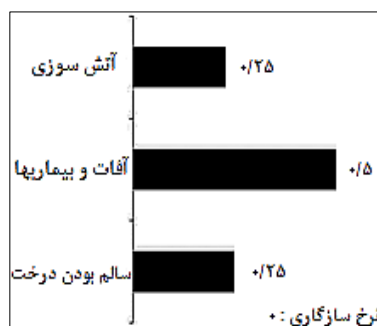
تدابیر حقوقی و ساختار تشکیلاتی: در این معیار، قوانین، سیاست‌ها و خط‌مشی‌ها، زیرساخت‌ها و شاخص‌هایی از این قبیل ارزیابی می‌شود. اطلاعات این بخش از اداره منابع طبیعی و کارشناسان بخش جنگل منابع طبیعی استان استخراج و امتیاز داده شد.

نتایج

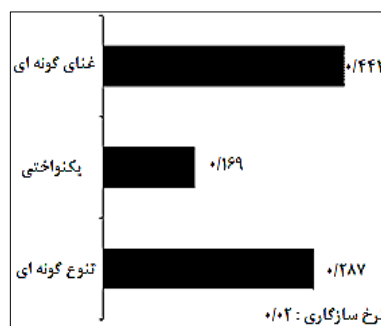
نتایج ارزیابی معیارها نسبت به یکدیگر در مدل سلسله‌مراتبی نشان داد که شاخص غنا با وزن ۰/۴۴۳ و تنوع گونه‌ای با وزن ۰/۳۸۷ و شاخص یکنواختی با وزن ۰/۱۶۹ از معیار تنوع زیستی نسبت به دیگر معیارها تأثیر قابل توجهی در پایداری دو ذخیره‌گاه جنگلی مورد بررسی دارند (شکل ۳). بررسی وضعیت زیرمعیارهای، معیار سلامتی و زنده‌مانی نسبت به هم نشان داد که زیرمعیار آفات و بیماری‌ها بیشترین وزن (۰/۵) و زیرمعیارهای سالم‌بودن درختان و آتش‌سوزی وزن یکسان (۰/۲۵) را دارند (شکل ۴). وزن نسبی محاسبه‌شده هر کدام از زیرمعیارهای مربوط به معیار نقش‌های تولیدی نیز نشان داد زیرمعیارهای حجم در هکتار، محصولات فرعی و هیزم، به ترتیب دارای وزن نسبی ۰/۵۵۸، ۰/۳۲ و ۰/۱۲۲ هستند (شکل ۵) در ارزیابی زیرمعیارهای مربوط به معیار مسائل اقتصادی - اجتماعی نسبت به هم، زیرمعیار میزان سواد بیشترین وزن نسبی (۰/۴۲۵) را به خود اختصاص داده است (شکل ۶). بررسی‌ها نشان می‌دهد که اجرای برنامه‌های حفاظت و پرسنل به عنوان دو زیرمعیار چارچوب‌های قانونی و خط‌مشی‌های تشکیلاتی به ترتیب با وزن نسبی ۰/۸ و ۰/۲ بیشترین نقش را در موفقیت و اجرای برنامه‌های حفاظت ایفا می‌کنند و این در صورتی محقق خواهد شد که پرسنل حفاظتی کافی برای منابع جنگلی

وجود داشته باشد (شکل ۷). نتایج بررسی وزن نسبی زیرمعیارهای فرسایش بیانگر این است که فرسایش شیاری با مقدار ۰/۶۳۲ اهمیت کمی دارد (شکل ۸) معیار کیفیت درختان و درختچه‌ها دو زیرمعیار تنه و تاج را شامل می‌شود که وزن نسبی به‌دست‌آمده برای هرکدام به‌ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۲۵ است (شکل ۹). بررسی نرخ ناسازگاری نشان می‌دهد که در سطح قابل قبولی (کوچک‌تر از ۰/۱۰) قرار دارد و می‌توان به مقایسه‌های زوجی پیش‌گفته تکیه کرد.

بررسی معیارهای مؤثر در پایداری دو ذخیره‌گاه جنگلی براساس قضاوت متخصصین و کارشناسان و تجزیه و تحلیل ماتریس وزن‌دهی معیارها نشان می‌دهد که معیار تنوع زیستی با وزن نسبی ۰/۳۱۲، معیار مسائل اقتصادی - اجتماعی با وزن نسبی ۰/۲۱۸، نقش‌های تولیدی با مقدار ۰/۱۲۷، سلامتی و زنده‌مانی با وزن نسبی ۰/۱۲۴، چارچوب‌های قانونی و خط‌مشی تشکیلاتی با ۰/۰۹۸، فرسایش خاک با وزن نسبی ۰/۰۷۶، کیفیت درختان با مقدار ۰/۰۶۴ و معیار وسعت با وزن نسبی ۰/۰۵۸ به‌ترتیب اولویت تأثیر در پایداری جنگل قرار دارند؛ به‌طور کلی نتایج بیانگر این است که پس از معیار تنوع زیستی، معیار مسائل اقتصادی - اجتماعی با وزن نسبی ۰/۲۱۸ و در اولویت دوم، اهمیت بالایی دارد (شکل ۱۰).



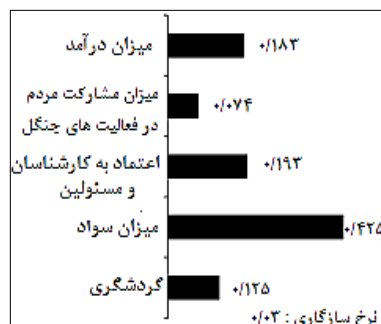
شکل ۴. وزن نسبی معیار سلامتی و زنده‌مانی



شکل ۳. وزن نسبی شاخص‌های تنوع زیستی



شکل ۶. وزن نسبی معیار مسائل اقتصادی، اجتماعی



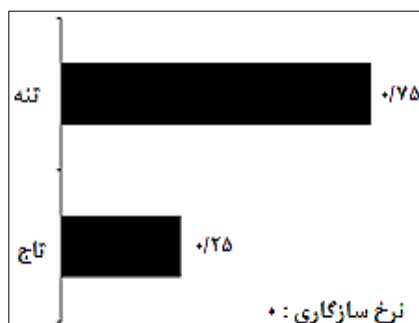
شکل ۵. وزن نسبی معیار نقش‌های تولیدی



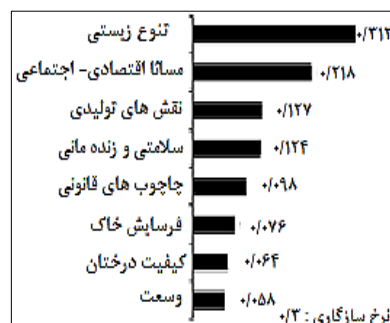
شکل ۸. وزن نسبی زیرمعیارهای فرسایش



شکل ۷. وزن نسبی معیار چارچوب‌های قانونی و خط‌مشی‌های تشکیلاتی



شکل ۱۰. وزن نسبی معیارهای مؤثر بر پایداری دو ذخیره‌گاه



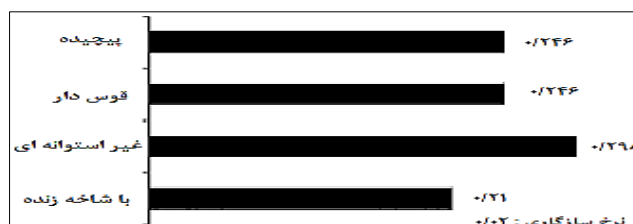
شکل ۹. وزن نسبی معیار کیفیت درختان و درختچه‌ها

بررسی معیار مسائل اقتصادی - اجتماعی و میزان مشارکت مردم در فعالیت‌های جنگل نشان می‌دهد که جلوگیری از ورود دام به داخل ذخیره‌گاه‌ها با وزن نسبی ۰/۲۵۴ دارای بیشترین وزن در زیرمعیار سطح دوم است؛ که این موضوع بیانگر آن است که چراگاه‌های سنتی با بیشترین واحد دامی می‌توانند نقش مهمی در تخریب جنگل داشته باشند. بررسی وزن نسبی هر کدام از زیرمعیارهای سطح دوم مربوط به زیرمعیار سطح اول کیفیت تنه درختان نشان می‌دهد که درمیان زیرمعیارهای سطح دوم، صفت غیر استوانه‌ای بودن بیشترین وزن نسبی (۰/۲۹۸) را دارد و وزن نسبی دو صفت نامتقارن و ضعیف بودن برای کیفیت تاج درختان به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۲۵ است (شکل‌های ۱۱، ۱۲ و ۱۳). نرخ ناسازگاری در سطح قابل قبولی (کوچک‌تر از ۰/۱۰) قرار دارد؛ بنابراین می‌توان به مقایسه زوجی پیش‌گفته تکیه کرد.

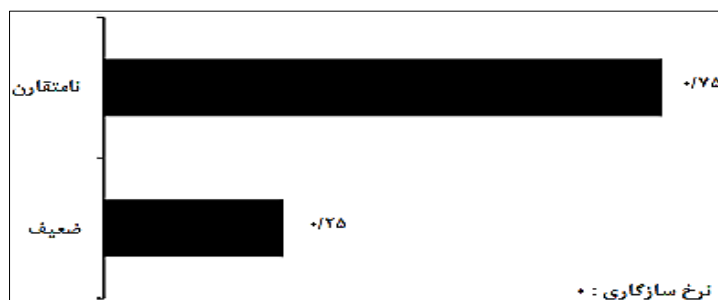
بررسی‌ها نشان می‌دهد که با افزایش وزن معیارهای تنوع زیستی، سلامتی و زنده‌مانی، نقش‌های تولیدی ذخیره‌گاه جنگلی سماق نسبت به بنه از ناوله از نظر پایداری در اولویت قرار می‌گیرد. درحالی‌که افزایش معیار فرسایش در هردو ذخیره‌گاه به معنی جلوگیری از ایجاد فرسایش در ذخیره‌گاه است؛ از دیگر سو، بررسی معیار مسائل اقتصادی - اجتماعی نشان می‌دهد که وقتی وزن این معیار تغییر می‌کند، اولویت‌بندی ذخیره‌گاه‌ها هیچ تغییری نمی‌کند؛ ولی بررسی تغییر در وزن معیار چارچوب‌های قانونی و خط‌مشی‌های تشکیلاتی نشان می‌دهد که این معیار در هردو ذخیره‌گاه بیشترین وزن را دارد.



شکل ۱۱. وزن نسبی هر کدام از زیرمعیارهای سطح دوم به زیرمعیار سطح اول؛ میزان مشارکت مردم در فعالیت‌های جنگل



شکل ۱۲. وزن نسبی هر کدام از زیرمعیارهای سطح دوم مربوط به زیرمعیار سطح اول؛ کیفیت تنه درختان



شکل ۱۳. وزن نسبی هر کدام از زیرمعیارهای سطح دوم مربوط به زیرمعیار سطح اول؛ کیفیت تاج درختان

نرخ ناسازگاری در سطح قابل قبولی (کوچکتر از ۰/۱۰) قرار دارد و می‌توان به مقایسه زوجی پیش‌گفته اتکا کرد. به‌طور کلی بررسی وزن‌های نسبی برای هر ذخیره‌گاه، مجموع وزن‌های نسبی و وزن نهایی هر ذخیره‌گاه به‌لحاظ پایداری نشان داد که ذخیره‌گاه جنگلی سماق به‌لحاظ تنوع زیستی، معیارهای مسائل اقتصادی - اجتماعی، چارچوب‌های قانونی، خط‌مشی‌های تشکیلاتی، نقش‌های تولیدی و کیفیت، نسبت به ذخیره‌گاه جنگلی بنه و ازناوله برتری دارد؛ به‌طوری‌که با افزایش وزن کیفیت، ذخیره‌گاه سماق نسبت به ذخیره‌گاه بنه ازناوله برتر است؛ همچنین معیار تنوع زیستی با بیشترین و معیار فرسایش با کمترین وزن اهمیت، در پایداری مؤثرند. بررسی‌ها نشان می‌دهد که وقتی وزن معیار اقتصادی - اجتماعی تغییر می‌کند، در اولویت‌بندی ذخیره‌گاه‌ها هیچ تغییری ایجاد نمی‌شود؛ ولی تغییر وزن معیار چارچوب‌های قانونی خط‌مشی‌های تشکیلاتی، موجب تغییر در اولویت‌بندی دو ذخیره‌گاه می‌شود.

بررسی پایداری دو ذخیره‌گاه جنگلی

در نوشتار پیش رو با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به‌صورت زوجی با اعمال مقیاس ارجحیت ۱ تا ۹ مقایسه و وزن نسبی آن‌ها محاسبه شد؛ سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی یا مطلق مشخص شد. نتایج نشان داد ذخیره‌گاه دره سماق با وزن نهایی ۰/۵۷۱۴۹۷۶۴ نسبت به ذخیره‌گاه بنه ازناوله با وزن نهایی ۰/۴۲۸۰۶۵۴۳ به‌لحاظ پایداری در وضعیت بهتری قرار دارد (شکل ۱۴). با توجه به جدول ۳، امتیاز نهایی پایداری جنگل سماق برابر ۵۱ و ازناوله برابر ۳۱ است که براساس درجه‌بندی تعیین کیفی پایداری در جدول ۲، بیانگر وجود ناپایداری در ذخیره‌گاه بنه ازناوله و پایداری متوسط در ذخیره‌گاه سماق است؛ اما با توجه به مقدار امتیازبندی معیارهای پایداری در ذخیره‌گاه جنگلی سماق (امتیاز ۵۱ بین ۵۰ تا ۷۵) و با توجه به جدول ۲ و براساس منطق فازی می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که با توجه فاصله کم طبقه قرارگیری ذخیره‌گاه سماق (با اختلاف تنها دو امتیاز) به‌نظر می‌رسد که تمایل این ذخیره‌گاه بیشتر به سمت ناپایداری است که بررسی‌های میدانی نیز این موضوع را تأیید می‌کند.



شکل ۱۴. وزن مطلق ذخیره‌گاه‌های جنگلی مورد مطالعه

جدول ۳. امتیازبندی معیارهای پایداری دو ذخیره‌گاه جنگلی سماق و ازناوله

معیار	امتیاز ذخیره‌گاه جنگلی دره سماق	امتیاز ذخیره‌گاه جنگلی ازناوله
گستره منابع جنگلی	۱۴	۸
تنوع زیستی	۴	۲
سلامتی و شادابی	۱۲	۷
کارکردهای تولید جنگل	۵	۳
کارکردهای حفاظتی	۸	۵
کارکردهای اقتصادی و اجتماعی	۷	۵
تدابیر حقوقی و ساختار تشکیلات	۱	۱
جمع امتیاز	۵۱	۳۱

بحث

بررسی‌ها نشان داد که معیار تنوع زیستی تأثیر قابل توجهی در پایداری دو ذخیره‌گاه جنگلی دارد. در بررسی مشخص شد که نقش انسان در تنوع زیستی با بهره‌برداری از چوب دو ذخیره‌گاه جنگلی یکی از عوامل مهم و مؤثر در تخریب پایداری جنگل و کاهش تنوع زیستی است؛ زیرا مفهوم مدیریت جنگل و رابطه آن با توسعه پایدار در منطقه با دو عامل انسان و تنوع زیستی به شدت به هم وابسته و بسیار مهم است؛ به طوری که افزایش وزن معیار تنوع زیستی، موجب افزایش پایداری ذخیره‌گاه جنگلی سماق نسبت به بنه ازناوله شده است (کریستنسن و هیلمن، ۲۰۰۹؛ راجیو، ۲۰۱۱).

بررسی‌ها بیانگر این است که وقتی وزن معیار مسائل اقتصادی - اجتماعی تغییر می‌کند، اولویت‌بندی ذخیره‌گاه‌ها هیچ تغییری نمی‌کند؛ ولی بررسی تغییر در وزن معیار چارچوب‌های قانونی و خط‌مشی‌های تشکیلاتی نشان داد که این معیار در هردو ذخیره‌گاه، بیشترین وزن را دارد؛ زیرا معیارهای میزان سواد و اعتماد به مسئولین و کارشناسان، بیشترین نقش را در موفقیت برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های مدیریت پایدار هردو ذخیره‌گاه جنگلی دارند. به طور کلی وضعیت اکولوژیکی، زیست‌محیطی، شرایط اقتصادی و اجتماعی دو ذخیره‌گاه و وابستگی معیشتی جوامع محلی به منابع جنگلی، به شکل بسیار شدید در قالب بهره‌برداری از چوب جنگل به عنوان مهم‌ترین منبع درآمد ساکنین جنگل، از دلایل آن است (میرک‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰؛ صادقی کاجی و همکاران، ۱۳۹۴).

در هردو ذخیره‌گاه جنگلی، بایستی شاخص‌های کاهش تعداد تجاوزات به جنگل، نرخ بهبود معاش و مشارکت جوامع محلی و به ویژه تساوی حقوق جوامع وابسته به جنگل در خصوص توسعه پایدار مورد توجه برنامه‌ریزان قرار گیرد؛ زیرا جوامع محلی به عنوان مؤثرترین عوامل اصلی ایجاد انگیزه برای مشارکت در توسعه پایدار جنگل در این بررسی محسوب می‌شوند (ایمانی رستابی و همکاران، ۱۳۹۴؛ لینگانی و همکاران، ۲۰۱۱؛ لقمان‌پور و همکاران، ۱۳۹۲).

بررسی‌ها نشان داد که میزان اثرگذاری نوع و تعداد دام بر تغییرات جنگل یا به عبارت دیگر میزان تخریب جنگل با تعداد واحد دام ارتباط معنی‌داری دارد؛ زیرا پس از بهره‌برداری از چوب جنگل، دام‌پروری در رتبه بعدی مهم‌ترین منبع درآمد ساکنین جنگل است. دام با خوردن و از بین بردن نهال‌های درختان و درختچه‌ها، مانع تجدید حیات مناسب جنگل‌ها شده و در بلندمدت، پایداری جنگل را به خطر خواهد انداخت؛ بنابراین در این رابطه جلوگیری از ورود دام به داخل ذخیره‌گاه‌ها از مهم‌ترین برنامه‌ها در راستای حفاظت از جنگل با مشارکت جوامع محلی به شمار می‌رود. به طور کلی بهره‌برداری بیش از حد حاشیه‌نشینان از فراورده‌های چوبی جنگل، قطع بی‌رویه درختان برای مصارف مختلف، چرای دام و تغییر کاربری جنگل، مهم‌ترین عوامل مؤثر در تخریب دو ذخیره‌گاه جنگلی است که

موجب ناپایداری بیشتر آن در آینده می‌شوند (میرک‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به تأثیر مهم معیار آفات و بیماری‌ها در هردو ذخیره‌گاه، بررسی‌ها نشان داد که اگر پرسنل حفاظتی کافی برای منابع جنگلی وجود داشته باشد، برنامه‌های حفاظتی در منطقه موفقیت‌آمیز خواهد بود (ایمانی رستایی و همکاران، ۱۳۹۴؛ ملک‌نیا و همکاران، ۱۳۹۳). به‌طور کلی و به‌ترتیب اولویت، معیارهای تنوع زیستی، مسائل اقتصادی - اجتماعی، نقش‌های تولیدی، سلامتی و زنده‌مانی، چارچوب‌های قانونی و خط‌مشی تشکیلاتی، فرسایش خاک، کیفیت درختان و معیار وسعت، مهم‌ترین معیارهای مؤثر در پایداری جنگل هستند که در برنامه‌ریزی‌های توسعه پایدار هردو ذخیره‌گاه باید مورد توجه قرار گیرند. نتایج نشان داد که تلفیق تکنیک مدل سلسله‌مراتبی و شاخص‌های ارزیابی پایداری جنگل می‌تواند ابزار مناسبی برای مدیریت پایدار جنگل و ارائه تصمیمات صحیح در سطح محلی باشد (الهی و اکبری‌نیا، ۱۳۹۳؛ خادکا و وسیک، ۲۰۱۰؛ بوسلا و همکاران، ۲۰۱۲؛ ۵۳۷؛ بای‌چوا مرگر و ولفسلر، ۲۰۱۶؛ ژانگ، ۲۰۱۶).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی ذخیره‌گاه دره سماق با وزن نهایی ۵۷۱/۰ نسبت به ذخیره‌گاه بنه ازناوله با وزن نهایی ۴۲۸/۰ از پایداری و وضعیت بهتری برخوردار است. بررسی‌های میدانی و مشاهدات صحرایی و نظرات کارشناسان منابع طبیعی نیز نشان می‌دهد که ذخیره‌گاه جنگلی سماق نسبت به ذخیره‌گاه بنه ازناوله، از وضعیت پایداری بهتری برخوردار است. نتایج نشان می‌دهد که امتیاز نهایی پایداری جنگل سماق برابر ۵۱ و جنگل ازناوله برابر ۳۱ است که براساس درجه‌بندی تعیین کیفی پایداری، بیانگر وجود ناپایداری در ذخیره‌گاه جنگلی بنه ازناوله و پایداری متوسط و بسیار شکننده با گرایش به سمت ناپایداری در ذخیره‌گاه جنگلی سماق است. بررسی‌ها نشان می‌دهد که معیار تنوع زیستی در پایداری جنگل بسیار مهم بوده و علل اصلی ناپایداری در هردو ذخیره‌گاه، امتیاز کم این معیار است. نتایج حاصل از مشاهدات صحرایی نشان می‌دهد که تنوع زیستی، سلامتی و شادابی، وسعت و کارکردهای تولیدی و حفاظتی، از مهم‌ترین شاخص‌هایی هستند که در جنگل سماق نسبتاً بهتر هستند؛ اما نتایج نشان می‌دهد که جنگل‌های منطقه به‌دلیل شرایط خاص اکولوژیکی، توان تولید چوب صنعتی را ندارند و کارکرد اصلی آن‌ها نقش حمایتی و حفاظتی است. درباره شاخص‌های مشارکت جوامع محلی در منافع به‌دست‌آمده از جنگل و تعارض حقوق و مشارکت همه‌جانبه جنگل‌نشینان در مدیریت جنگل، مدیریت دام و کاهش خسارت‌های ناشی از آن و تقویت نیروهای حفاظتی و توسعه طرح‌های حفاظت مشارکتی که بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند، باید بیان داشت که این شاخص‌ها نشان‌دهنده اهمیت مشارکت مردم محلی در مدیریت پایدار هردو ذخیره‌گاه است؛ به‌طوری که عدم پذیرش اجتماعی از مهم‌ترین دلایل موفق نبودن طرح‌ها و برنامه‌های احیای جنگل است. دخالت‌دادن جوامع محلی در مدیریت توسعه پایدار می‌تواند سبب افزایش پذیرش اجتماعی و موفقیت برنامه‌های اجرایی توسعه پایدار دو ذخیره‌گاه جنگلی باشد. پیشنهاد می‌شود شیوه‌نامه جامعی درخصوص تعیین معیارها و شاخص‌های محلی و اجرای طرح‌های مشارکتی و همچنین به‌منظور بهبود وضعیت معیشتی مردم محلی در مناطق جنگلی به اجرا درآید.

منابع

- الهی، محسن؛ اکبری‌نیا، مسلم (۱۳۹۳). ارزیابی پایداری سه ذخیره‌گاه جنگلی سمیرم اصفهان/کوسیستم‌های طبیعی/ایران، ۵ (۱)، ۴۹-۶۳.
- ایمانی رستایی، مجتبی؛ جلیلود، حمید؛ زندبصری، مهدی (۱۳۹۴). ارزیابی نمایه‌ها و نشانه‌های اجتماعی - اقتصادی در

- پایش طرح جنگلداری کلگچی لردگان. مجله تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۳ (۲)، ۱۹۹-۲۰۸.
- جلیلوند، حمید؛ کرمی، امید؛ شاه نظری، آناهیتا؛ شعبانی، مرتضی (۱۳۹۱). ارزیابی تفرجی به کمک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) مطالعه موردی: پارک جنگلی شهید زارع، مازندران. جغرافیا و توسعه، ۱۰ (۲۹)، ۱۰۷-۱۱۸.
- دستورالعمل پایش و ارزشیابی طرح‌های مدیریت منابع طبیعی و آبخیزداری، ایران. ریاست جمهوری. معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی، دفتر نظام فنی و اجرایی، سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، دفتر طرح‌ریزی و هماهنگی (۱۳۸۸). انتشارات معاونت برنامه‌ریزی و نظارت راهبردی رئیس‌جمهور، ۵۰۵، ۱۳۰-۱۸۲.
- زند بصیری، مهدی؛ پروین، طیبه (۱۳۹۱). بررسی اهمیت معیارها و شاخص‌های فرایند خاور نزدیک در مدیریت پایدار جنگل‌های زاگرس (مطالعه موردی: حوضه آبخیز تنگ سولک استان کهگیلویه و بویراحمد). نشریه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۰ (۲)، ۲۰۴-۲۱۶.
- صادقی کاجی، حمداله؛ جعفری، علی؛ یارعلی، نبی‌اله (۱۳۹۴). ارزیابی مدیریت پایدار جنگل در حوضه آبخیز دویلان استان چهارمحال و بختیاری. نشریه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۳ (۳)، ۴۹۰-۵۰۱.
- صدیق کوهی، مریم؛ رستمی شاهراجی، تیمور؛ محمدی لیمایی، سلیمان (۱۳۹۱). کاربرد برنامه‌ریزی هدف در مدیریت پایدار جنگل (مطالعه موردی: سری ۱۱ حوزه شفارود)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشگاه گیلان.
- گلچ، ایوب؛ حسن‌زاده، ایرج؛ محمدی، سلیمان (۱۳۹۵). تبیین معیارها و شاخص‌های مدیریت پایدار جنگل، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۴ (۱)، ۱۷۶-۱۸۷.
- لقمان‌پور، مجید؛ الهی، محسن؛ یخکشی، علی؛ واردانیان، ژهائیر (۱۳۹۲). سنجش پایداری دو منطقه جنگلی با دو نوع مدیریت مشارکتی و دولتی و تأثیر آن بر تنوع گونه‌های چوبی با استفاده از AHP. فصلنامه جنگل و مرتع، ۹۹، ۳۷-۴۷.
- مصادقی، منصور (۱۳۸۰). کتاب توصیف و تحلیل پوشش گیاهی. مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی.
- ملک‌نیا، رحیم؛ فقهی، جهانگیر؛ مخدوم، مجید؛ مروی مهاجر، محمدرضا؛ زبیری، محمود (۱۳۹۳). تهیه سیاهه معیارها و شاخص‌های پایش پایداری کارکردهای اکولوژیکی جنگل‌های شمال در سطح واحد مدیریت جنگل (مطالعه موردی: جنگل خیرود نوشهر). نشریه پژوهش‌های محیط‌زیست، ۵ (۹)، ۱۳۷-۱۴۶.
- میرک‌زاده، علی‌اصغر؛ بهرامی، مجید؛ غیاثوندغیائی، فرشته (۱۳۹۰). تحلیل عوامل مؤثر بر بهره‌برداری پایدار از چوب جنگلی (مطالعه موردی: روستای دژن شهرستان کامیاران). نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب، ۶۴، ۹۱-۱۰۶.
- نوری، زهرا؛ فقهی، جهانگیر؛ زاهدی امیری، قوام‌الدین؛ زبیری، محمود؛ رحمانی، امین (۱۳۸۹). ارزیابی تنوع گونه‌های درختی و درختچه‌ای و اثر آن در مدیریت پایداری جنگل (بررسی موردی: بخش پاتم جنگل خیرود). نشریه جنگل و فرآورده‌های چوب (منابع طبیعی ایران)، ۶۳ (۲)، ۲۰۱-۲۱۴.

References

- Adnan, M. & Holscher, D. (2011). Medicinal Plants In Old-Growth, Degraded And Re-Growth Forests Of NW Pakistan. *Forest Ecology and Management*, 261, 2105-2114.
- Ayalew, L., Yamagashi, H., Marui, H. & Kanno, T. (2005). Landslide in Sado Island of Japan: part II. GIS - based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications. *Engineering Geology*, 81, 432-445.
- Barnes, B. V., Pregitzer K. S. & Spies, T. A. (1982). Ecological forest site classification. *Forestry*, 80, 493-498.
- Baycheva-Merger, T. & Wolfslehner, B. (2016). Evaluating the implementation of the PanEuropean criteria and indicators for sustainable forest management- A SWOT analysis. *Ecological Indicators*, 60, 1192-1199.
- Bilbao-Terol, A., Jiménez, M. & Arenas-Parra, M. (2016). A group decision making model based on goal programming with fuzzy hierarchy: an application to regional forest planning. *Annals of*

- Operations Research*, 245 (1-2), 137-162.
- Bosela, M., Larocque, G.R., Baycheva-Merger, T., Valbuena, R. & Lier, M. (2015). *Criteria and indicators of sustainable forest management*. In Ecological Forest Management Handbook, G.R. Larocque (Editor). CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Christensen, M. & Heilmann, C. J. (2009). Forest Biodiversity Gradients and The Human Impact In Annapurna Conservation Area. *Nepal Biodivers Conserv*, 205, 2221-2232.
- Elahi, M., & Akbari Nia, M. (2014). Sustainability evaluation of three Semirom forest reserves in Isfahan. *Iranian Journal of Natural Ecosystems*, 5 (1), 49-63. (In Persian)
- FAO. (1998). *Practical Guidelines for Implementation of Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management in the Near East*. Development Forestry Network, Cairo.
- Glig, A., Hassanzadeh, I. & Mohammadi, S. (2016). Explaining the criteria and indicators of sustainable forest management. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24 (1), 176-187. (In Persian)
- Grainger, A. (2012). Forest sustainability indicator systems as procedural policy tools in global environmental governance. *Global Environmental Change*, 22 (1), 147-160.
- Guidelines for monitoring and evaluation of natural resource management and watershed management plans, Iran. President. Deputy of Strategic Planning and Supervision, Office of Technical and Executive System, Forests, Rangelands and Watershed Management Organization, Office of Planning and Coordination* (2009). Publications of the Vice President for Strategic Planning and Supervision, 505, 130-182. (In Persian)
- Imani Rastabi, M., Jalilvand, H., & Zand Basiri, M. (2015). Evaluation of Socio-Economic Indices and Indicators in Monitoring the Kalgachi Lordegan Forestry Project. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23 (2), 199-208. (In Persian)
- Islam, I., Siwar, C.S., Islami, M. & Hidayah, N. (2010). Criteria and indicators for sustainable forest management in Malaysia. *American Journal of Environmental Sciences*, 6 (3), 212-218.
- Jalilova, G., Khadka, C. & Vacik, H. (2012). Developing criteria and indicators for evaluating sustainable forest management: A case study in Kyrgyzstan. *Forest Policy and Economics*, 21, 32-43.
- JaliLvand, H., Karami, O., Shah Nazari, A. & Shabani, M. (2012). Recreational evaluation using Hierarchical analysis process (AHP) and Geographic Information System (GIS) Case study: Shahid Zare Forest Park, Mazandaran. *Journal of Geography and Development*, 29, 47-53. (In Persian)
- Kazana, V., Kazaklis, A., Stamatiou, C., Koutsou, P., Boutsimea, A. & Fotakis, D. (2015). SWOT analysis and multiple criteria decision making methods for sustainable forest policy and management, a Greek case study. *International Journal of Information and Decision Sciences*, 7 (1), 32-50.
- Khadka, Ch. & Vacik, H. (2012). Comparing a top-down and bottom-up approach in the identification on criteria and indicators for sustainable community forest management in Nepal. *Forestry*, 85 (1), 10-22.
- Lingani, P., Savadogo, P., Tigabu, M. & Oden, P. (2011). Factors influencing people's participation in the forest management program in Burkina Faso, West Africa. *Forest Policy and Economic*, 13, 292-302.
- Liu, J. Zhang, R. & Zhang, Q. (2012). Traditional Forest Knowledge of The Yi People Confronting Policy Reform And Social Changes In Yunnan Province Of China. *Forest Policy and Economics*, 16, 1-9.
- Loghmanpour, M., Elahi, M., Yakhkashi, A., & Vardanian, Zh. (2013). Assessing the sustainability of two forest areas with two types of participatory and governmental management and its impact on the diversity of wood species using AHP, *Quarterly Journal of Forests and Rangeland*, 99, (41), 37-47. (In Persian)
- Lynch, T. B. & Rusydi, R. (1999). Distance Sampling for Forest Inventory in Indonesian Teak Plantation. *Forest Ecology and Management*, 113, 215-221.
- Maleknia, R., Fiqhi, J., Makhdoom, M., Marvi Mohajer, M. & Zubairi, M. (2014). Preparation of a list of criteria and indicators for monitoring the ecological functions of northern forests at the

- forest management unit level (Case study: Khairud Nowshahr forest). *Journal of Environmental Research*, 5 (9), 137-146. (In Persian)
- Mesdaghi, M. (2001). *Vegetation Description and Analysis Book*. University Jihad Publications of Ferdowsi University. (In Persian)
- Mirakzadeh, A., Asghar; Bahrami, M. & Ghiasvand Ghiasi, F. (2011). Analysis of Factors Affecting Sustainable Utilization of Forest Wood (Case Study: Dejan Village, Kamyaran City). *Journal of Forest and Wood Products*, 64, 91-106. (In Persian)
- Nouri, Z., Fiqhi, J., Zahedi Amiri, Gh., Zubairi, M. & Rahmani, A. (2010). Evaluating the diversity of tree species and shrubs and its effect on forest sustainability management (Case study: Patem section of Khairud forest), *Journal Forests and wood products. Iranian Natural Resources*, 63 (2), 201-214. (In Persian)
- Rajeev, V. (2011). New approaches to sustainable forest management: a study of service innovation in conserving forestry resources. *Economics and Sustainable Developmen*, 2, 65-80.
- Richard, A. G., Mafuru, C. S., Paul, M., Kayombo, C. J., Kashindye, A. M., Chirenje, L. I. & Musamba, E. B. (2011). Human Activities Influencing Deforestation on Meru Catchment Forest Reserve, Tanzania. *J. Hum Ecol*, 33 (1), 17-20.
- Sadeghi Kaji, H., Jafari, A. & Yar Ali, N. (2015). Evaluation of Sustainable Forest Management in Doplan Watershed of Chaharmahal and Bakhtiari Province, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 23 (3), 490-501. (In Persian)
- Sedigh Koohi, M., Rostami Shahraji, T. & Mohammadi Limaiei, S. (2012). Application of Objective Planning in Sustainable Forest Management (Case Study: Series 11 of Shafarood Basin) *Ministry of Science, Research and Technology, University of Gilan*, Soomehsara Faculty of Natural Resources, Master Thesis. (In Persian)
- Vierikko, K., Vehkamäki, S., Niemela, J., Pellikka, J. & Lindén, H. (2008). Meeting the ecological, social and economic needs of sustainable forest management at a regional scale. *Forestry*, 23 (7), 431-44.
- Zand Basiri, M. & Parvin, T. (2012). Investigating the Importance of Near East Process Criteria and Indicators in Sustainable Management of Zagros Forests (Case Study: Tang-e-Solak Watershed in Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Provinces), *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 20 (2), 204-216. (In Persian)
- Zhang, J. (2016). Weighing and realizing the environmental, economic and social goals of tourism development using an analytic network process-goal programming approach. *Journal of Cleaner Production*, 10 (16), 301-407.



Downscaling of Soil Moisture Map Using Sentinel Radar Satellite Images and Distribution Analysis in the West of Iran

Seyed Hossein Mirmosavi¹, Kohzad Raispour¹, Muhammad Kamangar^{1*}

¹ Department of Geography, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 3 August 2020

Accepted 26 November 2020

Available online 2 December 2020

Keywords:

Soil Moisture, Radar, Autocorrelation, Moran Index, West of Iran.

Citation: Mirmosavi, S. H., Raispour, K., Kamangar, M. (2020). Downscaling of Soil Moisture Map Using Sentinel Radar Satellite Images and Distribution Analysis in the West of Iran. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (3), 35-50.

doi: [10.22126/GES.2020.5568.2273](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5568.2273)

ABSTRACT

Soil surface moisture is a key variable to describe drought, water and energy exchanges between the earth and the air. Due to the instability of spatial and temporal conditions, the environmental parameters affecting it are highly variable. The current study aims to downscale and extract the soil moisture distribution map with high resolution and its spatial analysis in the west of Iran. An educational layer was created by using the post-scattering bands of VV and VH polarizations as well as the angle of collision band (θ) extracted from Sentinel 1 radar images and land use extracted from MODIS sensor. Long-term average moisture per pixel of GLDAS data was also used. The micro-scale backup machine vector algorithm and the high volume resolution soil moisture dispersion map were estimated between 0.18 and 0.46 b. Field data collected from 38 sample farms of Kurdistan Agricultural Research Center were used to verify the output map, which was calculated to be $R^2 = 0.5012$. The results were obtained for the elliptical direction of three times the standard spatial deviation of the northwest to the southeast, which shows that more than 99% of the moisture distribution is expanded in accordance with the spatial arrangement of the heights in this direction. Statistics of 0.3978 Moran index and P_Value value of 0.0000 showed spatial autocorrelation of soil moisture. The hot spot map also showed that the soil surface moisture is nuclear in the northwest and southeast directions and more at altitudes above 2000 meters. Hot spot analysis also reveal that the moisture has strongly clustered to the east and inside the country. Using the obtained spatial analysis results, low or high soil moisture areas can be identified in order to identify environmental potentials and improve the decision-making process, allocation and spatial distribution of services.

*. Corresponding author E-mail address:

hossein.mirmousavi@znu.ac.ir



ریزمقیاس گردانی نقشه رطوبت خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای راداری سنتینل و تحلیل پراکندگی در غرب ایران

سید حسین میرموسوی^{۱*}، کوهزاد رئیس‌پور^۱، محمد کمانگر^۱

^۱گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

چکیده

مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۱۳ مرداد ۱۳۹۹

پذیرش ۶ آذر ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۱۲ آذر ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

رطوبت خاک، رادار، خودهمبستگی، شاخص موران، غرب ایران.

استناد: میرموسوی، سید حسین؛ رئیس‌پور، کوهزاد؛ کمانگر، محمد (۱۳۹۹). ریزمقیاس گردانی نقشه رطوبت خاک با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای راداری سنتینل و تحلیل پراکندگی در غرب ایران. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۳۶ (۳)، ۳۵-۵۰. doi: [10.22126/GES.2020.5568.2273](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5568.2273)

رطوبت سطحی خاک، متغیر کلیدی برای توصیف خشک‌سالی، تبادلات آب و انرژی بین زمین و هواکره است که به دلیل ثابت نبودن شرایط مکانی و زمانی، پارامترهای محیطی تأثیرگذار بر آن به شدت تغییرپذیر و تولید نقشه آن با استفاده از داده‌های زمینی با مسائل زیادی همراه است. هدف از نوشتن پیش رو ریزمقیاس گردانی و استخراج نقشه پراکندگی رطوبت خاک با قدرت تفکیک بالا و تحلیل فضایی آن در غرب ایران است. با استفاده از باندهای پس پراکنش پلاریزاسیون‌های VV و VH و همچنین باند زاویه برخورد (θ) مستخرج از تصاویر راداری سنتینل ۱ و کاربری اراضی مستخرج از سنجنده مادیس، یک لایه آموزشی ایجاد شده و میانگین بلندمدت رطوبت هر پیکسل از سامانه جهانی ادغام داده‌های زمین در محدوده مورد مطالعه با استفاده از الگوریتم ماشین بردار پشتیبان ریزمقیاس گردانی شده و نقشه پراکندگی رطوبت حجمی خاک با قدرت تفکیک بالا بین ۰/۱۸ تا ۰/۴۶ برآورد شد. به منظور صحت‌سنجی نقشه خروجی از داده‌های میدانی برداشت شده ۳۸ مزرعه نمونه مرکز تحقیقات کشاورزی کردستان استفاده شد که $R^2 = 0.5012$ محاسبه شد. نتایج نشان داد بیضوی سه‌برابر انحراف استاندارد مکانی جهت شمال غربی به جنوب شرقی دارد که نشان می‌دهد بیش از ۹۹٪ پراکندگی رطوبت به تبعیت از آرایش مکانی ارتفاعات در این راستا گسترش دارد. آماره 0.3978 شاخص موران و پی‌لیو مقدار 0.0000 خودهمبستگی مکانی رطوبت خاک را نشان داد. نقشه لکه‌های داغ نیز نشان داد رطوبت سطحی خاک به صورت هسته‌ای در راستای شمال غرب و به جنوب شرق و بیشتر در ارتفاعات بالای ۲۰۰۰ متر است. تحلیل لکه‌های داغ نیز نشان داد که رطوبت به شدت به سمت شرق و داخل کشور الگوی خوشه‌بندی پیدا کرده است. با استفاده نتایج تحلیل مکانی به دست آمده، می‌توان مناطق کم یا پررطوبت خاک را در راستای شناسایی پتانسیل‌ها محیطی و بهبود فرایند تصمیم‌گیری، تخصیص و توزیع مکانی ارائه خدمات شناسایی کرد.

مقدمه

رطوبت خاک متغیر اساسی در چرخه های آب و اقلیم (موربیدلی^۱ و همکاران، ۲۰۱۶) است که نقش مهمی در درک انسان از تعامل جو و سطح زمین دارد (چول جنگ^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). رطوبت سطحی خاک باوجود سهم اندک آن در چرخه هیدرولوژی (۰/۱۵)، یکی از اجزاء مهم اثرگذار پوسته زمین به شمار می رود؛ زیرا نقش کنترل کننده بین سطح زمین و اتمسفر زمین و نیز گردش آب و انرژی و کربن در طبیعت را ایفا می کند (باباییان و همکاران، ۱۳۹۲)؛ همچنین رطوبت خاک متغیر مهم چرخه هیدرولوژیکی است که با خطرات طبیعی مرتبط است؛ ازجمله برای فهم ایجاد سیلاب ها و شاخص های خشک سالی مورد توجه پژوهشگران و همچنین بهره وران عملی مانند کشاورزان یا مؤسسات حفاظت مدنی قرار گرفته است؛ همچنین رطوبت خاک در چرخه جهانی انرژی نقش کلیدی دارد و کنترل کننده فرایند تبدیل انرژی در دسترس به گرمای نهان و گرمای محسوس است (وریکن^۳ و همکاران، ۲۰۱۴).

رطوبت خاک در فصل های بارانی کمابیش دارای مقدار ثابتی است؛ اما طی دوره رشد و با کاهش بارندگی، در مقادیر رطوبت، تفاوت نسبی مشاهده می شود. ایگژو^۴ و همکاران (۲۰۱۶) تراکم ریشه را عامل اصلی این تفاوت دانسته اند. رطوبت و دمای خاک نیز با یکدیگر ارتباط داشته و از آب نفوذیافته باران متأثر است (یوشیوکا^۵ و همکاران، ۲۰۱۵). پایش توزیع مکانی و زمانی رطوبت سطحی یکی از اقدامات اثربخش در مدیریت آب و خاک است (کوهبنانی و یزدانی، ۱۳۹۷) در نتیجه تهیه نقشه های رطوبت خاک با دقت بالا، درک ما را از آب و هوای منطقه بهبود می بخشد (طباطبایی نژاد^۶ و همکاران، ۲۰۱۴). تغییرات مکانی و زمانی رطوبت خاک بسیار متنوع است، در حال حاضر (سال ۱۳۹۹) هیچ شبکه جهانی از داده های زمینی برای نظارت بر رطوبت خاک وجود ندارد. دمای سطحی خاک، میزان بارندگی و دمای هوا ازجمله خصوصیات مؤثر و مورد بررسی در روش های برآورد رطوبت خاک هستند. روش های میدانی برآورد رطوبت خاک مانند روش وزنی و انعکاس سنجی حوزه زمانی در سطح محلی دقت بالایی دارند؛ اما برای یک منطقه بزرگ، بسیار پرهزینه و زمان بر هستند.

روش های معمول اندازه گیری رطوبت خاک در مقیاس زمانی و مکانی مناسب نیستند (مکونن^۷، ۲۰۰۹). به منظور پایش محدوده های وسیع، کاهش هزینه و وقت سراسری رطوبت خاک، می توان از مدل ها و تصاویر سنجش از دور استفاده کرد. با استفاده از باندهای مختلف تصاویر سنجش از دور و الگوریتم های متنوع می توان میزان رطوبت سطحی و زیرسطحی خاک را همواره در بازه های زمانی متفاوت پایش و اندازه گیری کرد. برآورد رطوبت خاک نیز با استفاده سنجش از دور در محدوده های نوری، مادون قرمز و کهموج فعال و غیر فعال انجام می گیرد که هر کدام مزایا و معایب خاص خود را دارند (خانمحمدی و همکاران، ۱۳۹۳). برای استخراج رطوبت خاک، از تصاویر ماهواره ای شاخص رطوبت خاک مثلثی با استفاده از باند قرمز و مادون قرمز نزدیک تصاویر لندست همبستگی ۰/۶۷ و ۰/۶۱ با مقادیر واقعی محاسبه شده است (امینی و همکاران، ۲۰۱۶؛ کوهبنانی و یزدانی، ۱۳۹۷)؛ همچنین با اضافه کردن شاخص تفاضلی نرمال شده گیاهی، ضریب تبیین ۰/۷۸ را در مدل رگرسیونی، شاخص مناسبی برای پهنه بندی رطوبت خاک در مناطق خشک و بیابانی معرفی کرده اند. گرچه در حال حاضر سنجنده هایی ازجمله

1- Morbidelli

2- Chul Jung

3- Vereecken

4- Xu

5- Yoshioka

6- Tabatabaeenejad

7- Mekonnen

ماهواره‌های از جمله SMOS, Fengyun 3B, FY3C, AMSR2 و SMAP برآورد رطوبت خاک در سراسر سطح زمین را انجام می‌دهند؛ اما به‌علت قدرت تفکیک مکانی پایین این سنجنده‌ها، برای مطالعات منطقه‌ای دقت کافی را ندارند. دربرابر الگوریتم‌های خطی و غیر خطی مستخرج از باندهای مختلف تصاویر ماهواره‌ای، به‌تازگی تکنیک‌های یادگیری پشتیبان ماشین برای بهبود داده‌های رطوبت خاک با رزولوشن پایین ماهواره‌های مختلف معرفی شده است (بایی^۱ و همکاران، ۲۰۱۹).

ریزمقیاس‌نمایی رطوبت خاک با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای مادیس، ماهواره اسمپ، دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی و روش رگرسیون چندمتغیره بررسی کردند که براساس اعتبارسنجی صورت‌گرفته، ریزمقیاس‌نمایی داده‌های سنجنش‌ازدور رطوبت خاک با این روش فقط برای ارزیابی‌های کلی پژوهشی و نه عملیاتی کاربرد دارد (تو^۲، ۲۰۱۹). دقت برآورد رطوبت حجمی خاک با استفاده از روش‌های رگرسیون بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی بر روی تصاویر سنتینل محاسبه شده است که نتایج بهترین ضریب همبستگی ۰/۶۹ برای تصاویر سنتینل ۱ با روش رگرسیون بردار پشتیبان و کم‌دقت‌ترین ضریب همبستگی ۰/۴۹ با روش شبکه عصبی مصنوعی چندلایه پرسپترون به‌دست آمده است (رنجبر و آخوندزاده، ۱۳۹۸). استخراج ناهنجاری‌های رطوبت خاک از سامانه جهانی ادغام داده‌های زمین^۳ با استفاده از تصاویر راداری سنتینل ۱ ریزمقیاس‌گردانی شد که نتایج آن‌ها همبستگی ۰/۷ را با داده‌های زمینی نشان داد (جنیفیندر^۴ و همکاران، ۲۰۱۹). مقایسه سری‌های زمانی داده‌های زمینی با خروجی‌های ریزمقیاس‌گردانی‌شده روش آن‌ها، به‌خوبی ناهنجاری‌های منفی و مثبت رطوبت خاک را نشان داد و بیان کرده‌اند که روش ارائه‌شده آن‌ها یکپارچه‌سازی داده‌های رطوبت خاک را برای برنامه‌های کنترل خشک‌سالی یا پیش‌بینی سیل امکان‌پذیر می‌کند.

با بررسی پژوهش‌های گذشته می‌توان دریافت که رطوبت خاک به عوامل متعددی از جمله خصوصیات اقلیمی و خصوصیات اراضی و پراکندگی و آرایش ارتفاعات بستگی دارد که این خصوصیات در مکان بسیار متفاوت‌اند. باوجود اهمیت تغییرات رطوبت خاک در مکان و ارتباط آن با سایر متغیرها، در مطالعات انجام‌شده، بیشتر به بررسی تک‌بعدی رطوبت خاک و به‌ویژه تغییرات زمانی آن پرداخته شده است. سنجنده‌های جدید از جمله ماهواره‌های سری سنتینل افزون بر برداشت سطح زمین در بازه‌های زمانی کمتر، استفاده از خصوصیات سنجنش‌ازدور غیر فعال (راداری) به‌دلیل خصوصیات امواج ماکروویو و امکان نفوذ به سطح زمین، برداشت عمق تا ۱۰۰ سانتی متر را فراهم کرده‌اند. به‌دلیل رایگان‌بودن و قدرت تفکیک مکانی بالای این سنجنده، استفاده از باندهای مختلف این تصاویر می‌تواند بسیار کارا باشد و از آنجاکه متغیرهای مکانی اقلیمی و محیطی نقش مؤثری در تغییرات مکانی رطوبت خاک دارند، ضرورت تحلیل مکانی آشکار می‌شود. هدف از پژوهش حاضر استخراج رطوبت سطحی خاک با قدرت تفکیک مکانی بالا از راه ریزمقیاس‌گردانی لایه رطوبت خاک سامانه جهانی ادغام داده‌های زمین و تصاویر راداری سنتینل ۱ به‌عنوان روش کاربردی در مطالعات محیطی و تحلیل مکانی پراکندگی رطوبت در غرب ایران در بازه زمانی مورد مطالعه است.

معرفی منطقه مورد بررسی

محدوده مورد مطالعه شامل استان‌های کردستان، کرمانشاه، ایلام، همدان و لرستان بین عرض‌های جغرافیایی ۳۶"

1- Bai

2- Tu

3- Global Land Data Assimilation System (GLDAS)

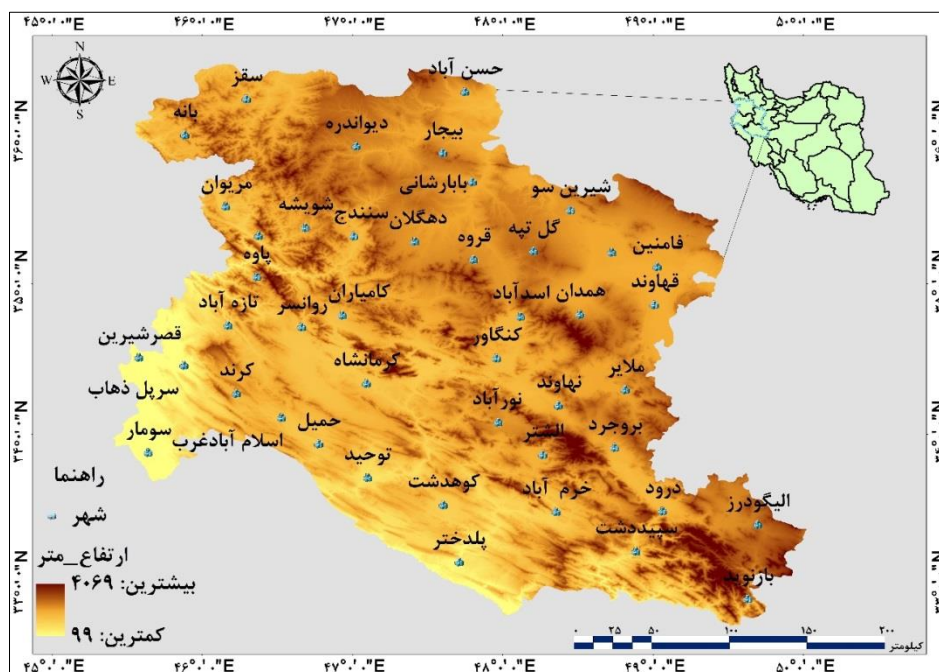
4- Greifeneder

۵۱° ۳۱' تا ۴۵° ۴۹' شمالی تا ۴۵° ۲۷' ۱۸" تا ۵۰° ۴' ۲۶" شرقی با وسعت ۴۶۶/۱۲۱ کیلومتر مربع است (شکل ۱). براساس پهنه‌بندی آب‌وهوایی ایران در سیستم کوپن که توسط گنجی (۱۳۸۲) صورت گرفته است، بخش اعظم زاگرس در شمال کردستان، همدان، کرمانشاه و لرستان دارای آب‌وهوای مدیترانه‌ای است و در نواحی مرتفع زاگرس نیز آب‌وهوای سرد و خشک مشاهده می‌شود. بخش‌های دیگر منطقه از جمله بخش‌های جنوب غربی کرمانشاه و ایلام آب‌وهوای نیمه‌خشک دارد (ابریفام، ۱۳۸۹: ۲۰). براساس تقسیم‌بندی علیجانی (۱۳۸۱: ۱۷۳) نیز غرب ایران به‌طور کلی دارای آب‌وهوای کوهستانی و پای‌کوهی است. وضعیت حرارتی ناحیه در تابستان همگن‌تر از زمستان است. این محدوده در دوره سرد سال، به‌علت حاکمیت بادهای غربی و نزدیکی به منبع رطوبتی دریای مدیترانه، بارندگی زیادی دارد؛ اما دوره گرم سال نفوذ پرفشار آזור باعث کاهش بارندگی می‌شود (مجرد و معصوم‌پور، ۱۳۹۲).

محدوده مورد مطالعه بیشتر تحت تأثیر سامانه مرطوب مدیترانه‌ای و اقیانوس اطلس و سامانه‌های سودانی قرار دارد که با عبور این جریان‌ها از روی محدوده و برخورد با ارتفاعات زاگرس، مقدار زیادی از رطوبت خود را به‌صورت باران و برف ازدست داده و عامل عمده ریزش‌های جوّی کشور را نیز تشکیل می‌دهند.

مواد و روش‌ها

سال آبی ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۸ با ورود سامانه‌های بارشی متعددی به ایران همراه بود. این سامانه‌ها که به‌طور عمده بر بستر تقویت امواج رزبای و پایین‌افتادن موج ورتکس قطبی شکل گرفتند؛ به‌طور ناهنجاری در محدوده غربی خاورمیانه با ایجاد بلاکینگ اتمسفری توده‌های مرطوب و گرم دریای سرخ و ادغام آن با توده‌های مرطوب و سرد مدیترانه‌ای درست بر روی ارتفاعات غرب ایران واقع و باعث بارش‌های بیش‌ازحد نرمال شدند. درمیان متغیرهای اقلیمی، باران به‌عنوان مهم‌ترین متغیر اقلیمی مؤثر بر رطوبت خاک است (فالون^۱ و همکاران، ۲۰۱۵)؛ از این رو سال آبی مورد نظر، به‌منزله دوره آماری و غرب ایران (شکل ۱) برای مطالعه انتخاب شد.



شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه در ایران

شرط اصلی برای ریزمقیاس گردانی و بازیابی رطوبت خاک، استخراج رابطه بین شدت بازگشت باند C رادار (σ^0) و رطوبت خاک بزرگ‌مقیاس است (اولبی و باتلیوالا^۱، ۱۹۷۸). در نوشتار پیش رو، به‌منظور استخراج ریزمقیاس گردانی لایه رطوبت حجمی و تبیین بهتر توزیع پراکندگی رطوبت، ابتدا لایه رطوبت خاک با قدرت تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه از سامانه جهانی ادغام داده‌های زمین استخراج شد. این سامانه محصولات داده‌های مشاهده‌ای و زمینی و ماهواره‌ای را با استفاده از روش‌های پیشرفته مدل‌سازی سطح زمین و روش‌های ادغام پیشرفته داده، تولید می‌کند. پوشش جهانی، قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا به‌همراه سیستم مدل‌سازی ترکیبی داده‌های سنجش‌ازدوری و مشاهدات زمینی، ویژگی منحصر به فرد این مدل است (لیو^۲ و همکاران، ۲۰۰۹). این مدل را دانشمندان سازمان ملی هوانوردی و فضا (ناسا) مرکز فضایی پروازهای گودارد، سازمان ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی و مرکز بین‌المللی پیش‌بینی محیط‌زیست به‌طور مشترک، به‌منظور تولید محصولات مختلف توسعه داده‌اند (رادل^۳ و همکاران، ۲۰۰۴).

با توجه به طول دوره آماری مناسب و نیز به‌روزرودن این داده‌ها می‌توان با اطمینان از این داده‌ها در کنار داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی برای مطالعات مختلف اقلیم‌شناسی، آب‌شناسی و محیطی در مناطق مختلف کشور استفاده کرد (میری و همکاران، ۱۳۹۶). نسخه ۲/۱ سامانه جهانی ادغام داده‌های زمین در تاریخ ۱ ژانویه ۲۰۰۰ شبیه‌سازی شده و از تاریخ ۱ مارس ۲۰۰۱ به‌بعد با قدرت تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه در دسترس عموم قرار گرفته است^۴.

باندهای موجود در تصاویر راداری حساسیت زیادی به رطوبت حجمی سطح خاک دارند (قمیسی و بنیدیکسون^۵، ۲۰۱۴) در نتیجه می‌توان از آن‌ها در شناسایی رطوبت خاک استفاده کرد. در مرحله بعد، میانه تصاویر راداری سنتینل ۱ در بازه زمانی به‌منظور استفاده از باندهای مورد نظر استخراج شد. مأموریت سنتینل ۱ مجموعه کوپرنیکوس^۶ شامل دو ماهواره ایس. یک ای. و ایس. یک بی.^۷ با اختلاف فاز ۱۸۰ درجه نسبت به هم و مجهز به سیستم کهموج فعال در باند سی^۸ است که در سال ۲۰۱۴ برای پایش سطح زمین از سوی اتحادیه اروپا بیان شده است. به‌علت استفاده سیستم فعال کهموج با روزه مصنوعی^{۱۰} حساسیت آن نسبت به شرایط بد جوی و حتی ابرها کم است و قادر به گرفتن تصاویر مستقل از خورشید به عنوان منبع نور است. این سنجنده قابلیت اخذ تصویر به صورت قطبش‌های دوگانه HH، HV، VH و VV را دارد. قدرت تفکیک مکانی پنج تا بیست متر، بازه زمانی برداشت شش‌روزه و پوششی در عرض ۲۵۰ تا ۴۰۰ کیلومتر، از دیگر خصوصیات این سنجنده است.

از مهم‌ترین اهداف این ماهواره می‌توان پایش مناطق یخ‌بسته دریاها و محیط زیست شمالگان و مراقبت از محیط‌های دریایی، پایش مخاطرات سطح زمین، نقشه‌برداری از سطح زمین، جنگل، خاک و آب، پشتیبانی امدادرسانی در مواقع بحران و مخاطرات طبیعی را بیان کرد. دو پارامتر دیگر نیز یعنی پوشش سطح و پوشش گیاهی که در ریزمقیاس گردانی تأثیرگذار، از تصاویر کاربری اراضی سنجنده مادیس استخراج شدند. با ترکیب

1- Ulaby & Batlivala

2- Liu

3- Rodell

4- <https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/GLDAS>

5- Ghamisi & Benediktsson

6- Copernicus Sentinel-1

7- S1A

8- S1B

9- C-Band

10- Synthetic Aperture Radar (SAR)

لایه‌های پیش‌گفته یک لایه آموزشی به‌دست آمد. در نتیجه می‌توان برای رطوبت خاک رابطه غیر خطی‌ای با پارامترهای ذکر شده ایجاد کرد (جنیفیندر^۱ و همکاران، ۲۰۱۶) و با روش طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان^۲ لایه ریزمقیاس‌گردانی شده از لایه با قدرت تفکیک بالا استخراج شد.

روش ماشین بردار پشتیبان طبقه‌بندی‌کننده دودویی غیر پارامتریکی است که پیکسل‌ها در تصویر با هر نمونه آموزشی مقایسه شده و به کلاس‌های پوشش زمین براساس الگوریتم‌های معین تخصیص داده می‌شوند. مبنای کاری دسته‌بندی‌کننده ماشین بردار پشتیبان، دسته‌بندی خطی داده‌ها است و می‌کوشد تا با جستجوی مستقیم برای یافتن مرزهای مناسب (فراصفحه‌های جداکننده^۳)، بین کلاس‌های مختلف آن‌ها را از هم جدا کند. راستای فراصفحه‌ها جایی است که بیشترین فاصله (جدایی) بین دو کلاس وجود دارد. درواقع در تقسیم خطی داده‌ها سعی بر آن است خطی انتخاب شود که حاشیه اطمینان بیشتری داشته باشد. مشخص است که در میان نمونه‌های آموزشی، همواره زیرمجموعه‌ای وجود دارد که بتواند بهترین مرز تصمیم‌گیری را تعریف کند (فودی^۴ و همکاران، ۲۰۰۶).

برای محاسبه مرز تصمیم‌گیری دو کلاس کاملاً جدا از هم، از روش حاشیه بهینه استفاده می‌شود. در این روش، مرز خطی بین دو کلاس به گونه‌ای محاسبه می‌شود که: (۱) تمام نمونه‌های کلاس ۱+ در یک‌طرف مرز و تمام نمونه‌های کلاس ۱- در طرف دیگر مرز واقع شوند. (۲) مرز تصمیم‌گیری به گونه‌ای باشد که فاصله نزدیک‌ترین نمونه‌های آموزشی هر دو کلاس از یکدیگر در راستای عمود بر مرز تصمیم‌گیری تا جایی که ممکن است حداکثر شود (تاریووینگا^۵، ۲۰۰۸). پس از اجرای روش طبقه‌بندی لازم است مدل به دست آمده اعتبارسنجی شود؛ که به منظور ارزیابی کارایی این مدل، از شاخص‌های R^2 و RMSE استفاده شد. RMSE ریشه متوسط مجذور خطاها، توصیف‌کننده متوسط خطاها است (رابطه ۱)؛ اما چون پیش از میانگین‌گیری خطا را به توان می‌رساند، در نتیجه خطاها را وزن‌دهی می‌کند و خطاهای بزرگ وزن بیشتری می‌گیرند.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_i - \hat{Q}_i)^2} \quad \text{رابطه ۱}$$

RMSE: مقادیری از صفر تا بی‌نهایت را دریافت می‌کنند و هرچه مقدار آن‌ها کمتر باشد، بهتر است. یکی دیگر از معیارها R^2 است (رابطه ۲).

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (Q_i - \hat{Q}_i)^2}{\sum Q_i^2 - \frac{\sum \hat{Q}_i^2}{n}} \quad \text{رابطه ۲}$$

R^2 : هرچه به یک نزدیک‌تر باشد مناسب‌تر است (آداموسکی و چان^۶، ۲۰۱۱). در نوشتار پیش رو، ریزمقیاس‌گردانی رطوبت خاک براساس کار پاسولی^۷ و همکاران (۲۰۱۵) و جنیفیندر و همکاران (۲۰۱۶) و در ایجاد یک لایه آموزشی براساس روش طبقه‌بندی ماشین بردار پشتیبان و با تابع‌های موجود در سامانه گوگل‌ارث

- 1- Greifender
- 2- Support vector machines (SVM)
- 3- Separating Hyperplane
- 4- Foody
- 5- Taruvinga
- 6- Adamowski & Chan
- 7- Pasolli

اینجین^۱ طبق نمودار جریانی زیر (شکل ۲) اجرا شد. جهت صحت‌سنجی خروجی از داده‌های میدانی برداشت شده از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان که با استفاده از حس گرهایی که در عمق ۵، ۲۰، ۴۰ و ۱۰ سانتی متری نصب کرده و هر سی دقیقه اطلاعات را از ۳۸ مزرعه نمونه ارسال می کنند اخذ کرده و میانگین داده‌ها به‌عنوان نمونه زمینی برای ارزیابی این روش به کار گرفته شد.

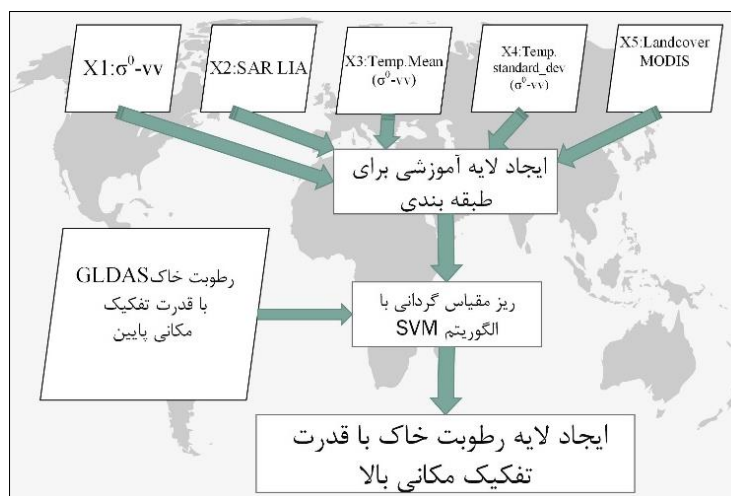
به‌منظور استفاده از کارهای دیگران با استفاده از این لینک^۲ الگوریتم برای کاربران ثبت‌نام‌شده در سامانه گوگل ارث اینجین آورده شده است. با استفاده از تحلیل فضایی در قالب علم زمین‌آمار می‌توان ساختارهای فضایی را شناسایی و برنامه‌ریزی‌های مکانی را انجام داد. فرایند تحلیل فضایی، توصیف چگونگی و استدلال چرایی پراکندگی‌ها را شامل می‌شود (علیجانی، ۱۳۹۴). نتیجه این فرایند، تولید دانش علمی مستند و درنهایت تبیین پراکندگی است (هاوری^۳، ۱۹۶۷). اندازه‌گیری توزیع مکانی داده‌ها این امکان را می‌دهد که تغییرات توزیع فضایی در راستای مؤلفه‌های مکان؛ یعنی طول، عرض و ارتفاع بررسی و مقایسه شود. برای محاسبه شاخص‌های مکانی گرانی‌گاه (مرکز میانگین، بیضوی انحراف استاندارد) از روش‌های مختصات طولی (x_c) عرضی (y_c) آن‌ها براساس رابطه‌های ۳ و ۴ استفاده شد:

$$X_C = \frac{\sum_{i=1}^n T_i x_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad \text{رابطه ۳}$$

$$Y_C = \frac{\sum_{i=1}^n T_i y_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad \text{رابطه ۴}$$

در اینجا x_i و y_i : مختصات عارضه i و $\{X, Y\}$: به‌ترتیب میانگین مرکزی عوارض و n : برابر با تعداد کل عوارض در لایه مورد تحلیل است.

برای به‌دست‌آوردن الگوی مکانی رطوبت خاک و اینکه آیا رطوبت خوشه‌ای است یا نه، روش‌های مختلفی وجود دارد. با توجه به قانون جغرافیایی اصل نزدیکی - همانندی آزمون خودهمبستگی فضایی رویدادها و پدیده‌های آب‌وهوایی می‌تواند اطلاعات ارزشمندی دربر داشته باشد (عساکره و سیفی‌پور، ۱۳۹۱)؛ برای مثال، رابطه فضایی معنی‌دار بیانگر ارتباط همسایگی معنی‌دار بین نواحی مجاور است. شناسایی این روابط می‌تواند در تشخیص مرزهای آب‌وهوایی و نیز تعیین اثر عوامل مکانی بر رفتار پدیده‌ها مهم باشد.



شکل ۲. مراحل استخراج لایه رطوبت ریزمقیاس گردانی شده

1- Google Earthengine

2- <https://code.earthengine.google.com/7d1b2fa43d046dcfe61dc53d45681396>

3- Harve

بررسی الگوی پراکندگی خوشه‌ای بودن مکانی رویدادها، در برابر «فرض مقابل» یعنی تصادفی بودن است (هانینگ^۱، ۲۰۰۴). نمایه مورن از شاخص‌های برآورد تجمع مکانی پدیده‌ها است که با استفاده از رابطه ۵ قابل برآورد است (دای^۲ و همکاران، ۲۰۱۰).

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \right) \sum_{i=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{رابطه ۵}$$

در این رابطه، n : تعداد پدیده‌ها، x_i : اندازه مشاهده شده روی مکان پدیده i ام، $\bar{x}$: میانگین x_i هاست، w_{ij} : اندازه وزن متعلق به i و j است و z براساس مجاورت برآورد شده و نشان‌دهنده میزان وابستگی فضایی است. مجموع وزن‌ها در ماتریس وزن‌های $\{w_{ij}\}$ گویای اندازه مجموعه روابط فضایی مفروض بین نواحی است (هانینگ، ۲۰۰۴) که به روش‌های مختلفی قابل محاسبه‌اند.

یکی از راه‌ها، به کارگیری وزن‌هایی با ارزش صفر و یک (دودویی) است. در این حالت، اگر نواحی i و j هم‌مرز باشند، $w_{ij} = 0$ خواهد بود. آماره مورن کلی مانند ضریب خودهمبستگی بین $+1$ و -1 بوده تفسیر مشابهی دارد. مقادیر نزدیک به $+1$ گویای الگوی مکانی قوی است. مقادیر نزدیک به -1 گواهی بر خودهمبستگی مکانی منفی بوده، گویای این است که مقادیر بارزش بالا، نزدیک مقادیر بارزش کم هستند (وضعیت نادر) و درنهایت، مقدار نزدیک صفر، عدم الگوی مکانی (تصادفی مکانی) را گواهی می‌دهد؛ بنابراین، اگر مقادیر آماره برای دونقطه مجاور مثبت یا منفی باشد، به معنی این است که مقادیر دو نقطه پیش‌گفته بالاتر از میانگین باشد، همبستگی مکانی منفی است (گیل^۳ و همکاران، ۲۰۰۷)؛ سپس نمره Z ، در یک سطح اطمینان دلخواه ارزیابی می‌شود. برای مثال در سطح اطمینان ۹۵٪ اگر قدر مطلق نمره Z مشاهده شده (Z_i)، بزرگ‌تر از نمره Z بحرانی ($\pm 1/96$) باشد؛ فرض صفر در سطح اطمینان مذکور رد شده و معنی‌داری روابط قابل استنباط خواهد بود (عساکره و شادمان، ۱۳۹۴). برای شناسایی بزرگی مقادیر الگوهای فضایی، آماره جی. استار (G^*) استفاده می‌شود که از مجموع ارزش‌های موزون مکانی پدیده‌ها در فاصله مشخص (d) از یاخته i ام نسبت به مجموع ارزش‌های تمامی مکان پدیده‌ها محاسبه می‌شود. امتیاز محاسبه شده نشان می‌دهد که در کجای داده‌ها مقادیر زیاد و کم خوشه‌بندی شده‌اند (فیشر و منفرد^۴، ۲۰۰۶). این شاخص با استفاده از رابطه ۶ محاسبه می‌شود:

$$Z_i(d) = \frac{G_i(d) - E(G_i^*(d))}{\sqrt{\text{var}(G_i^*(d))}} = \frac{\sum_j w_{ij}(d) x_{j-w_{i\bar{x}}}}{\sqrt{\frac{w_i^*(n-w_i^*)}{n-1}}} \quad \text{رابطه ۶}$$

که در رابطه بالا داریم: $w_i^* = \sum_{j=1}^N w_{ij}(d)$ و $S^2 = \sum_{j=1}^N \frac{x_j^2}{n - \bar{x}^2}$

نتایج

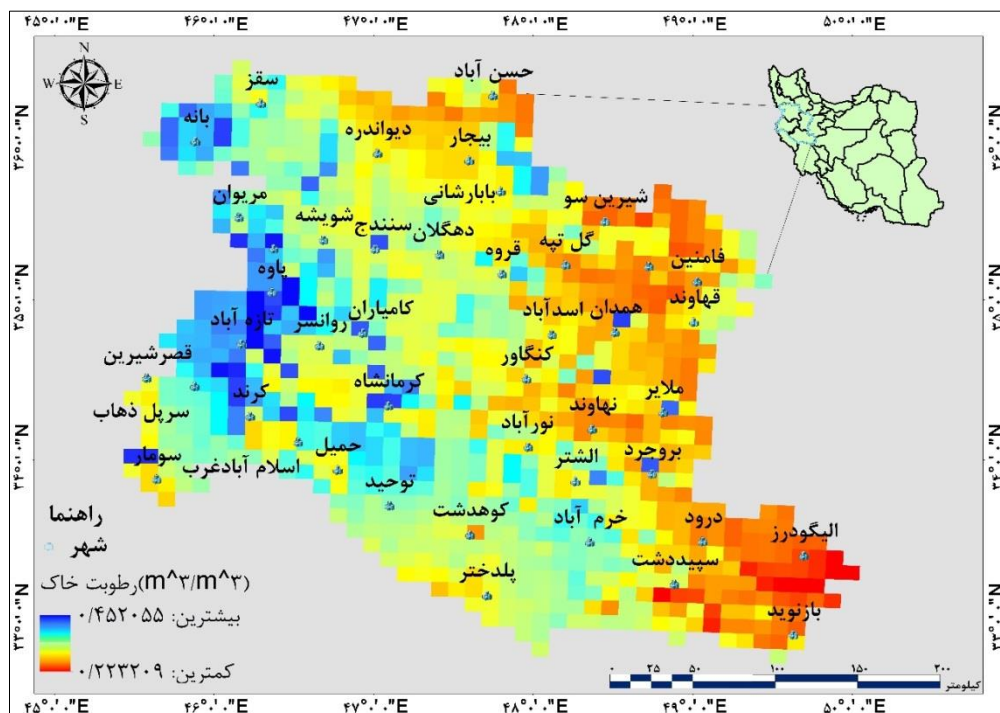
نقشه رطوبت خاک سامانه جهانی ادغام داده‌های زمین برای محدوده مورد مطالعه بین ۰/۲۲ تا ۰/۴۵ مترمکعب بر مترمکعب که واحدی عمومی برای نشان دادن رطوبت خاک است را نشان داد. اختلاف بین بیشترین و کمترین مقدار رطوبت در محدوده مورد مطالعه تقریباً دوبرابر است (شکل ۳) که بیشترین مقدار مربوط به غرب و کمترین مقدار جنوب شرق محدوده مورد مطالعه؛ یعنی به طرف مرکز کشور رطوبت خاک کمتر می‌شود.

1- Haining

2- Dai

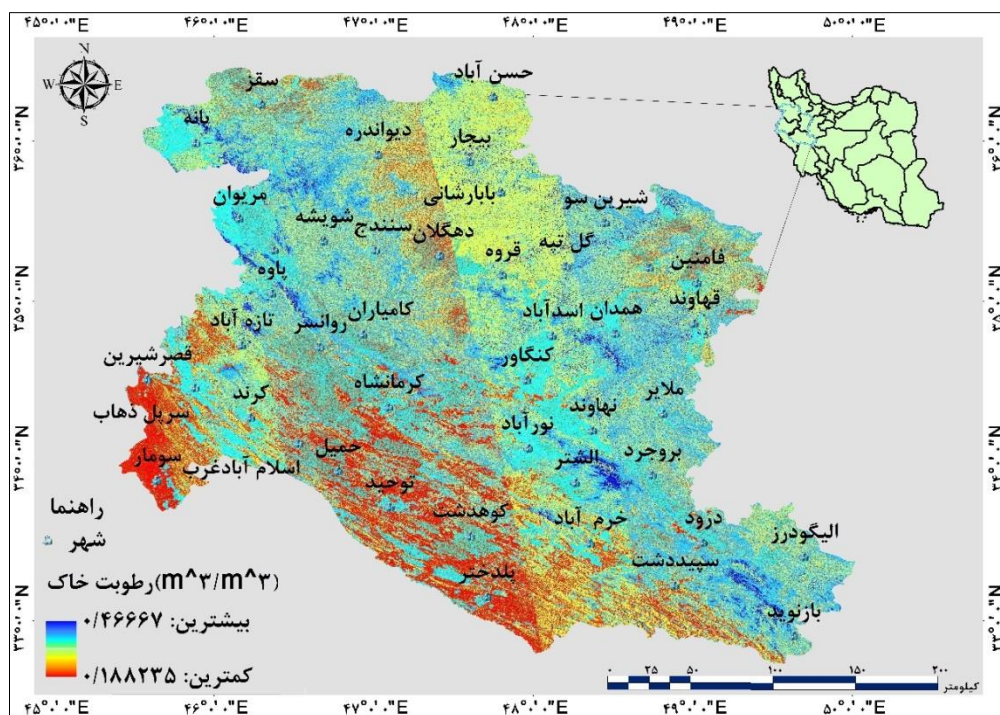
3- Gail

4- Fischer and Manfred

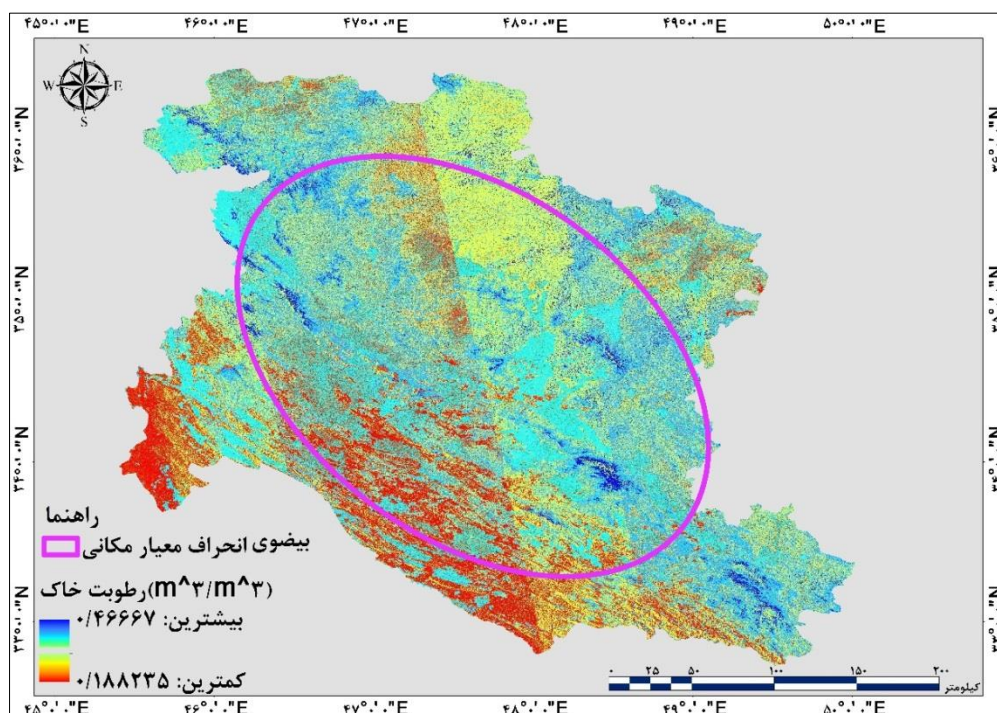


شکل ۳. پراکندگی رطوبت خاک شبیه‌سازی شده سامانه جهانی ادغام داده‌های زمین

پس از اجرای الگوریتم پیاده سازی شده در سامانه گوگل ارث انجین لایه رطوبت خاک با قدرت تفکیک مکانی بالا (شکل ۴) بین ۰/۲۲ تا ۰/۴۵ مترمکعب بر مترمکعب به دست آمد که هم کمترین پیکسل نقشه ای عدد پایین ترین و هم بزرگ ترین پیکسل، مقدار بیشترین را به خود اختصاص دادند که نشان دهنده این واقعیت است که نقشه‌های رطوبت در سامانه جهانی ادغام داده‌های زمین میانگین گیری از چندین پیکسل در محدوده‌های مطالعاتی را ارائه می‌دهند و برای کارهای در مقیاس مزرعه نمی‌تواند به کار گرفته شود.



شکل ۴. پراکندگی رطوبت خاک ریزمقیاس گردانی شده



شکل ۵. بیضوی انحراف معیار رطوبت خاک غرب کشور

با مقایسه پیکسل‌های لایه قدرت تفکیک بالا با داده‌های واقعی جذر مربع خطا و ضریب همبستگی به‌ترتیب ۰/۱۶۴۱ و ۰/۵۰۱۲ به‌دست آمد. انحراف معیار مکانی، فاصله مکانی حجم رطوبت هر پیکسل نسبت به مرکز جرمی رطوبت (شکل ۵) راستای شمال غرب به جنوب شرق را نشان داد. مقدار شاخص ۰/۳۹۷۸۳ موران مکانی با پی‌لیو^۱ ۰/۰۰۰ محاسبه شد (جدول ۱). با در نظر گرفتن مقادیر هر پیکسل و شاخص‌های جدول ۱ نشان داده شد که پراکندگی رطوبت در غرب کشور، الگوی خوشه‌ای دارد. آماره جی‌گیتس^۲ محاسبه‌شده (شکل ۶) نشان داد که لکه‌های داغ^۳ (خوشه‌بندی رطوبت شدید) در همان راستای بیضوی مکانی؛ یعنی شمال غرب به جنوب شرق قرار گرفته و لکه‌های سرد (خوشه‌بندی رطوبت کم) بیشتر در جنوب غرب محدوده مورد مطالعه قرار گرفته است. در شکل ۶ محدوده‌های قرمز رنگ به‌معنای تمرکز بیشتر رطوبت در آن مکان است. تقاطع خوشه‌بندی شدید با لایه ارتفاع (جدول ۲) نشان می‌دهد که خوشه‌بندی‌های شدید بیشتر در ارتفاع ۲۰۰۰ متر به بالا قرار گرفته است و خوشه‌بندی کمی در ارتفاعات پایین محدوده مورد مطالعه وجود دارد. تقاطع نقاط داغ با لایه خاک (جدول ۳) نیز نشان داد بیشترین درصد نقاط داغ در خاک‌های با رده ورتی سول که به‌دلیل درصد زیاد رس نگهداشت آب در آن‌ها زیاد است قرار دارد.

جدول ۱. خلاصه آماره کلی موران محاسبه‌شده

شاخص موران	شاخص مورد انتظار	واریانس	Z-score	P-value
۰/۳۹۷۸۳	--/۰۰۰۰۱۴	۰/۰۰۰۰۳	۱۲۴/۸۲	۰/۰۰۰

جدول ۲. توزیع آماری نقاط داغ (خوشه‌های رطوبت بالا) با توجه به عامل ارتفاع

طبقه ارتفاعی	۹۹-۱۱۱۵ متر	۱۱۱۵-۱۶۷۹ متر	۱۶۷۹-۲۱۴۴ متر	۲۱۴۴-۴۰۶۹ متر
مساحت	۱۳۸۱۰۰۶۲۵/۵	۵۶۲۷۹۱۱۹/۸	۴۸۶۸۴۴۰۷۲۸	۶۶۹۴۶۸۴۳۹۱
درصد	۱/۴۸۰۵۹	۱/۷۳۶۱۱۳۰۵۴	۱۰/۱۹۶۸۷۸۶۲	۵۱/۱۰۴۶۶۹۶۶

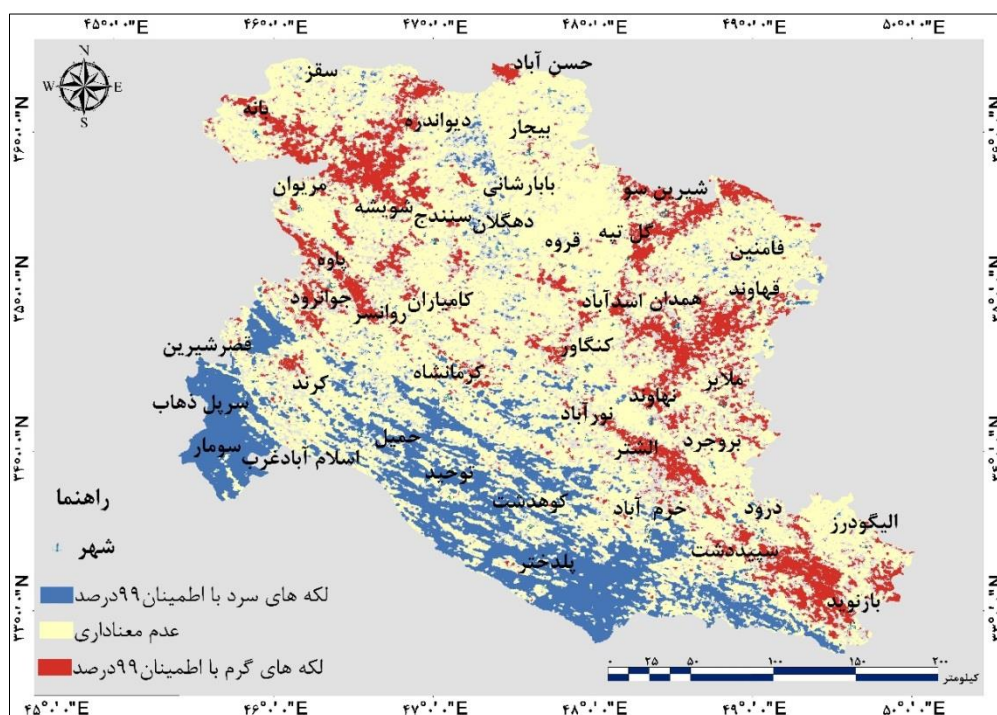
1- p-value

2- Gi Getis

3- Hot Spot

جدول ۳. توزیع آماری نقاط داغ (خوشه‌های رطوبت بالا) با توجه به عامل ردهٔ خاک

ردیف	رده/ نوع خاک	مساحت	درصد
۱	هزار دره (به‌شدت فرسایشی)	۴۵۰۰۰۰	۰/۰۱۵۴۷۴۱۹۶
۲	ورتی سول	۸۴۱۱۰۰۶۲۴۴	۲۳/۰۹۹۲۹۵۰۵
۳	ان سیتی سول/رخ‌نمون سنگی	۱۰۲۰۶۵۴۱۲۲	۴/۶۰۱۵۳۰۴۷۵
۴	عوارض و زمین‌های آبی	۱۶۶۴۱۴۹/۳۳	۱۸/۱۶۹۱۶۴۸۷
۵	آزیدی سول	۲۰۹۴۳۵۹۲/۷۲	۴/۳۰۹۲۷۶۲۸۷
۶	انتی سول/ان. سیتی سول	۲۱۱۷۹۱۷۹۰/۷	۳/۹۵۶۲۲۸۴۳۶
۷	ان سیتی سول	۲۴۹۷۳۳۳۹۱۸	۸/۹۱۵۵۲۴۶۹۴
۸	ان سیتی سول/ورتی سول	۷۳۱۸۰۰۲۹/۶۶	۱/۰۳۶۵۶۹۸۸۹۸



شکل ۶. پراکندگی خوشه‌های مقادیر بالا و کم

بحث

پایش و تحلیل مکانی رطوبت خاک می‌تواند یکی از بررسی‌های مهم به‌منظور برنامه‌ریزی‌های محیطی باشد. گرچه داده‌های رطوبت سطحی خاک مربوط به سامانهٔ شبیه‌سازی‌شدهٔ سیستم جهانی ادغام داده‌های زمین از سال ۱۹۵۴ در دسترس هستند؛ اما قدرت تفکیک مکانی این داده‌ها پایین است؛ از دیگر سو قدرت تفکیک مکانی سنجنده‌های ماهواره‌ای و نبود ایستگاه‌های شبکه‌ای با پراکندگی مناسب، باعث ایجاد محدودیت‌های چنین داده‌هایی در مسائل هیدرولوژیکی و کشاورزی شده است. در نوشتار پیش رو با استفاده تصاویر ماهواره‌ای راداری سنتینل ۱، با قدرت تفکیک بالا و روش نوین و بهره‌بردن از الگوریتم‌ها و داده‌های بالارزش موجود در سامانهٔ گوگل‌ارت اینجین رطوبت سطحی خاک ریزمقیاس‌گردانی‌شده و نقشهٔ رطوبت خاک با قدرت تفکیک بالا استخراج و سپس تحلیل مکانی شد. رطوبت حجمی سطح خاک در محدودهٔ مورد مطالعه بین ۰/۱۸ تا ۰/۴۶ برآورد شد که کمترین مقادیر در سمت غرب محدودهٔ مورد مطالعه، یعنی جایی است که بیشتر سامانه‌های بارشی از آن سمت وارد کشور می‌شوند و می‌تواند نشان‌دهندهٔ نقش بیشتر عناصر آب‌وهوایی در رطوبت خاک محدودهٔ مورد مطالعه

باشد.

توزیع متفاوت مکانی عناصر اقلیمی و متغیرهای محیطی باعث تفاوت مکانی رطوبت خاک شده است و با توجه به ضریب همبستگی $R^2 = 0/5012$ با داده‌های میدانی می‌توان نتیجه گرفت که اطلاعات موجود در تصاویر راداری به رطوبت حجمی خاک حساس هستند؛ البته باند حرارتی نیز در برآورد رطوبت خاک بسیار مهم است که سنجنده سنتیل ۱ فاقد این باند است؛ اگر سنجنده دیگری با قدرت تفکیک مکانی شبیه سنتیل هم‌زمان یا با زمانی نزدیک، برداشتی انجام داده باشد؛ می‌توان در بهتر کردن الگوریتم از آن استفاده کرد. سیگنال‌های راداری فعال گرچه توانایی نفوذ به سطح رادارند؛ اما نسبت به شرایط زیری سطح و زیست‌توده بسیار حساس هستند، به‌خصوص برای انواع پوشش اراضی ناهمگن زمین که باعث ایجاد پیچیدگی‌هایی برای بازیابی اطلاعات قابل اطمینان از رطوبت خاک است (هورناک^۱ و همکاران، ۲۰۱۲)؛ افزون بر این، رادارهای با حس گر روزنه مصنوعی فقط می‌توانند در چند سانتی‌متر از سطح خاک (۵ تا ۴۰ سانتی‌متر) نفوذ می‌کنند و ارزش آن‌ها را برای برنامه‌های کاربردی کشاورزی (برای مثال، منطقه ریشه‌ای) محدود است. توزیع‌های جغرافیایی می‌توانند مقایسه برخی ویژگی‌های مکانی رطوبت خاک را مشخص کنند. در دست داشتن جهت انتشار رطوبت می‌تواند گام مهمی در مدیریت منابع باشد.

بیضوی انحراف استاندارد که دربرگیرنده ۹۵٪ پراکندگی رطوبت سطحی خاک است جهت شمال غربی به جنوب شرقی را نشان داد. آرایش مکانی ناهمواری‌ها در غرب ایران باعث انحراف جریان بارش‌ها می‌شود. رطوبت خاک غرب ایران نیز به تبعیت جهت جریان‌ها در راستای ناهمواری‌ها گسترش یافته است. برای اینکه بدانیم پراکنش مکانی رطوبت با در نظر گرفتن مقادیر خصیصه مورد نظر، الگوی خوشه‌ای یا پراکنده دارد، آماره موران خودهمبستگی مکانی بررسی شد. مقدار $0/3978$ شاخص موران و پی. ویو $0/000$ فرض صفر مبنی بر اینکه هیچ گونه خودهمبستگی فضایی بین مقادیر مرتبط با مکان وجود ندارد در سطح معنی‌داری ۹۹٪ رد شده و وجود خودهمبستگی مکانی رطوبت خاک در غرب کشور پذیرفته می‌شود. نقشه لکه‌های داغ نیز نشان داد رطوبت سطحی خاک به صورت هسته‌ای در راستای شمال غرب و به جنوب شرق و بیشتر ارتفاعات بالای ۲۰۰۰ متر است؛ سپس با استفاده از تحلیل لکه‌های داغ کجای داده‌ها مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده شناسایی شد. این ابزار در حقیقت به هر عارضه در چارچوب عوارضی که در همسایگی‌اش قرار دارند، توجه می‌کند.

آماره جی. گیتس که برای مکان هر پیکسل محاسبه شده است؛ به نوعی امتیاز Z است، برای امتیاز Z مثبت و معنی‌دار از نظر آماری، هرچه امتیاز Z بالاتر باشد، به میزان زیادی رطوبت خوشه‌بندی شده و لکه داغ تشکیل می‌شود؛ همان گونه که در نقشه ۶ مشخص است، رطوبت به شدت الگوی خوشه‌بندی پیدا کرده است و به سمت شرق محدوده مقادیر کم خوشه‌بندی شده است. روابط همسایگی در کوهپایه بیشتر از مناطق پست خود را نمایان کرده‌اند. هسته‌های بیشینه به شکل سه کانون جداگانه در شمال شهر مریوان، اطراف توپسرکان و جنوب شهرستان درود قرار گرفته است. شکل‌گیری خوشه‌ها از جهت ناهمواری‌های محدوده مورد مطالعه پیروی می‌کند که احتمالاً بر اثر عملکرد هم‌زمان تأثیر ناهمواری و سامانه‌های سینوپتیک ورودی به کشور از غرب باشد؛ همچنین برفاب ناشی از انبارش برف ارتفاعات و ذوب آن‌ها در فصل گرم، باعث افزایش رطوبت خاک در پایین دست می‌شود. لایه خوشه‌بندی رطوبت نیز با لایه خاک تقاطع داده شد که بیشترین درصد با مقدار ۲۳٪ خوشه‌بندی خاک در خاک‌های با رده ورتی سول‌ها بود. این نوع خاک‌ها، رس انبساط‌پذیر دارند. نوع غالب رس آن‌ها مونت موریالینت است که جذب آب را در آن‌ها زیاد کرده است (موری کرفت^۲ و همکاران، ۱۹۸۸).

1- Hornacek

2- Morecroft

با وجودی که سامانه‌های بارشی از سمت غرب و جنوب وارد کشور می‌شوند، ولی کانون‌های داغ رطوبت خاک بیشتر به سمت شرق محدوده مورد مطالعه گسترده شده که هم می‌تواند نشان‌دهنده نقش ناهمواری‌ها و هم نقش ظرفیت نوع خاک برای نگهداشت رطوبت خاک باشد. با توجه به مقدار خطای $0/1641$ محاسبه شده که میزان خطای کمی است، می‌توان گفت استفاده هم‌زمان داده‌های شبیه‌سازی شده سیستم جهانی ادغام داده‌های زمین و تصاویر راداری با الگوریتم پیاده‌سازی شده در پژوهش حاضر می‌تواند نتایج قابل قبولی به منظور شناسایی پراکندگی رطوبت خاک ارائه کند.

نتیجه‌گیری

با توجه به اسکن کامل کره زمین در هر شش روز، قدرت تفکیک مکانی و قدرت تفکیک رادیومتریک 2^{16} بیتی تصاویر تداخل‌سنجی ماهواره سنتینل ۱، پتانسیل بالایی برای نظارت جهانی بر رطوبت سطح خاک ایجاد شده است. با استفاده از داده‌های راداری این ماهواره، رطوبت سطح خاک در غرب ایران ریزمقیاس گردانی و نقشه‌ای با قدرت تفکیک بالا استخراج شد. نتایج نوشتار پیش رو با توجه به ضریب همبستگی $0/5012$ با داده‌های واقعی و قدرت تفکیک مکانی بالا نقشه خروجی کارایی استفاده از باندهای مختلف تصاویر راداری در برآورد رطوبت سطح را نشان داد. توزیع مکانی رطوبت با بیضوی انحراف استاندارد راستای جهت شمال غرب به جنوب شرق را منطبق بر جهت ناهمواری و آرایش مکانی زاگرس نشان داد که می‌تواند تبیین کننده نقش ناهمواری در میزان زیاد بارش غرب کشور باشد. الگوی فضایی نیز رطوبت سطحی خاک با شاخص موران خوشه‌ای بودن پراکندگی رطوبت و تصادفی نبودن آن را نشان داد. بررسی مزایا و معایب روش ریزمقیاس گردانی با سنجنده‌های مختلف و اعتبارسنجی آن‌ها با القوه یک پرسش باز است؛ همچنین در کارهای آینده برای افزایش دقت نقشه رطوبت مستخرج از الگوریتم پیاده‌سازی شده در پژوهش حاضر برای استخراج شاخص‌های پوشش گیاهی می‌توان از باندهای مادون قرمز و افزایش اطلاعات داده‌های آموزشی به الگوریتم استفاده کرد؛ همچنین برای اطمینان از ارتباط باندهای تصاویر سنتینل و رطوبت خاک ضروری است تعداد نمونه‌های زمینی با بازه زمانی متفاوت برداشت و دقت خروجی با آن‌ها مقایسه شود؛ همچنین نتایج این مطالعه تأیید می‌کند که الگوریتم مورد استفاده در جستار پیش رو می‌تواند به طور مؤثری منجر به استخراج لایه رطوبت سطحی خاک با وضوح بالاتر را به دست آورد. از نتایج پژوهش و خروجی‌های آن می‌توان در مطالعات محیطی و همچنین کارهای کاربردی از جمله شناسایی کانون‌های رطوبت خاک با ظرفیت بالا در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی برای تخصیص منابع و امکانات استفاده کرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله پژوهشگران نوشتار پیش رو نهایت تشکر و سپاسگزاری را از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کردستان به‌ویژه دکتر ابراهیم روحی، معاون پژوهشی مرکز اعلام می‌نمایند که بدون دراختیار قراردادن نمونه‌های برداشتی آن‌ها، انجام این پژوهش میسر نبود.

منابع

- ابریقام، محمدرضا (۱۳۸۹). تحلیل سینوپتیک توده‌های هوای ورودی به غرب ایران در سال ۱۳۸۴-۱۳۸۳. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آب‌وهواشناسی، دانشگاه رازی کرمانشاه.
- باباییان، ابراهیم؛ همایی، مهدی؛ نوروزی، علی‌اکبر (۱۳۹۲). برآورد رطوبت خاک سطحی با استفاده از تصاویر رادار ENVISAT/ASAR. پژوهش آب در کشاورزی، ۲۷ (۴)، ۶۱۱-۶۲۲.
- خانمحمدی، فاطمه؛ همایی، مهدی؛ نوروزی، علی‌اکبر (۱۳۹۳). برآورد رطوبت خاک به کمک شاخص‌های پوشش گیاهی و

- دمای سطح خاک و شاخص نرمال شده رطوبت با استفاده از تصاویر MODIS. *حفاظت منابع آب و خاک*، ۴ (۲)، ۳۷-۴۵.
- رنجبر، صادق؛ آخوندزاده هنزائی، مهدی (۱۳۹۸). برآورد رطوبت سطح خاک با استفاده از روش های رگرسیون بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی. *مهندسی فناوری اطلاعات مکانی*، ۷ (۴)، ۲۱۵-۲۳۲.
- عساکره، حسین؛ سیفی پور، زهره (۱۳۹۱). مدل سازی مکانی بارش سالانه ایران. *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، ۱۰ (۲۹)، ۱۵-۳۰.
- عساکره، حسین؛ شادمان، حسن (۱۳۹۴). شناسایی روابط فضایی روزهای گرم فراگیر در ایران زمین. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۳۰ (۱)، ۵۳-۶۹.
- علیجانی، بهلول (۱۳۸۱). *اقلیم شناسی سینوپتیک*. تهران: سمت.
- علیجانی، بهلول (۱۳۹۴). تحلیل فضایی. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۲ (۳)، ۱-۱۴.
- کوهبنانی، حمیدرضا؛ یزدانی، محمدرضا (۱۳۹۷). پهنه بندی رطوبت خاک سطحی با استفاده از تصاویر لندست ۸ مطالعه موردی حومه شهر سمنان. *جغرافیا و پایداری محیط*، ۸ (۲۸)، ۶۵-۷۷.
- گنجی، محمدحسن (۱۳۸۲). تقسیمات اقلیمی ایران. *بولتن مرکز ملی اقلیم شناسی*، ۳ (۱)، ۴۱.
- مجرد، فیروز؛ معصوم پور، جعفر (۱۳۹۲). برآورد حداکثر بارش محتمل به روش سینوپتیک در استان کرمانشاه. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۴ (۱۳)، ۱-۱۴.
- میری، مرتضی؛ عزیزی، قاسم؛ محمدی، حسین؛ پورهاشمی، مهدی (۱۳۹۶). معرفی و ارزیابی مدل جهانی همسان سازی داده های زمینی با داده های مشاهده ای در ایران. *سپهر*، ۲۶ (۱۰۴)، ۵-۱۷.

References

- Abrifam, M. R. (20110). *The Synoptic Analysis of Entranced Air Masses to the West of Iran (2004-2005)*, Supervisor: Gholamreza Barati. Master of Science in Climatology, Razi University of Kermanshah. (In Persian)
- Adamowski, J. & Chan, H. F. (2011). A wavelet neural network conjunction model for groundwater level forecasting. *Journal of Hydrology*, 407 (1-4), 28-40.
- Alijani, B. (2012). *Synoptic climatology*. Tehran: Samt Publications. (In Persian)
- Alijani, B. (2015). Spatial Analysis. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 2 (3), 1-14. (In Persian)
- Askareh, H. & Seifipour, Z. (2012). Spatial modeling of annual rainfall in Iran. *Geography and Development Quarterly*, 10 (29), 15-30. (In Persian)
- Askareh, H. & Shadman, H. (2015). Identifying the Spatial Relationships of Warm Days in Iran. *Quarterly Journal of Geographical Research*, 30 (1), 53-69. (In Persian)
- Babaeian, E., Homaei, M. & Norouzi, A. (2013). Estimation of surface soil moisture using ENVISAT / ASAR radar images. *Water Research in Agriculture*, 27 (4), 622-611. (In Persian)
- Bai, J., Cui, Q., Zhang, W. & Meng, L. (2019). An Approach for Downscaling SMAP Soil Moisture by Combining Sentinel-1 SAR and MODIS Data. *Remote Sensing*, 11, 1-20.
- Chul Jung, H., Kang, D., Kim, E., Getirana, A., Yoon, Y., Kumar, S., Peters-lidard, C. & Hwang, E. (2020). Towards a Soil Moisture Drought Monitoring System for South Korea. *Journal of Hydrology*, 125176.
- Dai, X., Guo, Z. & Zhang, L. D. (2010). Spatio-temporal exploratory analysis of urban surface temperature field in Shanghai. *Environ Res Risk Assess*, 24, 247-257.
- Falloon, P., Bebbler, D., Bryant, J., Bushell, M., Challinor, A. J., Dessai, S. & Koehler, K. (2015). Using climate information to support crop breeding decisions and adaptation in agriculture. *World Agriculture*, 5 (1), 25-43.
- Fischer. M. & Manfred. M. (2006). *Spatial Analysis and Geocomputation*. Germany: Springer.
- Footy, G. M., Mathur, A., Sanchez-Hernandez, C. & Boyd, D. (2006). Training set size requirements for the classification of a specific class. *Remote Sensing of Environment*, 104 (1), 1-14.

- Gail, M., Krickeberg, K., Samet, J., Tsiatis, A. & Wong, W. (2007). Statistics for Biology and Health. USA: Springer.
- Ganji, M. H. (2003). Climatic faults of Iran. *Bulletin of the National Center for Climatology*, 3 (1), 41. (In Persian)
- Ghamisi, P. & Benediktsson, A. (2014). Feature selection based on hybridization of genetic algorithm and particle swarm optimization. *Geoscience and remote sensing letters*, 12(2):309-313.
- Greifeneder, F., Khamala, E., Sendabo, D., Wagner, W., Zebisch, M., Farah, H. & Notarnicola, C. (2019). Detection of soil moisture anomalies based on Sentinel-1, *Physics and Chemistry of the Earth*, 112, 75-82.
- Greifeneder, F., Notarnicola, C. & Wagner, W. (2016). Using machine learning and SAR data for the upscaling of large scale modelled soil moisture in the Alps, in *11th European Conference on Synthetic Aperture Radar*, 1108-1111.
- Haining, R. (2004). Spatial Data Analysis: Theory and Practice. UK: Cambridge University Press.
- Hornacek, M., Wagner, W., Sabel, D., Truong, H., Snoei, P., Hahmann, T., Diedrich, E. & Doubkova, M. (2012). Potential for High Resolution Systematic Global Surface Soil Moisture Retrieval via Change Detection Using Sentinel-1, *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 5 (4), 1303-1311.
- Khanmohammadi, F., Homae, M. & Noroozi, A. (2015). Soil moisture estimating with NDVI and land surface temperature and normalized moisture index using MODIS images. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 4 (2), 37-45. (In Persian)
- Koohbanani, H. & Yazdani, M. (2018). Mapping the Moisture of Surface Soil Using Landsat 8 Imagery (Case study: Suburb of Semnan City). *Geography and Sustainability of Environment*, 8 (3), 65-77. (In Persian)
- Liu, Y. Y., McCabe, M. F., Evans, J. P., Van Dijk, A. I., de Jeu, A. M. & Su, H. (2009). Comparison of soil moisture in GLDAS model simulations and satellite observations over the Murray Darling Basin, *Newham (Eds.) 18th World IMACS Congress and MODSIM09 International Congress on Modelling and Simulation*, 2798-2804.
- Mekonnen, D. F. (2009). Satellite remote sensing for soil moisture estimation: Gumara catchment. *Ethiopia Satellite remote sensing for soil moisture estimation: Gumara catchment, Ethiopia*. Thesis of Geo-information Science and Earth Observation, Specialisation: (Integrated Watershed Modelling and Management). *WREM Department of ITC the Netherlands*.
- Miri, M., Azizi, Q., Mohammadi, H. & Pourhashemi, M. (2016). Introduction and evaluation of the global model of matching ground data with observational data in Iran. *Sepehr*, 26 (104), 5-17. (In Persian)
- Mojarad, F. & Masoompour, J. (2013). Estimation of maximum probable precipitation by synoptic method in Kermanshah province. *Geographical studies of arid regions*, 4 (13), 1-14. (In Persian)
- Morbidelli, R., Saltalippi, C., Flammini, A., Corradini, C., Brocca, L. & Govindaraju, R. S. (2016). An investigation of the effects of spatial heterogeneity of initial soil moisture content on surface runoff simulation at a small watershed scale. *Hydrology*, 539, 589-598.
- Morecroft, M. D., Taylor, M. E. & Oliver, H. R. (1998). Air and soil microclimates of deciduous woodland compared to an open site. *Agricultural and Forest Meteorology*, 90, 141-156.
- Pasolli, L., Notarnicola, C., Bertoldi, G., Bruzzone, L., Remelgado, R., Greifeneder, F., Niedrist, G., Della, S. & Chiesa, U. (2015). Tappeiner, and M. Zebisch, Estimation of Soil Moisture in Mountain Areas Using SVR Technique Applied to Multiscale Active Radar Images at C-Band, *Earth Obs Remote Sens*, 8, 1, 262-283.
- Ranjbar, S. & Akhundzadeh Hanzaei, M. (2018). Estimation of soil surface moisture using support vector regression methods and artificial neural network. *Journal of Spatial Information Technology Engineering*, 7 (4), 215-232. (In Persian)
- Rodell, M., Houser, P. R., Jambor, U., Gottschalck, J., Mitchell, K., Meng, C. J., Arsenault, K., Cosgrove, B., Radakovich, J., Bosilovich, M., Entin, J. K., Walker, J. P., Lohmann, D. &

- Toll, D. (2004). The Global Land Data Assimilation System. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85(3), 381-394.
- Tabatabaeenejad, A., Burgin, M., Duan, X. & Moghaddam, M. (2014). P-band radar retrieval of subsurface soil moisture profile as a second-order polynomial: First AirMOSS results. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 53(2), 645-658.
- Taruvunga, K. (2008). Gully mapping using Remote Sensing: Case Study in KwaZulu-Natal, South Africa. M.Sc. Ontario Canada, University of Waterloo.
- Tu, L. (2019). Downscaling SMAP Soil Moisture Data Using MODIS Data. Faculty of the Louisiana State University Department of Geography and Anthropology.
- Ulaby, S. & Batlivala, P. (1978). Microwave Backscatter Dependence on Surface Roughness Soil Moisture and Soil Texture: Part 1I-Bare Soil. *Geosci. Electron*, 16 (4), 286-295.
- Vereecken, H., Huisman, J. A., Pachepsky, Y., Montzka, C., Van Der Kruk, J., Bogen, H. & Vanderborght, J. (2014). On the spatio-temporal dynamics of soil moisture at the field scale. *Journal of Hydrology*, 516, 76-96.
- Xu, G., Zhang, Y., Sun, J. & Shao, H. (2016). Negative interactive effects between biochar and phosphorus fertilization on phosphorus availability and plant yield in saline sodic soil. *Sci Total Environ*, 568, 910-915.
- Yoshioka, M., Takakura, S., Ishizawa, T. & Sakai, N. (2015). Temporal changes of soil temperature with soil water content in an embankment slope during controlled artificial rainfall experiments. *Journal of Applied Geophysics*, 114, 134-145.



Restoring the Quality of Spatial Identity Applying Cinema

Hadis Loghmani¹, Iraj Etesam^{2*}, Hossein Zabihi¹

¹ Department of Urban Planning, Faculty of Art and Architecture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 4 February 2020

Accepted 28 November 2020

Available online 5 December 2020

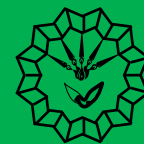
Keywords:

Urban Space Quality, Public Areas, Cinema, Mental Image.

Citation: Loghmani, H., Etesam, I., Zabihi, H. (2020). Restoring the Quality of Spatial Identity Applying Cinema. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (3), 51-69.
doi: [10.22126/GES.2020.4966.2186](https://doi.org/10.22126/GES.2020.4966.2186)

ABSTRACT

One of the most important criteria to evaluate urban spaces is its quality. The existence of these criteria has been proposed to perceive and receive space, the presence of citizens and the transmission of concepts such as identity, vitality, dynamism, memory. Representing the quality of space in mass media such as cinema helps to improve the quality of the human-space relationship and the continuity of features that may change over time. Therefore, according to the research issue, cinema can both complement urban knowledge and, as a valid document, help the audience understand space and urban issues, confirming or denying the characteristics of space. Thus, it has a powerful effect on the viewer and emotions. The purpose of this research is how to represent urban space and environmental quality in one of the best romantic comedy films in history, written and directed by Woody Allen, called *Midnight in Paris*. The research method was qualitative and independent of numerical documents, based on experimental work (film). Data collection was library-documentary and film viewing. In this research, first, using urban planning texts, four categories of environmental quality were summarized in a table and the criteria obtained from it were in accordance with the film semiotics and related codes. The film analysis was based on the content analysis of sequences containing urban spaces and only image analysis. The results indicate that in order to achieve and accurately understand urban space, information about space can be obtained through cinema as a visual tool, and the definitions of temporal, spatial and cultural and social realities can be defined and redefined enhancing the value of urban space in order to improve and strengthen concepts such as identity, sense of place, city memory.



بازیابی کیفیت هویت فضایی با استفاده از سینما

حدیث لقمانی^۱، ایرج اعتصام^{۲*}، حسین ذبیحی^۱

^۱گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
^۲گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

چکیده

یکی از مهم‌ترین معیارهای ارزیابی فضای شهری، کیفیت آن است. وجود معیارهای کیفیت فضا برای ادراک و دریافت آن، حضور شهروندان و انتقال مفاهیمی همچون هویت، سرزندگی، پویایی و خاطره‌انگیزی مطرح بوده است. بازنمایی کیفیت فضا در رسانه‌های جمعی مانند سینما، به ارتقاء کیفیت رابطه انسان، فضا و تداوم ویژگی‌هایی که ممکن است در طی زمان تغییر کنند، کمک می‌کند؛ از این رو با توجه به مسئله پژوهش، سینما می‌تواند مکمل دانش شهری باشد و به عنوان اسنادی معتبر در درک مخاطب از فضا و مسائل شهری یاری رساند؛ همچنین سینما می‌تواند به تأیید یا نفی ویژگی‌های فضا پردازد و بدین صورت تأثیر قدرتمندی بر بیننده و احساس‌های مرتبط با فضا بگذارد. هدف از نوشتار پیش رو بررسی چگونگی بازنمایی فضای شهری و ارائه کیفیت محیطی در یکی از بهترین فیلم‌های کمدی - رمانتیک تاریخ، به نویسندگی و کارگردانی وودی آلن، به نام «نیمه شب در پاریس» است. روش پژوهش از نوع کیفی و مستقل از مستندات عددی و متکی به کار تجربی (فیلم) بوده است و جمع‌آوری داده‌ها کتابخانه‌ای - اسنادی و مشاهده فیلم بوده است. در پژوهش حاضر ابتدا با استفاده از متون شهرسازی، چهار دسته کیفیت محیطی در جدولی جمع‌بندی و معیارهای به دست آمده از آن در تطبیق با نشانه‌شناسی فیلم و رمزگان‌های مربوطه قرار گرفت. تحلیل فیلم بر مبنای تحلیل محتوای سکانس‌های حاوی فضای شهری و تنها تحلیل تصویر انجام شد. نتایج بیانگر آن است که برای دستیابی و شناخت دقیق فضای شهری می‌توان از راه سینما به مثابه ابزاری بصری، به اطلاعاتی از فضا دست یافت، به تعریف و بازتعریف واقعیت‌های زمانی، مکانی و ویژگی‌های فرهنگی و اجتماعی دست زد و با بهبود و تحکیم مفاهیمی همچون هویت، حس مکان و خاطره شهر، به ارتقاء ارزش فضای شهری کمک کرد.

مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۱۵ بهمن ۱۳۹۹

پذیرش ۸ آذر ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۱۵ آذر ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

فضای شهری، سینما، کیفیت، تصویر ذهنی.

استناد: لقمانی، حدیث؛ اعتصام، ایرج؛ ذبیحی، حسین (۱۳۹۹). بازیابی کیفیت هویت فضایی با استفاده از سینما. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۰ (۳)، ۵۱-۶۹.

doi: [10.22126/GES.2020.4966.2186](https://doi.org/10.22126/GES.2020.4966.2186)

مقدمه

فضاهای شهری نقش مؤثری در ایجاد هویت، حسّ تعلق و حفظ ارزش‌های مربوط به آن ایفا می‌کنند. سینما نیز به سبب ماهیتش در بازنمایی ساختار شهر و فضای شهری از راه امکانات سینمایی همواره مطرح بوده است. در پی تغییرات گسترده شهر و شهرنشینی، شهرها دچار دگرگونی کالبدی، دگردیسی رفتاری و هنجارهای فرهنگی - اجتماعی فراوانی شده‌اند. به طور کلی سینما با بازنمایی مناسب شهرها، افزون بر ارائه ساختار فضایی شهر، انسان را به عمق لایه‌های مختلف شهرها برده و درک کمابیش عمیقی از وضعیت آن‌ها به دست می‌دهد. عدم شناخت و درک ساختار شهر، نکوشیدن در راستای حفظ ارزش‌های جامعه و نیندیشیدن تمهیداتی برای سامان‌دهی آن‌ها، مشکلات فراوانی در پی دارد؛ از جمله مسائل مهم این است که ساختار شهر و ابعاد آن به طور کلی با تصوّرات ذهنی مردم و درک آن‌ها از فضا در ارتباط است، از آن تأثیر می‌گیرد و بر آن تأثیر می‌گذارد. نتایج مطالعات انجام‌شده در زمینه شهر و سینما نشان می‌دهد که برخورد میان‌رشته‌ای بین مطالعات سینمایی و مطالعات شهری می‌تواند در پرداختن به مسائل کلیدی به گونه‌ای ژرف، مؤثر و مفید باشد.

سینما با بازنمایی فضاهای شهری با مجموعه‌ای از فرایندهای تجربی - زیباشناختی (کالبدی)، اجتماعی و روان‌شناختی (مؤلفه‌های غیر کالبدی) در ایجاد ارتباط بین فضاهای شهری، مردم، مکان‌ها، احساس تعلق و دل‌بستگی‌های شهری نقش به سزایی داشته است. به طور حتم فیلم به مثابه مهم‌ترین فرم فرهنگی قرن بیستم، تصویر و بازنمود تازه‌ای را از محیط‌های شهری عرضه کرده است. روایت‌ها و تصاویر سینمایی کلان‌شهرها در هم‌آمیزی هنرهای بصری و آثار ادبی را سبب شدند و از همین راه به تولید و بازتولید بسیاری از مهم‌ترین اسطوره‌های فرهنگی و ایدئولوژیکی این قرن پرداختند (دایمندبرگ، ۱۳۹۱).

یکی از جنبه‌های مهم ساختار شهر که به شدت می‌تواند در درک و فهم مخاطبان از شهر اثرگذار باشد، توجه به بازنمایی ساختار کالبدی فضاهای عمومی شهر است. توجه به این موضوع، در درک مخاطبان در شهر بسیار مهم است. به طور کلی بازنمایی ساختار فضایی شهر (کالبدی - غیر کالبدی) می‌تواند تأثیرات مثبتی از درک فضا روی مخاطبان داشته باشد. این درحالی است که طراحان و معماران کمتر به سینما به منزله ابزاری بیانی و تصویری برای آسیب‌شناسی یا بهبود فضاهای شهری از این راه توجه کرده‌اند. بدین گونه که اگر ساختار فضایی شهر در فیلمی، دچار نظم و همگونی یا برعکس دچار آشفتگی و ناهمگونی باشد، به درک مخاطبان از آن فضا در واقعیت تأثیرگذار است.

یکی از مشکلات گریبان‌گیر عصر حاضر، مشکلات ناشی از شهرنشینی مدرن است که کم‌رنگ شدن ارزش‌های اجتماعی و هویت‌مندی فضا را در پی خواهد داشت و منجر به فراموش شدن فضاهای ارزشمند تاریخی - فرهنگی به مرور زمان می‌شود. بازنمایی این ارزش‌ها و فضاها در قالب مؤلفه‌های تأثیرگذار فضای شهر، کمک شایانی می‌کند و می‌تواند این بی‌هویتی و ناشناختگی را برای نسل‌های بعد به حداقل برساند؛ افزون بر این، یکی از مقوله‌های مهم دیگر، در راستای درک مناسب مخاطبان از فضای شهری، توجه به نشانه‌های شهری در سینما است. بازنمایی این نشانه‌ها و نمادها در برساخت فرهنگ و هویت شهر بسیار مهم است. این نشانه‌ها و نمادها نیز نقش بسیار مهمی در درک فضاهای شهری دارند (لقمانی، ۱۳۹۷ الف). فضای شهری یکی از عناصر ساخت فضایی شهر است که همراه با تاریخ یک ملت، در دوره‌های مختلف به وجود می‌آید، شکل می‌گیرد و دگرگون می‌شود. این عنصر که فعالیت‌های مختلف فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی، همواره در آن جریان داشته، همیشه با قلب تاریخ شهر می‌تپیده و

سرگذشت شهر را رقم می‌زند (توسلی و بنیادی، ۱۳۸۶: ۷).

کیفیت محیطی واژه‌ای است که از فیزیولوژی محیط‌زیستی وارد ادبیات شهری شده است (خان و آفتاب^۱، ۲۰۱۵: ۳۷۴) و نقش بسیار مهمی در پردازش و تحلیل کیفیت زندگی شهروندان دارد (لی^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). کیفیت فضای شهری به‌مثابه محصول فرایند تعامل میان انسان، فعالیت و کالبد شهر تا حدّ بالایی به کیفیت مؤلفه‌های بصری آن وابسته است. مؤلفه‌های بصری فضاهای شهری به‌دلیل ماهیت عینی و ملموس خود، با حواس انسان قابل ادراک است و زمینه ادراک، شناخت و ارزیابی محیط شهروندان را فراهم می‌آورد. براساس مدل کانتر که به مدل مکان شهرت دارد، محیط شهری به‌منزله مکانی متشکل از سه بعد درهم‌تنیده کالبد، فعالیت و تصورات است. از آنجاکه کیفیت محیط شهری یک مکان، ناگزیر از پاسخ‌دهی مناسب به ابعاد گوناگون محیط شهری است، می‌توان مؤلفه‌های سازنده کیفیت طراحی شهری را به‌موازات مؤلفه‌های سازنده مکان تعریف کرد؛ به عبارت دیگر، با اقتباس از نظریه مکان کانتر می‌توان گفت کیفیت محیط شهری عبارت است از برآیند سه مؤلفه که هر یک از آن‌ها عهده‌دار برآورده کردن یکی از کیفیت‌های سه‌گانه کالبد، فعالیت، تصورات محیط شهری است (گلکار، ۱۳۹۱؛ مدنی‌پور، ۱۳۹۲؛ کرمونا^۳، ۲۰۱۰).

در راستای تعریف مؤلفه‌های فضای شهری، برخی نظریه‌پردازان هدف غایی شهرسازی را خلق محیط‌های دلپذیر می‌دانند و بر نقش کالبد، عناصر و مبلمان شهری تأکید دارند. عده‌ای فضای شهری را محیط‌هایی تعریف می‌کنند که روابط اجتماعی و رفتاری در آن جریان دارد و به‌مرور تفسیر رابطه انسان - محیط و بحث معنا و فرهنگ وارد مفهوم فضای شهری می‌شود. مهم نگاه چندبعدی به مفهوم فضای شهری است (پاکزاد، ۱۳۹۴؛ مدنی‌پور، ۱۳۸۷؛ نسر^۴، ۱۳۹۳؛ کرمونا و همکاران، ۱۳۹۱؛ بل^۵، ۱۳۹۴). با توجه به اهمیت بازنمایی فضای شهری و همچنین ساختار کالبدی و غیر کالبدی که سبب شکل‌گیری ادراک و تصویر ذهنی مردم می‌شود، دیدگاه تعدادی از صاحب‌نظران که عوامل و شاخص‌های مختلفی را در شکل‌گیری کیفیت فضاهای شهری مؤثر می‌دانند بررسی شد. براساس پژوهش‌هایی که در زمینه کیفیت فضای شهری صورت گرفته است، مؤلفه‌های بسیاری در ادراک فضا مهم هستند و در این میان، مؤلفه‌های کالبدی، عملکردی، ادراکی و زیست‌محیطی، در ادراک و کیفیت محیط مؤثر هستند و نقش به‌سزایی دارند. (گلکار، ۱۳۹۱؛ کرمونا، ۲۰۱۰؛ کرمونا، ۲۰۰۴) (جدول ۱).

به این ترتیب فضای شهری محصول درک و تجربه فرد از فضا و تصویری همراه با ذهنیت و معناست، درواقع پدیده‌ای عینی و ذهنی، پویا و نسبی است که محصول تعامل انسان با محیط و جامعه، با تاریخ و فرهنگ است. در کنار این مطالعات، پژوهشگران زیادی به موضوع شهر و سینما توجه کرده‌اند (مسعودی، ۱۳۸۵؛ پناهی، ۱۳۹۷؛ حبیبی و همکاران، ۱۳۹۴؛ وایزمن^۶، ۱۳۸۸؛ پالاسما^۷، ۱۳۸۸). نتایج برخی مطالعات بیانگر نقش و اهمیت بازنمایی فضاهای شهری در فیلم است (شیل^۸، ۲۰۰۱؛ لانگ و وال^۹، ۲۰۱۳). بدیهی است که بازنمایی مناسب فضا و منظر شهری در سینما منجر به حساسیت بیشتر مخاطب، ارتقاء سطح توقع او و استفاده بیشتر مخاطبان از فضای شهری می‌شود (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۴).

1- khan & Aftab

2- lee

3- Carmona

4- Nasar

5- Bell

4- Shiel

7- Pallasma

8 -Sheil

7- Lange & Waal

جدول ۱. تعریف فضای شهری و کیفیت آن

اندیشمند	تعریف فضای شهر و کیفیت آن
نوربرگ - شولتز ^۱ (۱۳۹۳)	پیوند مفهوم فضای شهری با مفهوم عضویت اجتماعی، صحنه سکونت جمعی، توجه به ابعاد معنایی مفهومی و خاطره‌ای فضای شهری.
کولکوهن ^۲ (۱۹۸۵)	فضای اجتماعی، فضای ساخته‌شده و مصنوع (اشاره به مورفولوژی فضا)، توجه به عنصر فرهنگ و اجتماع.
تیبالدز ^۳ (۱۳۸۹)	فضاهایی با ویژگی‌های کالبدی بصری و محل برخورد واکنش‌های متقابل میان افراد.
زوکرف ^۴ (۱۹۵۹)	دارای ارتباط ویژه بصری - حرکتی، دارای ساختار منظم، آراسته و سازمان‌یافته که از نظر کالبدی برای فعالیت‌های انسان طراحی شده است.
مدنی‌پور (۱۳۹۲)	دربگیرنده افراد، رویدادها و روابط میان آن‌ها، بستر مشترک فعالیت‌های کارکردهای اعضای جامعه.
توسلی و بنیادی (۱۳۸۶)	عنصر ساخت فضایی شهر با جریان‌داشتن فعالیت‌های فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و سیاسی در آن.
بحرینی (۱۳۹۲)	صحنه وقوع فعالیت عمومی زندگی شهری.
گلکار (۱۳۹۳)	کیفیت‌های تجربی زیباشناختی، کیفیت زیست‌محیطی.
جیکوبز و اپلارد ^۵ (۱۹۸۷)	تمایز و ناهمگنی در چگونگی استفاده از فضاها، توجه به ایجاد فعالیت‌های مناسب در فضاهای شهری، استفاده از کاربری‌های مختلط به لحاظ نوع استفاده، چه از نظر استفاده، چه از نظر نوع معماری بناها.
لفور ^۶ (۱۹۹۱)	نظریه اجتماعی فضا.
هال ^۷ (۱۹۷۶)	توجه به عنصر فرهنگ و اجتماع.

این موضوع یکی از اهداف راهبردی رشته شهرسازی است. در این میان سینما به‌عنوان رسانه‌ای جمعی و تأثیرگذار بر مخاطب، براساس نظریات متفاوت ارتباطات مطرح بوده است (مهدی‌زاده، ۱۳۹۲؛ مک کوایل^۸، ۱۳۹۲؛ اولسون و سون^۹، ۱۳۹۷؛ سورین و تانکارد^{۱۰}، ۱۳۸۹). اندیشمندانی همچون مانستربرگ، دایمنبرگ، گلدمن، بازن، به رابطه میان فیلم و ضرورت بازنمایی واقع‌گرایانه فضا و جامعه شهری در فیلم به‌دنبال جریان فیلم‌های نوآر نیز، اشاراتی کرده‌اند.

تا پیش از اختراع سینما، جلوه‌هایی ساکن و ایستا از شهر و زندگی در نقاشی‌های رئالیستی و امپرسیونیستی قرن هجده و نوزده میلادی دیده می‌شد، با اختراع عکاسی، شهر، فضاهای شهری، موضوع عکس‌های دهه‌های آخر قرن نوزدهم میلادی می‌شوند؛ ولی این سینماست که با ارائه تصاویر متحرک، امکان ثبت و ضبط سوییچ‌های فرار و گریز زندگی مدرن شهری را به‌معنای دقیق کلمه فراهم می‌آورد (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰). در فیلم‌هایی که موضوع آن در شهر روی می‌دهد، دوربین به‌اجبار بافت یک شهر را در زمان ساخت آن فیلم همان‌گونه که هست به نمایش درمی‌آورد؛ اما گاه کارگردان هوشمند زاویه دوربین خود را به‌گونه‌ای انتخاب می‌کند که درواقع زاویه و نظریات او را راجع به محیط، مشخص می‌سازد و معرفی می‌کند (آفاق، ۱۳۸۱).

نظریه بازتاب جامعه در آینه سینما، در جامعه‌شناسی هنر سابقه زیادی دارد، اگرچه تبیین نظریه پردازان مختلف از چگونگی این بازتاب با همدیگر بسیار متفاوت است. دیدگاه بازتابی گلدمن بر این نکته تکیه دارد که محتوای آثار ادبی و هنری ممکن است به‌عینه بازتابی از جامعه نباشد، اما جهان‌بینی ارائه‌شده در قالب این محتوا بی‌شک در جامعه معاصر نمودی خارجی دارد. سینما به‌مثابه عنصری فرهنگی - اجتماعی می‌تواند انسان را به عمق

1- Norberg_Schulz

2- Colquhoun

3- Tibbalds

4- Zucker

5- Jacobs & Appleyard

6- Lefebvre

7- Hall

8 -McQuail

9 -Olson & Sean

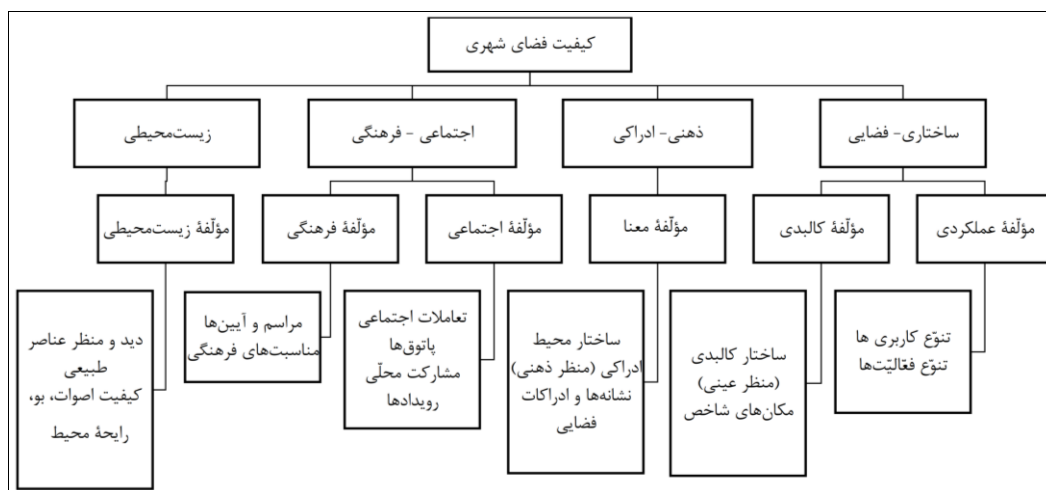
10 -Severin & Tankard

لایه‌های حیات اجتماعی ببرد و درک کمابیش عمیقی از وضعیت این گروه‌ها را بازتاب دهد و شرایط اجتماعی معاصرش را در جامعه نمایان سازد (روانشادنی، ۱۳۹۷)؛ ازسویی، ادراک انسان از محیط اطراف خود نیز تاحدی متأثر از کیفیت فضای شهری و عوامل خارجی مانند زمان و فرهنگ هر جامعه است که سبب شکل‌گیری تصویر ذهنی از فضا می‌شوند. اگرچه با توجه به رفتارهای محیط (فرهنگ) و ادراکات هر شخص این تصورات متفاوت است؛ اما با استفاده آگاهانه از عوامل کیفی فضاهای شهری در فیلم‌ها می‌توان از فیلم به‌عنوان ابزاری برای شناساندن فضاها، مکان‌ها، بناهای شاخص، ویژگی‌های اجتماعی و فرهنگی و آداب و رسوم و حتی القای الگوهای رفتاری مناسب استفاده کرد و بدین ترتیب در نقش‌بستن تصورات ذهنی شهروندان مؤثر واقع شد (لقمانی و همکاران، ۱۳۹۷ الف). بدین ترتیب سینما فراتر و عمیق‌تر از سایر هنرها امکان رسوخ در اعماق لایه‌های پنهان زندگی شهری را به‌دست آورد؛ بنابراین سینمای شهرمحور، سینمایی که موضوعات روایی آن، شهر معاصر و انبوه رویدادهای آن بود متولد شد. شهر به‌مثابه عالی‌ترین تجلی دنیای مدرن در مرکز توجه فیلم‌سازان قرار گرفت (آفاق، ۱۳۸۱).

مروری بر سندهای تصویری زنده و بکر، این نکته را آشکار می‌سازد که بررسی تحول بسیاری از پدیده‌های اجتماعی بدون توجه به این رسانه جهانی کامل نخواهد شد و این زبان گویای جوامع مختلف است که نگاه هر عصر به جامعه و پدیده‌های اجتماعی را همچون یادگاری پربار برای نسل‌های بعد حفظ و منتقل می‌کند؛ بنابراین به‌نظر می‌رسد، شهرسازان و معماران نیز به‌مثابه سایر کارشناسان، اگر مطالعات میان‌رشته‌ای و مرتبط با سینما را مدّ نظر قرار ندهند، از منبع وسیعی از اطلاعات و مفاهیم تصویری غافل می‌شوند. به‌تصویر کشیدن مؤلفه‌های کیفیت محیط در فیلم، ازجمله توجه به ویژگی‌های ساختاری شهر و معماری، مکان‌های شاخص، نشانه‌ها، باورها و اعتقادات، مراسم و آیین‌های اجتماعی و معانی ضمنی آن‌ها در فیلم‌ها می‌تواند افزون بر اینکه سینما را به‌منزله ابزاری برای تحلیل و ارائه فضاها معرفی کند، در ایجاد احساس‌های مثبت مرتبط با شهر در مخاطبان مؤثر واقع شود. به‌منظور بررسی فضاهای شهری در سینما، ابعاد، مؤلفه‌ها و معیارهای مرتبط با کیفیت فضای شهری ارائه شد (شکل ۱).

نشانه‌شناسی فیلم

نشانه‌شناسی، نه‌تنها شامل مطالعه چیزهایی است که در زندگی روزمره نشانه نامیده می‌شود، بلکه مطالعه هرچیزی است که به چیز دیگری اشاره می‌کند. از دیدگاه نشانه‌شناسی، نشانه‌ها می‌توانند به‌شکل کلمات، تصاویر، اطوار و اشیاء ظاهر شوند؛ اما باید به‌خاطر داشت که نمی‌توان نشانه‌ها را به‌شیوه‌ای مجزاً مطالعه کرد، بلکه مطالعه هر نشانه، در نظام نشانه‌ای ژانر یا رسانه و موضوع مورد نظر معنادار است.

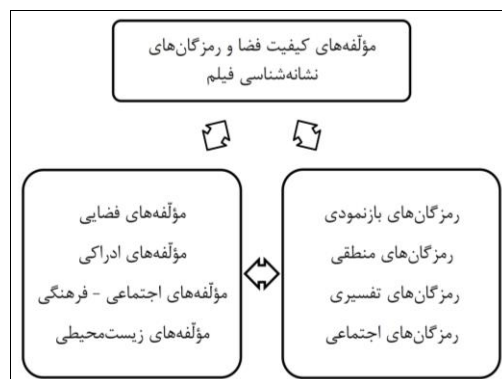


شکل ۱. مؤلفه‌ها، ابعاد و معیارهای کیفیت فضای شهری

پرسش اصلی در بررسی نشانه‌شناسانه این است که معناها چگونه ساخته می‌شوند و واقعیت چگونه بازنمایی می‌شود. به‌طور کلی می‌توان در نشانه‌شناسی از دو سنت عمده یاد کرد: سنت فردیناند دوسوسور^۱ و سنت چارلز سندرس پیرس^۲. به‌نظر سوسور نشانه‌شناسی دانشی است که به مطالعه نقش نشانه‌ها به‌مثابه بخشی از زندگی اجتماعی می‌پردازد؛ اما نشانه‌شناسی به‌نظر پیرس که خودش آن را نظریه صوری نشانه‌های می‌نامید، با منطق ارتباط نزدیکی داشت (چندلر^۳، ۱۳۸۷: ۲۵). بنابر پیش‌فرض‌های نشانه‌شناسی، فیلم هنری تولیدی است که چیزی را بیان می‌کند. تولیدکنندگان فیلم ضمن بازتاباندن سبک‌های زندگی شهری خود، برای آن‌ها جایگاه خاصی قائل‌اند و قابلیت پذیرش یا عدم پذیرش آن‌ها را نشان می‌دهند. فیلم، نظامی از معانی است که هم بازنمایی از واقعیت ارائه می‌دهد، هم آن را بازسازی می‌کند و هم حساسیت‌های خود را از واقعیت بیان و تولید می‌کند.

نشانه‌شناسان به‌طور کلی رمزها را برحسب معیارهای خاص به دسته‌های مختلفی تقسیم می‌کنند. رمزگان اجتماعی که در آن، جامعه نظامی از روابط اجتماعی و حضور انسان‌ها است و می‌توان آن را به رمزگان‌های رفتاری مانند مراسم‌های آیینی و بازی‌ها تقسیم‌بندی کرد. رمزگان‌های متنی یا بازنمودی که از آن با عنوان رمزگان‌های زیبایی‌شناختی یاد می‌شود، این رمزگان به رمزگان‌های فنی ازجمله رمزگان‌های تصویری و رسانه‌ای، رمزگان‌های هنری و رمزگان‌های سبکی، تقسیم‌بندی می‌شوند. رمزگان‌های منطقی و رمزگان‌های تفسیری یا ایدئولوژیک که این رمزها، سایر رمزها را به‌گونه‌ای سامان می‌دهند که مجموعه‌ای از معانی سازگار و منسجم به‌وجود می‌آید و شامل رمزگان‌های ادراکی (ادراکی - بصری) و رمزگان‌های ایدئولوژیک می‌شوند (خالق‌پناه، ۱۳۸۸)؛ بدین منظور ارتباط میان مؤلفه‌های کیفیت فضاهای شهری و رمزگان‌های نشانه‌شناسی ارائه می‌شود (شکل ۲). با توجه به اهمیت سینما در بازنمایی فضاهای شهری، مطالعات اندکی با رویکرد پدیدارشناسانه در داخل کشور انجام شده است که در این تحلیل‌ها تأکید بر معنا و مفاهیم ضمنی مستخرج از مشاهده فضای شهری در فیلم بوده است.

نوآوری پژوهش حاضر این است که تاکنون به‌صورت مستقل در زمینه تحلیل ساختار فضایی شهر با معیارهای شهرسازی در سینما پژوهشی صورت نگرفته، به‌گونه‌ای که بازنمایی آشفتگی یا هماهنگی‌های کالبدی، سبب شکل‌گیری ادراکات مختلف مردم از فضاهای شهری می‌شود و به فضای شهری تنها از بُعد پدیدارشناسانه توجه شده است. در پژوهش حاضر سعی بر این است که ساختار کالبدی - فضایی فضاهای شهری در فیلم «نیمه‌شب در پاریس» بررسی شود و از این راه، فیلم دریچه جدیدی برای آسیب‌شناسی و بهبود فضاهای شهری باشد، زیرا عدم نمایش فضاهای شهری باکیفیت در فیلم‌های ایرانی، باعث ایجاد اغتشاش بصری از شهر در ذهن مخاطب است.



شکل ۲. ارتباط میان مؤلفه‌های کیفیت فضا و رمزگان‌های نشانه‌شناسی فیلم

1- Ferdinand de Saussure

2- Charles Sanders Peirce

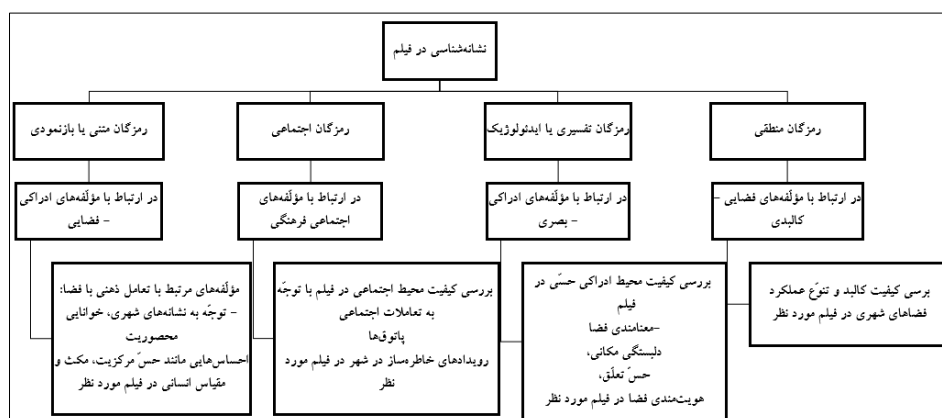
3- Chandler

از آنجاکه دریافت ها و تجربه ها، به تلقی خاصی راه می برد و این تلقی بر تحلیل های او تاثیر می گذارد (کازیه^۱، ۱۳۸۲) توجه ویژه به بازنمایی مناسب فضای شهری در سینما ضروری است. با توجه به اهمیت و ضرورت پژوهش، بررسی ساختار کالبدی فضایی شهر در فیلم نیمه شب در پاریس، به مثابه نمونه ای موفق در بازنمایی شهر، هدف اصلی پژوهش حاضر است.

پرسش اصلی نوشتار پیش رو بر این استوار است که بازنمایی فضای شهری در فیلم مورد نظر چگونه است. به منظور بررسی این موضوع در مرحله نخست، مؤلفه های کیفیت محیطی استخراج و سپس این مؤلفه ها در مطابقت با رمزگان های فیلم مورد نظر واکاوی شده است. بدین ترتیب شهرسازان می توانند از این منظر رویکرد جدیدی را در آسیب شناسی و ارتقاء فضاهای شهری به کار گیرند.

مواد و روش ها

روش پژوهش حاضر با تکیه بر نشانه شناسی بصری است، ضمن آنکه پژوهش از نوع کیفی و مستقل از استنادات عددی انتخاب شد. برای انجام آن ابتدا مطالعات کتابخانه ای - اسنادی انجام شد؛ سپس بخش عمده پژوهش به مشاهده، بررسی و تحلیل فیلم پرداخته شد؛ که این فیلم ها به وسیله متخصصانی که از یک سو با حوزه شهرسازی و از دیگر سو با فیلم سازی مرتبط هستند، انتخاب شده است. به منظور انتخاب فیلم بنابر نظر کارشناسان، چندین فیلم که فضاهای شهری داشتند، انتخاب و مشاهده شدند (لقمانی و همکاران، ۱۳۹۷ ب). در میان فیلم های منتخب، فیلم نیمه شب در پاریس که بیشترین سکانس حاوی فضای شهری را داشت و با مفاهیم عینی و ذهنی فضای شهری در مبانی پژوهش نزدیکی بیشتری داشت، انتخاب و به عنوان نمونه ای موفق در بازنمایی فضای شهری، مطالعه و تجزیه و تحلیل شد؛ بنابراین از روش نمونه گیری هدف مند و غیر تصادفی (تعمدی) که یکی از روش های نمونه گیری غیر احتمالی است، استفاده شد. تحلیل فیلم ها به روش تحلیل محتوا بوده و تحلیل بصری تصاویر به دست آمده مد نظر بوده است. واحد تحلیل، صحنه است و صحنه هایی تحلیل و بررسی شده اند که در ارتباط با مبحث مطرح شده هستند. بدین منظور روی سکانس های حاوی فضای شهری توقف و تحلیل تصویر انجام شده است. به منظور سنجش اعتبار داده ها نیز با اساتید مجرب و متخصص در حوزه شهرسازی که با موضوع پژوهش آشنایی دارند، مصاحبه شده است. الگوی تحلیل مؤلفه های کیفیت فضای شهری در فیلم مورد نظر (مدل مفهومی پژوهش) با مطالعه و استخراج مؤلفه های کیفیت محیط و رمزگان های نشانه شناسی در فیلم و ارتباط این مؤلفه ها باهم شناسایی و معرفی می شود (شکل ۳).



شکل ۳. مدل مفهومی پژوهش

نتایج

از موضوعات اساسی که نقش بسیار مهمی در بازنمایی فضای شهری دارد و می‌تواند منجر به ادراکات درست مخاطب از شهر شود، بازنمایی مناسب ساختار کالبدی - فضایی فضاهای شهر و انتقال مفاهیم و ارزش‌های مستتر شهری است؛ از این رو در پژوهش حاضر سعی شده است تا مؤلفه‌ها و شاخص‌های مؤثر بر کیفیت محیط شناسایی تا در نهایت با واکاوی و شناسایی این عوامل در فیلم، نتایجی منسجم صورت گیرد. در این راستا، برای بررسی تأثیر بازنمایی فضای شهری بر ادراک فضا و غنای حسی، فیلمی کمدی - رمانتیک - فانتزی به نویسندگی و کارگردانی وودی آلن با عنوان نیمه‌شب در پاریس بررسی و سپس راهکارهای مورد نظر در ارتباط با فضاهای شهری و معماری سینمای ایران مطرح می‌شود.

فیلم نیمه‌شب در پاریس، چاشنی‌های نوستالژیک و اگزیستانسیالیسم دارد و براساس این ایده پرداخت شده که انسان هرگز از زمان حال راضی نیست و گذشته‌ها را رمانتیک‌تر، خالص‌تر و برای زندگی بهتر می‌داند. این فیلم در هشتاد و چهارمین دوره جوایز اسکار برنده جایزه اسکار بهترین فیلم‌نامه شده است. یکی از نکات مهم در این فیلم، توجه ویژه به فضاهای شهری و تعدد نماها و سکانس‌هایی از ویژگی‌های فضای شهری پاریس است که در دقایق اولیه فیلم به خوبی دیده می‌شود. فیلم‌ساز در این فیلم می‌کوشد افزون بر پیش‌برد روایت داستان، تصویری از محیطی که آن را تجربه کرده یا تصویری که از آن دارد، به بهترین نحو به مخاطب ارائه دهد و می‌کوشد با بیان تصاویری کاملاً سنجیده، شهر را حتی برای کسانی که آن را تجربه نکرده‌اند، به بهترین شکل ممکن توصیف کند. فیلم نیمه‌شب در پاریس وودی آلن، کاری می‌کند که خودتان را در پاریس احساس کنید. انگار که سال‌هاست پاریس را می‌شناخته‌اید و تجربه حضورش را از سر می‌گذرانید؛ برای مثال فرهنگ کافه‌نشینی پاریسی در همه‌جای دنیا فرهنگی شناخته‌شده است و وودی آلن مخاطب را با این کیفیت‌های فضایی به خوبی آشنا می‌کند. او با نگاهی کارت‌پستالی به پاریس از همان تیتراژ ابتدایی اعلام می‌کند که قرار است در این فیلم نگاهی جذاب به این شهر انداخته شود. این فیلم با به تصویر کشیدن ساختار فضایی - مکانی شهر و محله‌های قدیمی و با هویت شهر پاریس، می‌کوشد احساس‌های مرتبط با شهر را در مخاطب برانگیزد؛ بدین منظور، از ابتدا با نکاتی ظریفانه به مؤلفه‌های فضای شهری مانند نشانه‌های شهری، عملکردها، الگوهای رفتاری، کالبد محله، میداين و پلازهای شلوغ، صداها، شهری حاکم بر شهر، ویژگی‌های اقلیمی و پوشش‌های گیاهی موجود می‌پردازد. داستان فیلم حول نقش «گیل پندر» و «ایزن» می‌گذرد که به پاریس آمده‌اند تا تعطیلات را بگذرانند. گیل فیلم‌نامه‌نویسی است که برای نوشتن اولین رمانش خود را آماده می‌کند؛ اما به مشکل نداشتن ایده برخورد کرده است. یک‌شب که او تنها در خیابان‌های پاریس قدم می‌زند، ناگهان خود را در سال‌های دهه بیست می‌یابد و در کمال ناباوری با بزرگانی همچون همینگوی، بونوئل، دالی و هنرمندانی دیگر روبه‌رو می‌شود.

با بررسی معیارهای کیفیت فضای شهری در فیلم مورد مطالعه می‌توان به این نتیجه رسید که بازنمایی شاخص‌هایی همچون نفوذپذیری بصری فضا، عناصر کالبدی و طبیعی، تأمین الگوهای متفاوت حرکتی با در نظر گرفتن اولویت عابر پیاده، فضای سبز، آب و عوامل فرحبخش، نشانه‌ها و محرک‌های بصری، جزئیات و سبک معماری به خوبی مشهود است. بازنمایی عناصر هویت‌بخش و نشانه‌ای در فضا، به عنوان عناصری که به تجدید خاطره و یادآوری شدن فضا و تجربه خاطره‌های شخصی افراد کمک می‌کنند؛ از جمله شاخص‌های کالبدی و هویتی‌ای هستند که در این فیلم به نمایش گذاشته شده است. بازنمایی بدنه‌های شهری، محدوده‌ها و مجموعه‌های ارزشمند تاریخی، لبه‌های شهری مانند لبه رودخانه سن، راه‌ها و گره‌های شهری شامل خیابان و میدان‌های شاخص

شهر پاریس، از جمله مواردی بودند که بارها در این فیلم به آن اشاره شده است که این امر به کیفیت قابل قبول و دیدنی بودن فضا می‌افزود.

جریان حرکت عابر پیاده و سرزندگی، محیط‌های فرهنگی - هنری، از جمله موزه‌ها و نمایشگاه‌ها، توجه به کاربری‌های جذابی همچون رستوران، کافه‌های روباز، توجه به تنوع کاربری‌ها و تنوع فعالیت‌های همگانی، وجود مراکز خرید مهم و جذاب، وجود کاربری‌های محرک به جذب جمعیت در ساعت‌های خلوت و شب، قابلیت بالای فضا برای حضور پیاده، از جمله کیفیت‌های عملکردی بودند که به‌خوبی در این فیلم با استفاده از قابلیت‌های مناسب سینما، با کلوزآپ و لانگ‌شات‌های متعدد به‌تصویر کشیده شده است.

نشانه‌های شهری مانند محور تاریخی شانزله‌یزه، میدان کنکورد، برج ایفل، کلیسای نتردام و غیره، موجب خوانایی بالا و قابل توجه فضا و جریان‌داشتن سرزندگی در آن می‌شود و این پویایی، شخصیت متمایزی را برای فضا ایجاد می‌کند، توجه به میزان حسّ تعلّق و درگیری ذهنی کاربر با فضا، قابلیت تداعی معانی، در این فیلم به‌عنوان کیفیت‌هایی شاخص در ساخت تصویر ذهنی از پاریس مؤثر واقع شده است. توجه به برخورداری کیفیت قابل قبول فضای شهری در فیلم، افزون بر جذابیت فضا، به بار خاطراتی قوی و تصویر ذهنی پایدار و به‌یادماندنی منجر شده است.

برخورداری فضا از جوّی فرهنگی به‌واسطه وجود چندین فضای تاریخی - فرهنگی در فاصله کم، وجود موزه‌های متفاوت، وجود مکان‌های شاخص گردهم‌آمدن، وجود کاربری‌های جذاب و امنیت اجتماعی، توجه به ساختارهای فرهنگی مختلف، تنوع استفاده‌کنندگان از فضا، تنوع کاربری‌های موجود به‌عنوان عاملی در جذب استفاده‌کنندگان و پویایی و سرزندگی، وجود امکانات گوناگون برای پذیرش کاربر در ساعات مختلف شبانه‌روز، از جمله کیفیت‌های اجتماعی و فرهنگی قابل استخراج از فیلم است که در جذب اشتیاق ذهنی کاربران فضا مؤثر است.

کیفیت بصری و چشم‌اندازهای بارزش طبیعی نیز در فیلم تحلیل شده است. وجود چشم‌اندازهای طبیعی و تاریخی به‌عنوان نمادهای عینی و ذهنی شهر پاریس در کنار چشم‌انداز برگرفته از هویت مکانی آن، بخشی از کیفیت‌های بصری فیلم است که در شکل‌گیری ادراک و تصویر ذهنی مخاطب مؤثر است. برخورداری و بازنمایی منظر طبیعی منحصربه‌فرد شهر به‌واسطه درختان و پوشش گیاهی، فضاهای سبز، پارک لوکزامبورگ، رودخانه سن و چشم‌انداز آن در فیلم قابل ستایش است.

تحلیل و بررسی مؤلفه‌های کالبدی فضای شهری در فیلم

به‌تصویر کشیده‌شدن ساختار فضایی هویت‌مند شهر پاریس و نمادهای شاخص آن در ابتدای فیلم، نماهای تاریخی شهر و معیارهایی همچون هماهنگی و انطباق در فرم، محصوریت، مقیاس، جذابیت، تداوم بصری، تعادل، تقارن، وحدت ریتم، پیوستگی و انسجام، به‌تصویر کشیده‌شدن نمادها و نشانه‌های شهری به‌منظور ایجاد حسّ هویت و هویت‌مندی فضا و خوانایی و نمایش عملکرد معنای ضمنی آن، مجسمه‌ها، تندیس‌ها و یادمان‌ها و معنای ضمنی آن‌ها، علائم شهری متعدد مانند علائم راهنما، مبلمان شهری، گل‌جای‌ها و نمایش تمهیدات کالبدی متعدد در راستای پاسخ‌گویی به نیاز استفاده‌کنندگان از فضا مانند فضاهای مکث با نیمکت‌ها یا توقف‌گاه‌ها، سنت همسان‌سازی نماهای شهری، ترکیب و انتظام نماها به‌واسطه کیفیت‌هایی همچون رنگ، مصالح، خطّ بام مطلوب از نماها و دیدهای متفاوت، ساختمان‌های تاریخی و میدان‌های مهم و تاریخی شهر از جمله خصوصیات ساختاری است که در این فیلم مشاهده می‌شود (شکل ۴).



شکل ۴. نمونه‌ای از سکانس‌های حاوی مؤلفه‌های کالبدی (ساختاری)

برج فلزی ایفل، میدان تروکادورو، محور شانزله‌لیزه، میدان اتوال و طاق پیروزی، میدان باستیل و نماد تاریخی آن به‌یادگار از قلعه باستیل، پارک لوکزامبورگ و مجسمه‌های آن، میدان کنکورد و نماد تاریخی آن، کاخ دادگستری دربرگیرنده قصر قرون وسطایی همراه با گالری‌های زیبا و نمادهای معماری باروک، کلیسای نتردام در شرق جزیره و ویژگی‌های مذهبی و منحصر معماری و هنر گوتیک آن، موزه لوور، مرکز ملی هنر و فرهنگ ژرژ پمپیدو، قصر سانت‌شاپل، کلیسا و آرامگاه پانتئون، کاخ گارنیر، فروشگاه‌ها و کافه‌ها در فضاهای معروفی همچون بلوار سن رژمن و غیره، از مکان‌های شاخص به‌تصویر درآمده در این فیلم هستند (شکل ۵).

تحلیل و بررسی مؤلفه‌های عملکردی فضای شهری در فیلم

فعالیت‌ها و کاربری‌ها، اساس ساختار یک فضا هستند. این فعالیت‌ها طیف وسیعی از روابط اجتماعی دوستانه تا برگزاری و مشارکت در نمایش‌ها و موسیقی خیابانی را دربر می‌گیرند. درواقع فضاهای شهری موفق فرصت‌های بیشتری برای فعالیت استفاده‌کنندگان ایجاد می‌کنند، فعالیت‌های مختلفی همچون گفت‌وگو، بازی و غیره. اگر کاری برای انجام‌دادن باشد، باعث می‌شود که افراد دلیلی برای ورود به فضا داشته باشند و فعالیت‌ها می‌توانند فضا را خاص و منحصربه‌فرد جلوه دهند. فضای کنار رود سن برای حضور و شکل‌گیری فعالیت‌های مختلفی همچون پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری، گفت‌وگو و تماشا در این فیلم مطرح بوده است. فعالیت‌های دیگر شامل قرارگاه‌ها و تعاملات خودجوش، موسیقی و هنرهای خیابانی، ازدحام در خیابان و میادین و فضاهای تجاری، از فعالیت‌های مطرح در فیلم بوده است (شکل ۶).



شکل ۵. نمونه‌ای از سکانس‌های حاوی مؤلفه‌های کالبدی (مکان‌های شاخص و نشانه‌ای)



شکل ۶. نمونه‌ای از سکانس‌های حاوی مؤلفه‌های عملکردی (تنوع فعالیت‌ها)

تحلیل و بررسی مؤلفه‌های ادراکی فضای شهری در فیلم

فیلم غنی، از نظر ساختار نشانه‌ای و معناگرا، بازنمایی نشانه‌ها و معنای آن‌ها است. برج فلزی ایفل، نماد علم و فناوری مدرن قرن هجده فرانسه در بسیاری از سکانس‌ها به‌منزله پس‌زمینه دیده می‌شود، محور تاریخی شانزلیزه و عناصر مرتبط، معماری هشت‌ضلعی میدان کنکور و هشت مجسمه آن، به‌عنوان نماد هشت شهر مهم فرانسه، مجسمه‌های زیبای فواره میدان کنکور با الهام از معماری میدان‌های ایتالیایی و کیفیت صوتی آن، نماد ابلیسک در میدان کنکور، وجود دو آب‌نما نمادی از دریا و رودخانه‌ها و رودهای فرانسه، به تکرار در فیلم دیده می‌شود.

کلیسای نتردام، افزون بر ویژگی معماری، به‌دلیل توصیفات ادبی آن در داستان گورپشت نوتردام ویکتور هوگو بارها مورد توجه و بازنمایی قرار گرفت. بناهای تاریخی متعدد، وجود فضاها سبز، پوشش گیاهی و هماهنگی آن‌ها با بناها، وجود آب‌نماهای طراوت‌بخش، وجود رنگ‌های آرامش‌بخش در فضا و کیفیت نور طبیعی و مصنوعی در شب موجب ارتقا زیبایی‌های بصری، سرزندگی، معانی، ادراک فضا و تصویر ذهنی می‌شود که به‌خوبی در این فیلم به‌تصویر درآمده و منجر به ادراکات فضایی مطلوب شده‌اند (شکل ۸).

تحلیل و بررسی مؤلفه‌های اجتماعی - فرهنگی فضای شهری در فیلم

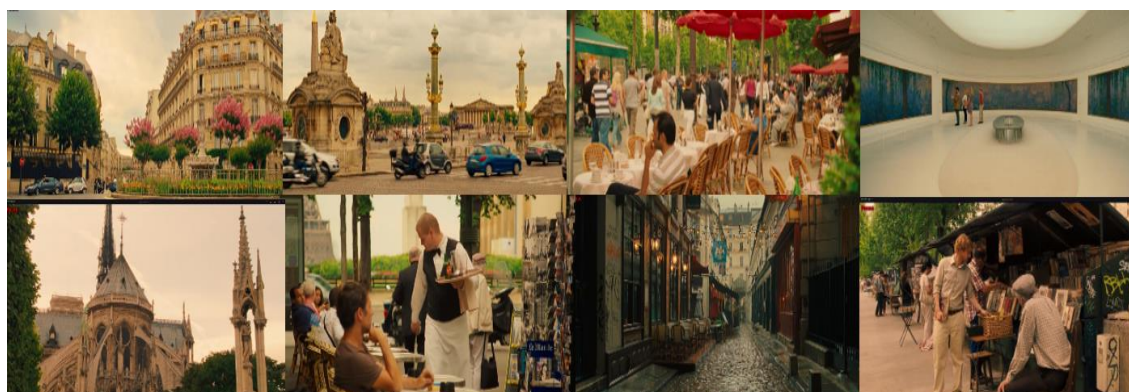
بازنمایی بناهای تاریخی - فرهنگی متعدد، نمادها و نشانه‌های تاریخی و فرهنگی شهر، کتاب‌فروشی‌های متعدد، کتاب‌فروشی معروف شکسپیر و همکاران، حضور مداوم صحنه‌هایی از هنر جدید و واقعی در درون شهر، هنرمندان حاشیه‌ای و ترویج کارهای حرفه‌ای فرهنگی، ارائه موسیقی‌های مردمی در فضای عمومی، وجود مجسمه‌سازها و هنرمندان در فضا، فعالیت‌های خیابانی، مغازه‌ها و گالری‌های هنری خلّاق و کافه‌های روباز شهری، خصوصیات هستند که بازنمایی فضاهای شهری را در فیلم نیمه‌شب در پاریس، به فضایی سرزنده و هویت‌مند تبدیل کرده‌اند (شکل ۹).



شکل ۷. نمونه‌ای از سکانس‌های حاوی مؤلفه‌های عملکردی (تنوع کاربری)



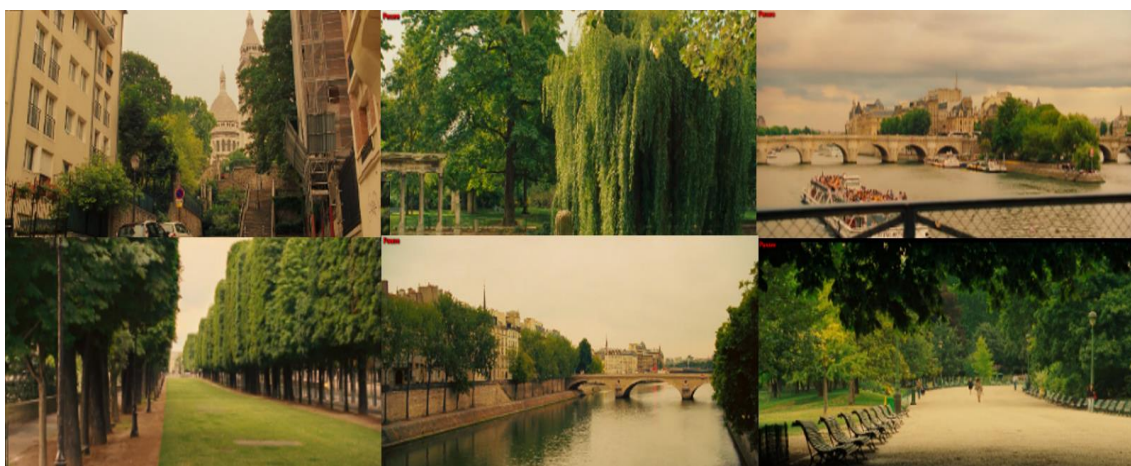
شکل ۸. نمونه‌ای از سکانس‌های حاوی مؤلفه‌های ادراکی (نشانه‌ها و ادراکات فضایی)



شکل ۹. نمونه‌ای از سکانس‌های حاوی مؤلفه‌های فرهنگی - اجتماعی

تحلیل و بررسی مؤلفه‌های زیست‌محیطی فضای شهری در فیلم

رودخانه سن و پلاژ ساحلی و تفریحی آن و جزیره سیته از مصداق‌های آثار طبیعی شهر به‌شمار می‌رود که در فیلم به‌تصویر کشیده شده است. راه‌های جنگلی، توجّه به صداها و طبیعتی شهری و دید و منظر پارک لوکزامبورگ و فضاها و عناصر طبیعی و دید و منظر طبیعی در این فیلم است که بازنمایی آن موجب افزایش سرزندگی و دعوت‌کنندگی می‌شوند (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. نمونه‌ای از سکانس‌های حاوی مؤلفه‌های زیست‌محیطی

بحث

یافته‌های پژوهش به‌طور عام با مرور اطلاعات موجود کتابخانه‌ای و به‌طور خاص در نمونه موردی از راه مشاهده و تحلیل سکانس‌های فیلم صورت پذیرفت. شاخص‌های کیفیت محیطی با استفاده از منابع کتابخانه‌ای جمع‌آوری شد که پس از تلفیق با مؤلفه‌های مرتبط با نشانه‌شناسی هریک از ابعاد، سنجه‌های ابعاد مؤثر در کیفیت فضاهای شهری به‌دست آمد. درواقع در پژوهش حاضر، ارزیابی کیفیت فضای شهری، مؤلفه‌های دخیل در کیفیت فضای شهری با رویکرد نشانه‌شناسی با مطالعه آن‌ها در فیلم نیمه‌شب در پاریس انجام گرفته است. این سنجه‌ها در قالب نمودار شاخص‌های رمزگان‌ها، با عنوان چهار رمزگان منطقی، تفسیری یا ائدیولوژیک، متنی یا بازنمودی و رمزگان اجتماعی معرفی شد و در فیلم مورد نظر بررسی شدند.

معیارهای کیفی فضایی با استفاده از گردآوری نظریه‌پردازان عرصه شهری در قالب مؤلفه‌های ساختاری - فضایی، ادراکی، اجتماعی - فرهنگی، زیست‌محیطی تبیین و سپس در فیلم مورد مطالعه ارزیابی شد. نتایج بیانگر آن است که فضای شهری پاریس دارای کیفیت فضایی محیطی بالایی برای به‌تصویرکشیدن در رسانه‌های مختلفی همچون سینما است. نوشتار پیش رو به این پرسش پاسخ داد که بازنمایی تصویر شهر به‌همراه کیفیت مناسب فضای شهری می‌تواند در شناخت و درک مناسب مخاطب از شهر نقش به‌سزایی داشته باشد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که مؤلفه‌های کیفیت محیط نقش مؤثری در شناسایی وجوه مختلف شهر دارند؛ به‌طوری که هرچه این ساختار در فیلم مناسب باشد، مخاطب از شناخت بیشتر و درک بهتری برخوردار است.

سینما نه‌تنها به بازنمایی جغرافیا، معماری و بافت شهری پرداخته، بلکه بر جغرافیای فرهنگی، محیط و هویت شهری شهرهای مشخصی همچون لس‌آنجلس، پاریس (شیل و فیتز^۱، ۱۳۹۱: ۱۴۸) و بمبئی (مازومدار^۲، ۲۰۰۷) تأثیر چشم‌گیری داشته است. بس^۳ در مطالعه مؤلفه‌های شهر رم در فیلم‌های ایتالیایی نیز به رابطه زندگی روزمره در رم و فضاهای شهری آن از دیدگاه سینما پرداخته و به این نکته اشاره می‌کند که سینمای ایتالیا دربردارنده شاخص‌ترین ویژگی‌های طبیعی و فرهنگی این شهر با کیفیتی توریستی است؛ به‌گونه‌ای که گویا گردشگری از کشف مکان‌های معروف این شهر به‌هیجان آمده باشد (پنز و تامس^۴، ۱۳۸۸: ۱۸). والتون^۵ نیز درباره نقش فیلم در توسعه تاریخی لس‌آنجلس گزارش دقیق‌تری از تأثیر بازنمایی یک فیلم از شهر عرضه و به مداخله فیلم در فرایندهای سیاسی و اجتماعی اشاره می‌کند (شیل و فیتز، ۱۳۹۱: ۴۱).

مطالعات ارزشمند داخلی نیز به‌روش پدیدارشناسی و معناگرانه بر این نکته اشاره می‌کنند که سینما در تعامل شهر با ذهن (پناهی، ۱۳۹۷) و فیزیک شهر و اجتماع (حبیبی و همکاران، ۱۳۹۷) متولد می‌شود. آنچه در بررسی مطالعات مطرح است، رابطه میان شهر و سینما را تأیید و شهر را همواره بستری دائمی برای سینما دانسته‌اند. نتایج پژوهش با این مطالعات هم‌راستا بود ضمن آنکه به ارتباط حرفه سینما و شهرسازی و توجه به اصول شهری در انتخاب و چیدمان عناصر معماری و شهری در سینما برای درک بهتر فضاهایی که مخاطبان آن را چه زیسته چه نزیسته‌اند، اشاره دارد.

به‌منظور سنجش شاخص رمزگان‌های منطقی، دو مؤلفه کالبدی و عملکردی با معیارهای ساختار کالبدی و تنوع فعالیتی و کاربری سنجش و تحلیل شد. نتایج نشان‌دهنده آن است که با توجه به اینکه بستر فیلم در شهر

1- Shiel & Fitz

2 - Mazumdar

3 - Bass

4- Penz & Thomas

5- Walton

پاریس اتفاق می‌افتد، فیلم‌ساز با گرفتن نماهای متعدد و نماهای نزدیک و گسترده از فضاها و متنوع پاریس، شناختی کامل از ساختار فضایی و کالبدی آن ارائه می‌دهد. یکی از سیاست‌های رسیدن به سرزندگی در فضای شهری، توجه به نمادها و نشانه‌های شهری در طول مسیر است که افزون بر اینکه به خوانایی مسیر کمک می‌کند، آن‌ها را به نمادهایی در ذهن مخاطب تبدیل می‌کند.

توجه به نشانه‌های شهری به‌وفور در این فیلم دیده می‌شود. این مؤلفه دربرگیرنده شاخص‌های فرم کالبدی، کیفیت جداره کالبدی در ابعاد جنس؛ رنگ، بافت و غیره است؛ بنابراین برای بهبود ساختار کالبدی باید به این مؤلفه‌ها بیش از دیگر مؤلفه‌ها توجه کرد. از دیگر عواملی که به کیفیت فضاها و سرزندگی آن کمک می‌کند، ایجاد کاربری‌های متفاوت و متناسب با فضاها و کاربری‌های شهری است. استقرار کاربری‌هایی که تداوم حضور شهروندان را در پی داشته باشد. در فیلم نیمه‌شب در پاریس، استقرار کاربری‌های تجاری و اوقات فراغت در کنار رودخانه سن، تنوع مبلمان در طول مسیر و هماهنگی روشنایی مسیر بدنه‌ها و تأکید روشنایی روی عناصر و بناهای شاخص به‌خوبی به‌تصویر کشیده شده است.

در نوشتار پیش رو نیز همانند مطالعات شیل و موریس (۲۰۱۲)، والتون (۲۰۱۲)، مازومدار (۲۰۰۷) و سایر پژوهش‌های مختلف که به بحث تأثیر بازنمایی معماری و کالبد پرداخته‌اند، نقش مؤلفه کالبدی و عملکردی نشان داده شده و نتایج مشابه در پژوهش حاضر و مطالعات پیش‌گفته بیان‌کننده این امر است که بی‌توجهی به این وجوه از فضاها در فضاهای واقعی، موجب عدم بازنمایی درست آن‌ها در فیلم‌های داخل کشور می‌شود. شناخت و برداشت مخاطب بیش از هر عامل یا مؤلفه دیگر به عامل کالبدی وابستگی دارد و این به‌خوبی در جستار پیش رو نشان داده شده است.

در پژوهش حاضر به‌منظور سنجش شاخص‌های رمزگان‌های متنی یا بازنمودی (زیباشناختی) ساختار فضایی دو مؤلفه کالبدی و ادراکی با معیارهایی همچون خواناسازی نقاط عطف بصری، نشانه‌های شهری، زیباسازی فضا و مبلمان شهری، خوانایی، محصوریت، احساس‌هایی مانند حس مرکزیت، مکث و مقیاس انسانی در فیلم مورد نظر بررسی شد. نتایج بیانگر آن است که کالبد فضاها و شهری در فیلم، نقش مهمی در شکل‌گیری هویت فضا، شکل‌گیری تصویرهای ذهنی شهروندان و القای بار معنایی و در نتیجه حضور مجدد افراد دارند. نشانه‌های شهری از معیارهایی بوده است که به میزان زیاد در فیلم نیمه‌شب در پاریس دیده می‌شود و شهر پاریس به‌عنوان شهری هویت‌مند که دارای عناصر نشانه‌ای زیادی است، به‌تصویر کشیده می‌شود و معیارهایی همچون مرکزیت، محصوریت و گشایش به‌خوبی در سکانس‌های مختلف فیلم دیده می‌شود.

تنوع کاربری‌ها و لبه‌های فعال باعث ایجاد محیطی سرزنده با غنای حسی بسیاری در این فیلم شده است که فیلم‌ساز باظرافت تمام به‌خوبی به‌تصویر کشیده است. توجه شهرسازان در ایجاد چنین کیفیت‌هایی در وهله نخست و سپس فیلم‌سازان برای بازنمایی درست امری ضروری است. نتایج بررسی‌های پژوهش حاضر با مطالعات شیل و موریس (۲۰۱۲) و والتون (۲۰۱۲) که نقش سینما را در شکل‌گیری هویت شهر تأیید می‌کنند، در یک راستا قابل مطالعه و بررسی هستند، در نوشتار پیش رو بر این مؤلفه‌ها، تأکید شده است و بی‌توجهی به این مؤلفه‌ها به‌معنای آشفتگی در ساختار شهر و در نتیجه بازنمایی آن است.

فضای شهری به‌عنوان مفهومی دربرگیرنده کنش تعاملات شهروندی و فعالیت‌های شهری مکان‌هایی هستند که به عموم شهروندان تعلق داشته و منحصر به جنبه کالبدی فیزیکی نبوده و درحقیقت با حضور انسان و فعالیت اوست که معنا می‌یابد. به این علت به‌منظور سنجش شاخص‌های رمزگان‌های اجتماعی در فیلم نیمه‌شب در پاریس، فضاها و شهری به‌عنوان عرصه‌ای برای زندگی و فعالیت مردم به‌خوبی به‌تصویر کشیده شده است و

اهمیت بخشیدن به رویدادها و وقایع اجتماعی مشهود است. مؤلفه‌هایی مانند راحتی، تأمین امنیت و آسایش و نیز وجود سرزندگی و پویایی، فراهم آوردن تعاملات اجتماعی از راه کافه‌های باز و تمهیدات کالبدی دیگر، به مثابه اصلی‌ترین ویژگی‌های یک فضای شهری ایده‌آل در این فیلم نشان داده شده است. استفاده از مؤلفه‌های فرهنگی - اجتماعی در ترکیب با فضا سازی‌های بصری شهری در سینما نیز نقش مهمی در ارتقای فضا و حضور افراد داشته است. امنیت، پاتوق‌های اجتماعی، تعلق خاطر مردم به نمادهای ملی و آیین‌های قدیمی، تاریخ غنی و پیشینه فرهنگی - تاریخی، مواردی هستند که در این فیلم به آن اشاره شده است.

در ارتباط با شاخص‌های زیست‌محیطی، دید و منظر به آثار طبیعی در سراسر فیلم به خوبی دیده می‌شود و با شاخص‌هایی همچون پاکیزگی و چشم‌اندازهای طبیعی بازنمایی شده‌اند. به طور کلی، تصویر پاریس، در فیلم شهری تاریخی و مهم، به علت فراوانی فضاهای تاریخی - تفریحی - گردشگری معرفی می‌شود. همبستگی مردم، احترام به آداب و رسوم و پیشینه فرهنگی نیز در این فیلم به تصویر درآمده است. بازنمایی این شهر با اشراف به مؤلفه‌های گوناگون شهری، در ترسیم منظر ذهنی آن در مخاطب و ادراکات او موفق عمل کرده است.

نتایج مطالعات در نوشتار پیش رو و موارد پیش گفته، بر جایگاه مؤلفه‌های کیفیت محیطی در بازنمایی شهر و تأثیر آن بر برداشت و ادراک شهر که امری بدیهی است، اشاره دارد. نتایج بررسی‌های پژوهش حاضر با مطالعات گفته شده در یک راستا قابل مطالعه و بررسی هستند (شیل و موریس، ۲۰۱۲؛ والتون ۲۰۱۲) و در مطالعات یاد شده بر این مؤلفه‌ها تأکید شده است. بی‌توجهی به مؤلفه‌های کیفیت محیطی در فیلم‌های ایرانی موجب آشفتگی و عدم ادراک مناسب ساختار شهر شده است. بی‌شک ارتقاء فضاهای شهری، معماری بومی و ایجاد نمادهای بومی، زیباسازی میدان‌ها و مبلمان شهری در شهرها، زمینه مناسب‌تری را برای بازنمایی در سینما ایجاد می‌کند و در ادراک مناسب مخاطب مؤثر است.

نتیجه‌گیری

هدف اصلی شهرسازی ایجاد و خلق فضا برای مردم و ارتقاء فضاها متناسب با نیازها و انتظارات آن‌ها است؛ به گونه‌ای که متضمن حضور دوباره‌شان در فضا باشد. امروزه در حیطه تأثیر رسانه و بازنمایی فضاهای شهری کمتر به مسائل کیفی فضا پرداخته شده است. بدین منظور در پژوهش حاضر معیارهای کیفی در فضاهای شهری استخراج و بررسی شد؛ نخست اینکه ارتقاء مؤلفه‌های کالبدی، عملکردی، ادراکی، زیست محیطی در شهر ضروری است و دوم اینکه بازنمایی صحیح آن، بر کیفیت فضای شهری از راه افزایش مطالبه‌گری مخاطب از فضا می‌افزاید. بر این اساس، این کیفیت‌ها در فیلم مورد نظر بررسی شد و نتایجی که در بخش تحلیل فیلم براساس تطبیق رمزگان‌های چهارگانه و کیفیت محیطی حاصل شد، بیانگر اهمیت مثبت مؤلفه‌های کیفیت محیطی در فیلم نیمه شب در پاریس است.

پژوهش حاضر با تحلیل متنی و محتوایی فیلم سینمایی نیمه شب در پاریس نشان می‌دهد که بازنمایی فضای شهری در این فیلم، پویایی و ساختار فضایی شهری سرزنده‌ای را به مخاطب القا می‌کند و به تصویر کشیده شدن این کیفیت‌های فضایی در فیلم خود می‌تواند موجب ارتقاء ادراک‌ها و متضمن حضور و تداوم فعالیت‌های افراد در فضا باشد. درواقع فیلم رابطه‌ای دوسویه بین شهر و داستان برقرار می‌کند و از داستان برای گشتن و دیدن در شهر استفاده می‌کند. این امر در فرایندی ادراکی و شناختی ذهنی، شخص را به ارزیابی محیط وامی‌دارد و به دنبال آن، احساسات و عواطف را درگیر ساخته که منجر به دوست داشتن یا دوست نداشتن محیط می‌شود.

درمجموع می‌توان بیان کرد که پیوند میان سینما و شهر می‌تواند به پیش برد اهداف شهرسازی کمک کند و

موجب بهبود کیفیت فضاها، الگوها و هنجارهای رفتاری، هنجارهای اجتماعی و حتی احیای هویت فراموش شده یا در حال فراموشی فضاهای شهری شود. سینما می‌تواند به شیوه‌ای خلاقانه و جذاب فضاهای شهری را در خلال سینمای داستانی بازنمایی کرده و از روی هم‌گذاری لایه‌های آن، نقاط ضعف و قوت ساختاری شهر را به‌نمایش گذارد و از این راه شکل ساختاری - فضایی آن را قوت ببخشد، شناخت مخاطب را افزایش دهد و به این وسیله، احساس او از فضا را غنا بخشد؛ همچنین با تکنیک‌های سینمایی به ارتقاء ارزش‌ها و معناهای مستتر در فضای شهری بپردازد و از این رو منجر به ارتقاء کیفی فضاهای شهری شود؛ بنابراین در نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان کرد که سینما می‌تواند زاویه دید جدیدی در اختیار شهرسازان قرار دهد. در یک کلام، سینما می‌تواند در شناخته‌شدن یک شهر و ویژگی‌های آن مؤثر و ابزاری برای بر ساخت هویت فضایی باشد.

نوشتار پیش رو به شهرسازان کمک می‌کند تا با نگاه جدیدتر به شناخت شهر و آسیب‌های آن بپردازند و از سویی مطالب مطرح شده تأثیر ژرفی بر انتخاب لوکیشن به وسیله فیلم‌سازان دارد. به گونه‌ای که به شکلی آگاهانه‌تر در صدد بازنمایی فضاهای شهری از نظر مؤلفه‌های شهری برآیند و بدین صورت به ارتقاء مفاهیمی همچون حسن تعلق، خاطره جمعی، تقویت هویت و بهبود منظر ذهنی اشخاص کمک کنند. در نهایت برای پاسخ به پرسش پژوهش حاضر، براساس جدول‌ها، مؤلفه‌ها و تحلیل‌های ارائه شده در نمونه موردی، راهکارهای زیر به‌منظور بهبود ارائه تصاویر در سینمای داستانی ایران و ارتقاء تصویر ذهنی مخاطب به واسطه‌های سینمایی همچون زاویه، قاب‌بندی و ترکیب صحنه، هدایت نور از تاریکی به روشنایی، نمایش فضاهای مثبت و رنگ‌ها مطرح می‌شود:

- ارتقاء کیفیت کالبدی فضاهای شهری با توجه به تأثیرات روانی نور، رنگ و مصالح کاربردی فضا و بازنمایی آن‌ها در فضاهای شهری، در صورت نبود چنین فضاهایی بازنمایی آن‌ها با تمهیدات سینمایی، به گونه‌ای که حسن تعصب به فضا را در مخاطب برانگیزد.

- ارتقاء سیما و منظر شهری و کیفیت‌های بصری مانند خوانایی، توجه به زیبایی‌های بصری لبه‌ها و جداره‌ها و بازنمایی آن‌ها در فیلم.

- تجهیز فضاها با عناصر و مبلمان شهری به‌منظور ایجاد انتظام فضایی بیشتر در فضا، اختصاص فضاهای مطلوب و مناسب به کارکردها و فعالیت‌ها و تأمین نیازهای متنوع کاربران فضا با استفاده از تمهیدات کالبدی و بازنمایی آن‌ها.

- ارتقاء کیفیت‌های زیست‌محیطی شهر از راه بازنمایی مشکلات زیست‌محیطی و چشم‌اندازهای مطلوب و نامطلوب، به‌منظور حفظ و ارتقاء محیط طبیعی و رفع آلودگی‌های زیست‌محیطی.

- طراحی مبلمان شهری با توجه به رنگ، بافت و فرم؛ توجه به نورپردازی مناسب؛ توجه به کیفیت جداره کالبدی و کف در ابعاد، جنس، رنگ، بافت و بازنمایی صحیح آن با تکنیک‌های سینمایی.

- ایجاد کیفیت بصری از جمله حفظ تسلط نشانه‌های شاخص، محصوریت و استفاده از علائم در فضاهای شهری و توجه به آن‌ها در بازنمایی فضای شهری در فیلم‌ها.

- ایجاد فضاهای مناسب فعالیت‌های اجتماعی و شکل‌گیری خودجوش فعالیت‌ها و بازنمایی آن‌ها در سینما به‌منظور ارتقاء و القای پویایی شهری به مخاطب.

- ایجاد اختلاط اجتماعی با تعبیه کاربری‌ها و نیازهای متنوع و مختلف و بازنمایی آن‌ها به‌منظور ارتقاء و القای سرزندگی شهری به مخاطب.

- حفظ ارزش‌های کالبدی و فضاهای تاریخی - فرهنگی برای شناساندن آن‌ها از راه سینما به مردم.

- آشناسازی مردم با میراث فرهنگی و معنوی در شهر به وسیله سینما.

- آشناساختن مردم با مسائل و مشکلات شهری و چگونگی درست برخورد با آن از راه سینما.

- افزایش ضریب امنیت روانی و بهبود تصویر ذهنی فضا به وسیله بازیابی ارزش‌های پنهان در فضا.
- افزایش ضریب امنیت روانی و بهبود تصویر ذهنی از فضا و جاذبه‌های در حال انزوا.
- بازیابی ویژگی‌های طبیعی و بومی و نشانه‌های شاخص شهری در سینما.
- انتقال ارزش‌های اجتماعی دوران مختلف (مانند جنگ و آسیب‌های ناشی از آن بر شهر) به نسل‌های آتی.
- استفاده بیشتر از نمادها و نشانه و عناصر معماری ایرانی در ترکیب‌بندی صحنه.
- نمایش زیرمؤلفه‌هایی همچون پیوستگی، مواد و مصالح، فرم و عناصر معماری سنتی و ... در راستای بهبود کیفیت تصویر ذهنی فضا.

منابع

- آفاق، مهدی (۱۳۸۱). انسان، محیط شهری و سینما: حس و ادراک شهرسازانه سینماگر. فصلنامه مدیریت شهری، ۱۱ (۹)، ۷۶-۸۷.
- اولسون، جین؛ سون، ویندال (۱۳۹۷). کاربرد نظریه‌های ارتباطات. مترجم: علی دهقان. تهران: علمی و فرهنگی.
- بحرینی، حسین (۱۳۹۲). فرایند طراحی شهری. تهران: دانشگاه تهران.
- بل، سایمون (۱۳۹۴). عناصر طراحی بصری در منظر. مترجم: محمدرضا مثنوی. تهران: دانشگاه تهران.
- پاکزاد، جهان‌شاه (۱۳۹۳). مبانی نظری و فرایند طراحی شهری. تهران: شهیدی.
- پالاسما، یوهانی (۱۳۸۸). تجربه فضایی در معماری و سینما. مترجم: کتیون یوسفی. تهران: حرفه هنرمند.
- پناهی، سیامک (۱۳۹۷). معماری و سینمای معناگرا. تهران: عصر کنکاش.
- پنز، فرانسوا؛ تامس، مورین (۱۳۸۸). سینما و معماری. مترجم: شهرام جعفری نژاد. تهران: سروش
- توسلی، محمود؛ بنیادی، ناصر (۱۳۸۶). طراحی فضای شهری: فضاهای شهر و جایگاه آن‌ها در زندگی و سیمای شهر. تهران: شهیدی
- تیبالدز، فرانسیس (۱۳۸۹). بهبود محیط شهری در شهرهای بزرگ و کوچک. مترجم: حسن علی لقایی و فیروزه جدلی. تهران: دانشگاه تهران.
- چندلر، دانیل (۱۳۸۷). مبانی نشانه‌شناسی. مترجم: مهدی پارسا. تهران: سوره.
- حبیبی، محسن؛ فرهنگیان، حمیده؛ پورمحمد رضا، نوید؛ شکوهی بیدهندی، صالح (۱۳۹۴). خاطره شهر. تهران: ناهید.
- خالق‌پناه، کمال (۱۳۸۸). نشانه‌شناسی و تحلیل فیلم: بررسی نشانه‌شناختی فیلم «لاک‌پشت‌ها هم پرواز می‌کنند». مطالعات فرهنگی و ارتباطات، ۴ (۱۲)، ۱۶۳-۱۸۲.
- دایمندبرگ، ادوارد (۱۳۹۱). شهر و سینما. مترجم: نوید پورمحمد رضا. فیلم‌خانه، ۹۱ (۱)، ۱۴۸-۱۵۹.
- روانشادنی، سمیه (۱۳۹۷). شهر تهران در آثار سینمایی دهه ۴۰ از منظر جامعه‌شناسی سینما با تأکید بر فیلم خشت و آینه. هویت شهر، ۱۳ (۳)، ۷۹-۹۰.
- سورین، ورنر جوزف؛ تانکارد، جیمز دیلو (۱۳۸۹). نظریه‌های ارتباطات. مترجم: علیرضا دهقان. تهران: دانشگاه تهران.
- شیل، مارک؛ فیتز؛ موریس (۱۳۹۱). سینما و شهر: فیلم و جوامع شهری در بستر جهانی. مترجم: میترا علوی‌طلب و محمود اربابی. تهران: روزنه.
- کازبیه، آلن (۱۳۸۲). پدیدارشناسی و سینما. مترجم: علاءالدین طباطبایی. تهران: هرمس.
- کرمونا، متئو؛ هیت، تیم؛ تنراک؛ تیسدل، استیون؛ (۱۳۹۱). مکان‌های عمومی، فضاهای شهری. مترجم: فریبا قرائی؛ مهشید شکوهی؛ زهرا اهری و اسماعیل صالحی. تهران: دانشگاه هنر.
- گلکار، کوروش (۱۳۹۳). آفرینش مکان پایدار: تأملاتی در باب نظریه طراحی شهری. تهران: دانشگاه شهید بهشتی.
- لقمانی، حدیث؛ اعتصام، ایرج؛ ذبیحی، حسین (۱۳۹۷ الف). تحلیل ساختار عناصر شهری در دنیای تو ساعت چند است؟ با

- مروری بر ارتباط شهر و سینما. هفت حصار، ۷(۲۷)، ۲۹-۴۲.
- لقمانی، حدیث؛ اعتصام، ایرج؛ ذبیحی، حسین (۱۳۹۷ ب). سنجش مؤلفه‌های کیفی فضای شهری در فیلم در دنیای تو ساعت چند است؟. *جغرافیا و مطالعات محیطی*، ۸(۳۰)، ۷۷-۹۰.
- مدنی‌پور، علی (۱۳۸۷). *فضاهای عمومی و خصوصی شهر*. مترجم: فرشاد نوریان. تهران: شرکت پردازش و برنامه‌ریزی شهری.
- مدنی‌پور، علی (۱۳۹۲). *طراحی فضای شهری*. مترجم: فرهاد مرتضایی. تهران: سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران.
- مسعودی، انوشیروان (۱۳۸۵). *شهر در زیبایی‌شناسی سینما*. جستارهای شهرسازی، ۱۷(۱۸)، ۷۷-۸۱.
- مک‌کویل، دنیس (۱۳۹۱). *درآمدی بر نظریه ارتباطات جمعی*. مترجم: پرویز اجاللی. تهران: مرکز مطالعات و تحقیقات رسانه‌ها.
- مهدی‌زاده، سید محمد (۱۳۹۲). *نظریه‌های رسانه (اندیشه‌های رایج و دیدگاه‌های انتقادی)*. تهران: همشهری.
- نسر، جک (۱۳۹۳). *تصویر ذهنی ارزیابانه از شهر*. مترجم: مسعود اسدی محل‌چالی. تهران: آرمانشهر.
- نوربرگ - شولتز، کریستیان (۱۳۹۳). *گزینه‌ای از معماری: معنا و مکان*. مترجم: ویدا نوروزبرازجانی. تهران: پرهام نقش.

References

- Bahrainy, H. (2013). *Urban Design Process*. Tehran: University of Tehran Press (In Persian).
- Bell, S. (2015). *Elements of visual design in the landscape*. Tehran: University of Tehran press (In Persian).
- Carmona, M. (2004). *Living places: caring for quality, the Bartlett school of Planning*. London: UCL office of the deputy prime minister.
- Carmona, M. (2010). Contemporary public space: Critique and classification, part one: Critique. *Journal of urban design*, 15(1), 123-148.
- Carmona, M. (2012). *Public Places, Urban Space: The dimensions of urban design*. Tehran: Tehran University of Arts (In Persian).
- Casebier, A. (2010). *Film and Phenomenology: toward a realist theory of cinematic*. Tehran: Hermes (In Persian).
- Chandler, D. (2008). *Semiotics: The Basic*. Tehran: Surah (In Persian).
- Colquhoun, A. (1985). *On Modern and Post-Modern, In Architecture Criticism Ideology*. New Jersey: Joan Ockmanm Princeton Architectural Press.
- De Lange, M., & De Waal, M. (2013). Owning the city: New media and citizen engagement in urban design. *First Monday*.
- Diamondberg, E. (2012). City and Cinema. *Film Khaneh*, 1, 148-159 (In Persian).
- Golkar, K. (2014). *Creating Sustainable Place: Reflections on Urban Design Theory*. Tehran: Shahid Beheshti University (In Persian).
- Habibi, M., Farahmandian, H., Pour Mohammadreza, N., Shokouhi, S. (2015). *Khatereh Shahr*. Tehran: Nahid (In Persian).
- Jacobs, A., & Appleyard, D. (1987). Toward an urban design manifesto. *Journal of the American Planning Association*, 53(1), 112-120.
- Khan, M. F., & Aftab, S. (2015). Quality of Urban Environment: A Critical Review of Approaches and Methodologies. *Current Urban Studies*, 3 (04), 368.
- Lee, K. H., Wong, M. S., & Kim, Y. J. (2011). Investigation of Urban Environmental Quality Using an Integration of Satellite, Ground based measurement data. *Korean Journal of Remote Sensing*, 27(3), 339-351.
- Lefebvre, H. (1991). *The Production of Space*. Oxford: Blackwell
- Loghmani, H., Etesam, I., Zabihi, H. (2019 a). Analyzing the structure of urban elements dar donyaye to saat chand ast? An overview of the relationship between the city and the cinema. *Haft Hesar: journal of environmental studies*, 7(27), 29-42 (In Persian).
- Loghmani, H., Etesam, I., Zabihi, H. (2019 b). Measurement of Urban Quality Indicators in Iranian Films Case Study: (A Movie Dar Donyaye To Saat Chand Ast). *Journal of Geography and*

- Environmental Studies*, 8(30), 77-90 (In Persian).
- Madani Pour, A. (2008). *Public and Private Spaces of the City*. Tehran: Processing and Planning Institute of Tehran Municipality (In Persian).
- Madani Pour, A. (2013). *Design of urban space: an inquiry into a socio spatial process*, Tehran: Processing and Planning Institute of Tehran Municipality (In Persian).
- Mazumdar, R. (2007). *Bombay cinema: An archive of the city*. Minneapolis, London: University of Minnesota Press.
- McQuail, D. (2012). *Mass communication theory, an introduction*. Tehran: Center for Media Studies and Research (In Persian).
- Mehdizadeh, S. M. (2013). *Media Theories, Common Thoughts and Critical Perspectives*. Tehran: Hamshahri (In Persian).
- Nasar, J. (2014). *The Evaluative of the city*. Tehran: Armanshahr (In Persian).
- Norberg-Shulz, Ch. (1990). *Architecture: meaning and place*. Tehran: Parham naghsh (In Persian).
- Olson, J., & Sean, V. (2018). *Application of communication theories*. Tehran: Scientific and cultural (In Persian).
- Pakzad, J. (2014). *Theoretical Foundations and Urban Design Process*. Tehran: Shahidi (In Persian).
- Pallasma, J. (2009). *The architecture of image: existential space in cinema*. Tehran: The Artist's Profession (In Persian).
- Panahi, S. (2018). *Architecture and Semantic Cinema*. Tehran: Asre kankash (In Persian).
- Penz, F., & Thomas, M. (2012). *Cinema and Architecture*. Translated into Persian by shahram jafari-nezhad. Tehran: Soroush press (In Persian).
- Ravanshadnia, S. (2019). Tehran City in the Cinematic Films of the 40's From the Perspective of Sociology of Cinema with an Emphasis on Clay and Mirror Film. *Hoviate shahr*, 13 (39), 79-120 (In Persian).
- Severin, W., & Tankard, J. (2010). *Communication Theories: origins-methods and uses in the mass media*. Tehran: University of Tehran (In Persian).
- Shiel, M., & Fitz, T. (2012). *Cinema and the city: film and urban societies in a global context*. Tehran: Rozaneh (In Persian).
- Shiel, M. (2001). *Cinema and the city History and Theory, in cinema and the city: films and urban societies in a Global context*, Oxford: Blackwell.
- Tavassoli, M., & Bonyadi, N. (2007). *Urban space design*. Tehran: Shahidi (In Persian).
- Thompson, B., & Kristin, T. (2018). *Film history: an introduction*. Tehran: Center (In Persian).
- Tibbalds, F. (1990). *Making people - friendly towns: improving the public environment in towns and cities*. Tehran: University of Tehran (In Persian).
- Windal, S. (2018). *Using communication theory an introduction to planned communication*. Tehran: Scientific and cultural (In Persian).
- Zucker, P. (1959). *Town and Square, from the Agora to the village Green*. USA: MIT Press.



Evaluation of Landslide Susceptibility Zonation applying Fuzzy Gamma Operators in Taleghanroud Watershed of Qazvin Province

Jamal Mosaffaie^{1*}, Amin Salehpour Jam¹, Faramarz Sarfaraz², Samad Shadfar³

¹ Department of watershed management, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

² Department of natural resources, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Tehran, Iran

³ Department of soil conservation, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 13 October 2020

Accepted 9 December 2020

Available online 15 December 2020

Keywords:

Fuzzy Membership Values, Frequency Ratio, Hazard Zoning, Density Ratio, Sum of Quality.

Citation: Mosaffaie, J., Salehpour Jam, A., Sarfaraz, F., Shadfar, S. (2020). Evaluation of Landslide Susceptibility Zonation applying Fuzzy Gamma Operators in Taleghanroud Watershed of Qazvin Province. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (3), 71-90.

doi: [10.22126/GES.2020.5787.2297](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5787.2297)

ABSTRACT

Landslide is one of the most destructive types of erosion on slopes, which causes a lot of financial and human losses. Since it is difficult to predict the occurrence of landslides, it is very important to identify landslide-sensitive areas and the zoning of these areas based on the potential risk of this phenomenon. Evaluation of landslide susceptibility is one of the basic tools for managing and reducing potential damages. The present study has attempted to assess the efficiency of various fuzzy gamma operators for landslide susceptibility zonation in Taleghanroud watershed of Qazvin province. Therefore, the landslide distribution map and also 11 effective factor were first prepared which include layers including slope, slope direction, altitude, land use, lithology, distance to road, distance to stream, distance to fault, earthquake acceleration, precipitation, and maximum daily precipitation. A total of 15 landslides were identified, 70% of which were used to model and 30% of which were used to evaluate the results of the models. Then, after determining the values of Frequency Ratio and fuzzy membership for different classes of effective factors, landslide susceptibility maps were produced using fuzzy gamma operators (for gamma values equal to 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 and 1). The evaluation process using Density Ratio and Sum of Quality indices showed that the gamma of 0.7 has higher accuracy than other gamma values in the study area. The landslide hazard zoning map of the superior model will be useful in land use planning and reducing the landslide risk of the region.



پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش با استفاده از عملگرهای گامای فازی در آبخیز طالقان رود استان قزوین

جمال مصفايي^{۱*}، امین صالح پورجم^۱، فرامرز سرفراز^۲، صمد شادفر^۳

^۱ گروه مدیریت حوزه‌های آبخیز، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

^۲ بخش تحقیقات منابع طبیعی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، قزوین، ایران

^۳ گروه حفاظت خاک، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

چکیده

مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۲۲ مهر ۱۳۹۹

پذیرش ۱۹ آذر ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۲۵ آذر ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

مقادیر عضویت فازی، نسبت فراوانی، پهنه‌بندی خطر، نسبت تراکم، مجموع مطلوبیت.

استناد: مصفايي، جمال؛ صالح پورجم، امین؛ سرفراز، فرامرز؛ شادفر، صمد (۱۳۹۹). پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش با استفاده از عملگرهای گامای فازی در آبخیز طالقان رود استان قزوین. جغرافیا و پایداری محیط، ۳۶ (۳)، ۷۱-۹۰.

doi: 10.22126/GES.2020.5787.2297

زمین لغزش که شامل جداسازی‌های خاک و مواد سنگی به سمت پایین دامنه است، یکی از انواع مخرب فرسایش در دامنه‌ها است که موجب خسارت‌های مالی و جانی فراوانی می‌شود. از آنجاکه پیش‌بینی زمان وقوع زمین لغزش‌ها مشکل است؛ از این رو شناسایی مناطق حساس به زمین لغزش و پهنه‌بندی این مناطق براساس پتانسیل خطر ناشی از بروز این پدیده، اهمیت فراوانی دارد. تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی حساسیت به زمین لغزش از ابزارهای اساسی مدیریت و کاهش خسارات احتمالی است. در پژوهش حاضر سعی شده است مخاطره زمین لغزش در آبخیز طالقان استان قزوین با استفاده از عملگرهای گامای فازی پهنه‌بندی شود. برای این منظور، ابتدا نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها و نیز یازده لایه اطلاعاتی شامل درجه شیب، جهت شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، سنگ‌شناسی، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، شتاب زمین لرزه، مقدار بارش، حداکثر بارش روزانه تهیه شد. در مجموع از یازده زمین لغزش شناسایی شده، ۷۰٪ برای مدل‌سازی و ۳۰٪ برای ارزیابی نتایج مدل‌ها استفاده شد. پس از تعیین مقادیر نسبت فراوانی و عضویت فازی برای طبقات نقشه عوامل مختلف، نقشه حساسیت زمین لغزش با استفاده از مقادیر مختلف گامای فازی (۰، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷، ۰/۸، ۰/۹ و ۱) تهیه شد. نتایج ارزیابی نقشه‌های پهنه‌بندی خطر با استفاده از شاخص‌های نسبت تراکم و مجموع مطلوبیت، نشان داد که عملگر فازی با مقدار گامای ۰/۷ از دقت بالاتری نسبت به سایر مقادیر گاما در منطقه مورد مطالعه برخوردار است. نقشه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش مدل برتر کاربرد مهمی را در فرایند آمایش کاربری‌های اراضی منطقه مورد بررسی و کاهش ریسک زمین لغزش منطقه خواهد داشت.

مقدمه

زمین لغزش شامل همه جابه‌جایی‌ها و جداشدگی‌های خاک و مواد سنگی در امتداد سطح گسیختگی و به سمت پایین دامنه است (رشوند و همکاران، ۱۳۹۲). زمین لغزش به‌طور عمده براساس تلفیقی از فرآیندهای مختلف در مناطقی که توپوگرافی کوهستانی و لیتولوژی رسوبی دارند رخ می‌دهد (صالح‌پور جم و همکاران، ۱۳۹۸ الف و ب)؛ ازجمله عوامل طبیعی مؤثر در وقوع زمین لغزش‌ها می‌توان به بارش، سنگ‌شناسی، شیب، جهت شیب، گسل، میزان رطوبت و مانند آن اشاره کرد (مصفايي و همکاران، ۱۳۹۶ الف). این پدیده موجب خسارت به انواع سازه‌های مهندسی، مناطق مسکونی، زمین‌های کشاورزی و در پی آن، ایجاد رسوب و سیلاب‌های گل‌آلود و در نهایت پرشدن مخازن سدها می‌شود (مصفايي و همکاران، ۱۳۹۶ ب)؛ افزون بر این، اثرات اجتماعی و زیست‌محیطی ناشی از وقوع این پدیده، مانند مهاجرت و بیکاری را نباید نادیده گرفت. از سال ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۶، در مجموع ۵۵۹۹۷ نفر در ۴۸۶۲ رویداد لغزش در سراسر جهان بر اثر وقوع زمین لغزش‌ها کشته شده‌اند (هی^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). در کشور ایران نیز مطالعاتی درمورد خسارت‌های ناشی از حرکات توده‌ای و زمین لغزش صورت گرفته است. براساس گزارش جمع‌بندی داده‌ها و خسارت‌های مربوط به ۴۹۰۰ زمین لغزش، میزان خسارت ناشی از زمین لغزش در حدود ۱۲۶۸۹۳ میلیارد ریال برآورد شده است (مصفايي و طالبي، ۱۳۹۳).

زمین لغزش‌ها، با توجه به ماهیت، تنوع و نیز ایجاد مخاطره و آثار زیان‌باری که برای جان و مال انسان‌ها دارند، همواره مورد توجه و مطالعه پژوهشگران رشته‌های مختلف علوم زمین ازجمله زمین‌شناسی مهندسی، ژئومورفولوژی، آبخیزداری، ژئوتکنیک و غیره بوده است. پیچیدگی و مرکب‌بودن عوامل مؤثر در پدیده زمین لغزش، باعث مشکل‌شدن تعیین درصد احتمال وقوع آن شده است (جویباری و همکاران، ۱۳۹۶). تعیین احتمال واقعی وقوع زمین لغزش، مستلزم به‌کارگیری مدل‌های پیچیده و تحلیل تمامی عوامل مؤثر در ایجاد آن است. از آنجاکه پیش‌بینی زمان وقوع زمین لغزش‌ها مشکل است، از این رو شناسایی مناطق حساس به زمین لغزش و پهنه‌بندی این مناطق براساس پتانسیل خطر ناشی از بروز این پدیده، اهمیت فراوانی دارد. مفهوم پهنه‌بندی عبارت است از تقسیم‌بندی سطح زمین به مناطق مجزا و رتبه‌بندی این مناطق براساس پتانسیل خطر ناشی از بروز زمین لغزش (شعاعی، ۱۳۹۵: ۲۳۸). تاریخچه کاربرد نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش‌ها مربوط به دهه ۱۹۷۰ است و روش‌های متعددی نیز در این ارتباط وجود دارد (پرادهان و لی^۲، ۲۰۱۰).

روش‌های پهنه‌بندی حساسیت زمین لغزش را می‌توان براساس ماهیت آن‌ها به دو دسته کلی تجربی و آماری تقسیم کرد. مدل‌های تجربی در شرایط جغرافیایی ویژه‌ای ارائه می‌شوند به‌طوری که عوامل هر مدل متناسب با شرایط خاص آن منطقه بوده یا بر بعضی عوامل تأکید بیشتری شده است و ممکن است برای مناطق دیگر چندان مناسب نباشد. دسته دیگر مدل‌های آماری هستند که در آن‌ها میزان اهمیت طبقات مختلف عوامل مؤثر در ناپایداری با توجه به نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها تعیین و بعد حساسیت زمین لغزش پهنه‌بندی می‌شود؛ ازجمله روش‌های تجربی می‌توان به مدل حائری – سمیعی (آرمین و همکاران، ۱۳۹۸)، تحلیل سلسله‌مراتبی (یوشیماتسو و آبه^۳، ۲۰۰۶؛ یالسین^۴ و همکاران، ۲۰۱۱؛ هاسکیو گالری و ارکان اوغلو^۵،

1- He

2- Pradhan & Lee

3- Yoshimatsu & Abe

4- Yalcin

5- Hasekio gullari & Ercanoglu

۲۰۱۲؛ پورقاسمی^۱ و همکاران، ۲۰۱۳؛ کریمی سنگچینی^۲ و همکاران، ۲۰۱۶؛ کومار و آنبالاگان^۳، ۲۰۱۶؛ استنلی و کریشباوم^۴، ۲۰۱۷؛ آبا^۵ و همکاران، ۲۰۱۹؛ هی و همکاران، ۲۰۱۹؛ نگوین^۶ و لیو^۷، ۲۰۱۹ و ازجمله مدل‌های آماری نیز به رگرسیون چندمتغیره و لجستیک (مصفايي و همکاران، ۱۳۸۸؛ مصفايي و اونق، ۱۳۸۸ و ۱۳۹۰؛ پورقاسمی و همکاران، ۲۰۱۳؛ آلتوآینی^۸ و همکاران، ۲۰۱۴)، منطق فازی و گامای فازی (تنگستانی^۹، ۲۰۰۴؛ لی، ۲۰۰۷؛ بوی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۵؛ مرادی و همکاران، ۱۳۸۹)، شبکه عصبی مصنوعی (کانیانی^{۱۱} و همکاران ۲۰۰۸، کانفورتی^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۴؛ دو^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۵)، مدل نسبت فراوانی (یالسن و همکاران، ۲۰۱۱؛ پورقاسمی و همکاران، ۲۰۱۳؛ و خشوری و زارع^{۱۴}، ۲۰۱۶)، روش جنگل تصادفی^{۱۵} (تری‌جیلا^{۱۶} و همکاران، ۲۰۱۲؛ کاتانی^{۱۷} و همکاران، ۲۰۱۳؛ چن^{۱۸} و همکاران، ۲۰۱۴؛ یوسف^{۱۹} و همکاران، ۲۰۱۵) اشاره کرد.

در روش اپراتورهای فازی گاما، پژوهش‌های گذشته مقادیر مختلفی از گاما را برای بهترین نقشه پهنه‌بندی ارائه کرده‌اند که ازجمله آن‌ها می‌توان به گامای ۰/۹۷۵ در آبخیز هراز (مرادی و همکاران، ۱۳۸۹)، گامای ۰/۷ در لاجیم مازندران و طالقان استان تهران (متکان و همکاران، ۱۳۸۸؛ متولی و اسماعیلی، ۱۳۹۱)، گامای ۰/۹ در بخش مرکزی شهرستان جم بوشهر (صفاری و همکاران، ۱۳۹۴)، گامای ۰/۹۴ در آبخیز کلان استان فارس (تنگستانی، ۲۰۰۴)، گامای ۰/۹۷۵ در منطقه‌ای در کره (لی، ۲۰۰۷)، گامای ۰/۹۷۵ در ناگلند هندوستان (هینوتولی سما^{۲۰} و همکاران، ۲۰۱۷) اشاره کرد. شریعت‌جعفری (۱۳۸۷) نیز برای تبیین تأثیر عملگرهای گاما در ارزیابی توان زمین درمقابل لغزش در البرز مرکزی، نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش را بررسی و نتیجه گرفت که با افزایش مقدار گاما در عملگر گامای فازی، درصدهای بیشتری از سطح منطقه تحت کلاس‌های خطر بالاتر قرار می‌گیرند و بر این اساس، برای کاربری‌های مختلف مد نظر، مقادیر مختلفی از گاما را به‌منظور تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر ارائه و پیشنهاد داده است.

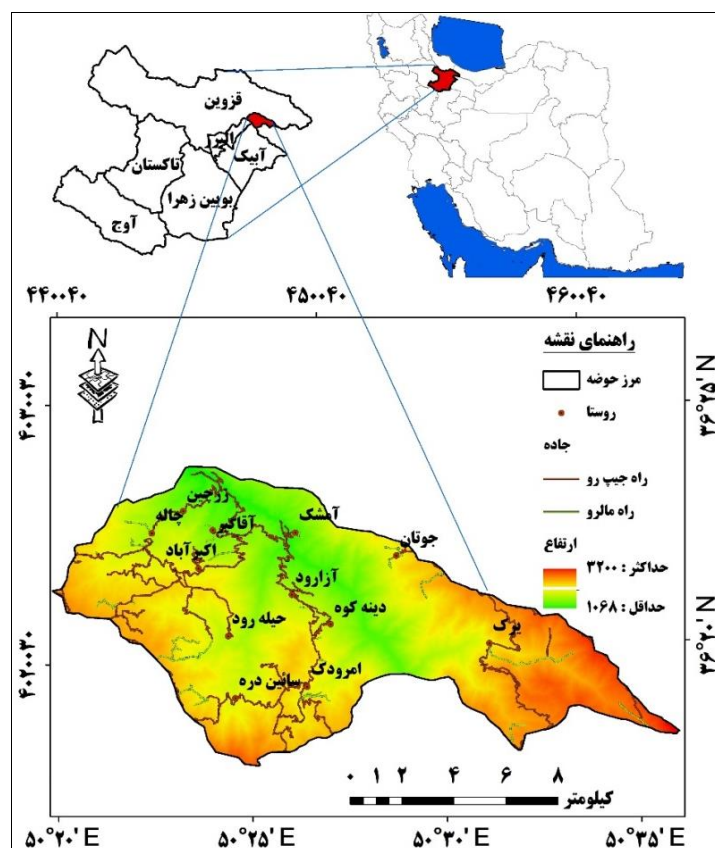
مرور منابع بیان‌گر آن است که با توجه به خسارت‌های ناشی از وقوع این پدیده، لازم است که در مناطق حساس، نقشه پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین‌لغزش با روش مناسبی صورت پذیرد است. آبخیز طالقان ازجمله بخش‌های کوهستانی و مستعد به زمین‌لغزش در استان قزوین است که با توجه به خسارت‌های فراوان جانی و مالی زمین‌لغزش، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان قزوین طی تفاهم‌نامه‌ای با پژوهشکده

- 1- Pourghasemi
- 2- Karimi Sangchini
- 3- Kumar & Anbalagan
- 4- Stanley & Kirschbaum
- 5- Abay
- 6- Nguyen
- 7- Liu
- 8- Althuwaynee
- 9- Tangestani
- 10- Bui
- 11- Caniani
- 12- Conforti
- 13- Dou
- 14- Vakhshoori & Zare
- 15- Random Forest
- 16- Trigila
- 17- Catani
- 18- Chen
- 19- Youssef
- 20- Hinotoli Sema

حفاظت خاک و آبخیزداری، خواستار انجام پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در این حوضه شده است. روش اپراتورهای فازی گاما نیز از جمله روش‌های مرسوم و کمابیش جدید پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش است که به دلیل استفاده از منطق فازی، فاقد محدودیت‌های عملگرهای جمع و ضرب جبری لایه‌ها است؛ بنابراین هدف از نوشتار پیش رو تعیین مناسب‌ترین ضریب گامای فازی و پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین‌لغزش در حوضه طالقان استان قزوین است. نتایج حاصل از پژوهش می‌تواند در آینده برای ارائه راهکارهای مقابله‌ای و اجرایی استفاده شده و اطلاعات مناسبی را برای مدیریت مناطق حساس به زمین‌لغزش فراهم سازد.

معرفی منطقه مورد بررسی

آبخیز طالقان رود (قسمت واقع در استان قزوین) بخشی از حوضه سفیدرود است که با وسعت ۱۳۰۰۰ هکتار بین مختصات ۲۰' ۵۰° تا ۳۶' ۵۰° طول شرقی و ۱۸' ۳۶° تا ۲۳' ۳۶° عرض شمالی و در فاصله حدود ۸۰ کیلومتری شمال شرق شهر قزوین قرار دارد. محدوده مورد مطالعه از شمال به آبخیز الموت رود (کوه‌های شاه‌البرز)، از جنوب به حوضه شور و شهرستان آبیک، از شرق به استان البرز و از غرب به حوضه رودخانه شاهرود محدود شده که از منطقه شیرکوه (محل تلاقی الموت رود با طالقان رود) به حوضه شاهرود زهکش می‌شود. آبخیز طالقان رود یکی از سرشاخه‌های اصلی رودخانه شاهرود است که دارای ارتفاع حداقل ۱۰۶۹، ارتفاع حداکثر ۳۲۰۰ و متوسط ارتفاع ۲۰۲۳ متر از سطح دریای آزاد است. سطح حوزه را به طور عمده کوه‌هایی تشکیل می‌دهند که در بخشی از سال پوشیده از برف هستند. رودخانه اصلی و دائمی طالقان رود از میان این حوزه می‌گذرد که به دلیل شرایط مناسب، در حاشیه آن کشاورزی، باغداری، شالی‌کاری و غیره در سطح گسترده‌ای رواج دارد (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت آبخیز طالقان رود در استان قزوین و ایران

مواد و روش‌ها

تهیه نقشه عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش

در نوشتار پیش رو از عوامل مختلفی از جمله ارتفاع، میزان شیب، جهت شیب، کاربری اراضی، زمین‌شناسی، فاصله از گسل، فاصله از آبراهه، فاصله از جاده، متوسط بارش سالانه و پتانسیل لرزه‌خیزی به‌عنوان عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش استفاده شد. منابع اطلاعاتی برای تهیه نقشه عوامل پیش‌گفته، مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک مکانی ده متر، نقشه‌های زمین‌شناسی سازمان زمین‌شناسی کشور با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی سازمان نقشه‌برداری کشور با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نقشه پوشش گیاهی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و تصاویر گوگل‌ارث^۱ بود.

برای تهیه نقشه حداکثر بارش روزانه، ابتدا مقادیر حداکثر بارش روزانه ایستگاه‌های باران‌سنجی برای سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۷ در هر سال استخراج شد و بهترین توزیع برای برازش به داده‌های هر ایستگاه در نرم‌افزار ایزی‌فیت^۲، انتخاب و آماره‌های مربوط به آن استخراج شد. در مرحله بعد، در هر ایستگاه، مقادیر حداکثر بارش روزانه با استفاده از بهترین توزیع برای دوره بازگشت ۲۵ سال برآورد شد و در نهایت، نقشه حداکثر بارش روزانه با دوره بازگشت ۲۵ سال از مقادیر نقطه‌ای ایستگاه‌های مختلف تهیه شد.

برای تعیین ضریب عامل شدت زمین‌لرزه، از نقشه رقومی شتاب افقی زمین‌لرزه در محدوده قزوین تهیه‌شده به‌وسیله سازمان زمین‌شناسی کشور استفاده شد (پژوهش و بررسی نوزمین‌ساخت، لرزه‌زمین‌ساخت و خطر زمین‌لرزه - گسلش در گستره قزوین بزرگ و پیرامون، ۱۳۷۱)؛ همچنین داده‌های رقومی شتاب بیشینه زمین^۳ یا مربوط به محدوده استان قزوین نیز برای دوره بازگشت ۴۷۵ سال تهیه شد (موسوی بفروئی و همکاران، ۱۳۹۳).

تهیه نقشه پراکنش زمین‌لغزش

برای تهیه نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها (در نوشتار پیش رو تنها از لغزش‌های با نوع جریانی^۴ و چرخشی^۵ استفاده شد) از عکس‌های هوایی منطقه با مقیاس‌های مختلف ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۴۰۰۰۰، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، تصاویر ماهواره‌ای گوگل‌ارث و سایر منابع اطلاعاتی از جمله نقشه‌های زمین‌لغزش سازمان جنگل‌ها مشتمل بر فرم‌های تک‌صفحه‌ای و چهارصفحه‌ای، استفاده شد و پس از شناسایی زمین‌لغزش‌ها، نقشه ابتدایی پراکنش زمین‌لغزش‌ها تهیه شد؛ پس از انجام بازدیدهای گسترده میدانی، تمامی زمین‌لغزش‌های شناسایی‌شده، نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها روی نقشه‌های توپوگرافی تطبیق نهایی شد.

ارزیابی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از عملگرهای گامای فازی

ابتدا در محیط نرم‌افزار آرک جی.آی.اس^۶ نقشه هریک از عوامل مؤثر، با نقشه پراکنش زمین‌لغزش قطع داده شد و مساحت و درصد زمین‌لغزش در هر طبقه از نقشه عوامل مؤثر مشخص شد. در مرحله بعد، با استفاده از رابطه نسبت فراوانی^۷ (رابطه ۳)، میزان اهمیت هریک از طبقات عوامل مؤثر محاسبه شد (یالسن و همکاران، ۲۰۱۱؛ پورقاسمی و همکاران، ۲۰۱۳؛ کریمی سنگچینی و همکاران، ۲۰۱۶). لازم به ذکر است که تاکنون

1- Google Earth

2- Easy fit

3- Peak Ground Acceleration (PGA)

4- Flows

5- Rotational landslide

6- Arc GIS

7- Frequency Ratio (FR)

روابط مختلفی برای محاسبه میزان اهمیت طبقات عوامل ارائه شده است که حاصل و خروجی تمامی آن‌ها اعداد بدون بعدی است که گویای میزان اهمیت واحدهای هر عامل در پتانسیل وقوع زمین‌لغزش است. ازجمله این روابط عبارت‌اند از:

الف: نسبت درصد لغزش واحد به درصد لغزش تمام واحدها:

$$\text{رابطه ۱} \quad (\text{مساحت کل لغزش} / \text{مساحت کل منطقه}) / (\text{مساحت واحد} / \text{مساحت لغزش واحد}) = \text{اهمیت طبقه}$$

ب: نسبت فراوانی سطح لغزشی واحد به سطح فاقد لغزش واحد:

$$\text{رابطه ۲} \quad (\text{مساحت فاقد لغزش واحد} / \text{مساحت لغزشی واحد}) = \text{اهمیت طبقه}$$

ایراد این رابطه این است که چنانچه تمامی سطح یک واحد دچار لغزش شده باشد، عدد اهمیت طبقه برای آن واحد بی‌نهایت خواهد شد و در نتیجه ادامه تحلیل را با مشکل همراه می‌نماید.

پ: نسبت فراوانی درصد لغزش واحد به درصد مساحت واحد:

$$\text{رابطه ۳} \quad (\text{مساحت کل منطقه} / \text{مساحت کل لغزش}) / (\text{مساحت واحد} / \text{مساحت لغزش واحد}) = \text{اهمیت طبقه}$$

در ادامه با توجه به محدودیت‌های عملگرهای جمع و ضرب جبری، در پژوهش حاضر از عملگرهای گامای فازی به‌منظور تلفیق نقشه‌های براساس نسبت فراوانی (اهمیت) استفاده شد. از آنجاکه برای استفاده از عملگرهای گامای فازی، ضروری است که لایه‌های اهمیت نیز دارای مقادیری بین صفر تا یک باشند؛ بنابراین مقادیر نسبت فراوانی لایه‌ها با استفاده از تابع خطی (رابطه ۴) به این دامنه عددی تبدیل شد و مقادیر حاصل، به‌عنوان مقادیر عضویت فازی طبقات عوامل مؤثر (که عددی است بین صفر و یک) در نظر گرفته شد.

$$\text{رابطه ۴} \quad (X - \text{MIN}_x) / (\text{MAX}_x - \text{MIN}_x) = \text{مقدار عضویت فازی}$$

در رابطه ۴، X : همان مقدار نسبت فراوانی و MIN_x و MAX_x نیز به ترتیب حداقل و حداکثر مقادیر نسبت فراوانی طبقات هریک از عوامل مؤثر هستند. در نهایت برای تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش، لایه‌های فازی باهم تلفیق شدند. روش‌های تلفیق داده‌های فازی که دارای مقادیری بین صفر تا یک هستند، براساس تحلیل تئوری مجموعه‌ها است. این روش‌ها عبارت‌اند از: fuzzy And, fuzzy Or, fuzzy Product, fuzzy Sum, and fuzzy Gamma که هر روش جنبه‌های مختلفی را برای عضویت هر سلول نسبت به لایه‌های ورودی چندگانه ارائه می‌دهد.

روش تلفیق Fuzzy And، مقدار حداقل را برای مجموعه سلول‌های مربوط به یک مکان ارائه می‌دهد. این روش زمانی مفید است که تعیین کمترین مقادیر عضویت در بین تمامی لایه‌های ورودی لازم است. Fuzzy And از تابع رابطه ۵ برای ارزیابی استفاده می‌کند:

$$\text{رابطه ۵} \quad \text{Fuzzy And Value} = \min(\text{arg1}, \dots, \text{argn})$$

روش تلفیق Fuzzy Or، مقدار حداکثر را برای مجموعه سلول‌های مربوط به یک مکان ارائه می‌دهد. این روش زمانی مفید است که تعیین بیشترین مقادیر عضویت در بین تمامی لایه‌های ورودی نیاز است. Fuzzy Or از تابع رابطه ۶ برای ارزیابی استفاده می‌کند:

$$\text{رابطه ۶} \quad \text{Fuzzy Or Value} = \max(\text{arg1}, \dots, \text{argn})$$

روش تلفیق Fuzzy Product، مقدار ضرب فازی را برای مجموعه سلول‌های مربوط به یک مکان ارائه می‌دهد که تعیین ارتباط نسبی مقادیر لایه خروجی با مقادیر لایه‌های ورودی نیز به‌طور معمول مشکل است. Fuzzy Product از تابع رابطه ۷ برای ارزیابی استفاده می‌کند:

$$\text{Fuzzy Product Value} = \text{product}(\text{arg1}, \dots, \text{argn}) \quad \text{رابطه ۷}$$

روش تلفیق Fuzzy Sum، مقدار جمع فازی را برای مجموعه سلول‌های مربوط به یک مکان ارائه می‌دهد (جمع فازی متفاوت از جمع جبری لایه‌ها است). Fuzzy Sum از تابع رابطه ۸ برای ارزیابی استفاده می‌کند:

$$\text{FuzzySumValue} = 1 - \text{product}(1 - \text{arg1}, \dots, 1 - \text{argn}) \quad \text{رابطه ۸}$$

روش تلفیق Fuzzy Gamma، مقدار حاصل ضرب جبری جمع فازی و ضرب فازی که هر دو بخش به توان گاما (عددی بین صفر تا یک) رسیده‌اند را برای مجموعه سلول‌های مربوط به یک مکان ارائه می‌دهد. عملکرد کلی این روش به شکل رابطه ۹ است:

$$\mu(x) = (\text{FuzzySum})^\gamma * (\text{FuzzyProduct})^{1-\gamma} \quad \text{رابطه ۹}$$

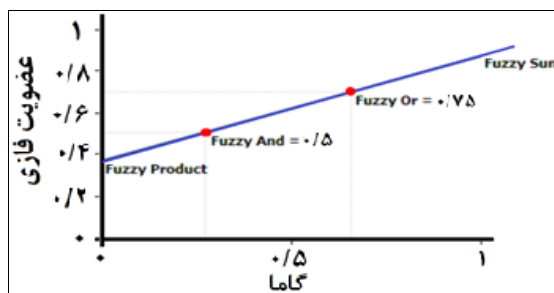
در روش گامای فازی درواقع اثرات افزایشی جمع فازی و نیز اثرات کاهشی ضرب فازی به‌صورت توأمان درنظر گرفته می‌شود. در حالتی که گاما برابر با یک باشد، خروجی برابر با همان جمع فازی است و در حالتی که گاما برابر صفر باشد، خروجی برابر با همان ضرب فازی است. روش Fuzzy Gamma از تابع رابطه ۱۰ برای ارزیابی استفاده می‌کند:

$$\text{Fuzzy GammaValue} = \text{pow}(1 - ((1 - \text{arg1}) * (1 - \text{arg2}) * \dots), \text{Gamma}) * \text{pow}(\text{arg1} * \text{arg2} * \dots, 1 - \text{Gamma}) \quad \text{رابطه ۱۰}$$

این تابع در مواقعی که نیاز به مقادیری بزرگ‌تر از ضرب و در عین حال کوچک‌تر از جمع باشد، استفاده می‌شود. رابطه مقادیر مختلف گاما با توابع Or، Sum And، Product و نمودار زیر به‌صورت گرافیکی ارائه شده است. در نوشتار پیش رو با استفاده از روش‌های تلفیق فازی (0.1, ..., 0.9) Sum, Product, Gamma حساسیت به وقوع زمین‌لغزش تعیین و براساس نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی پیکسل‌ها کلاسه‌بندی شد.

ارزیابی کارایی و صحت‌سنجی مدل‌ها

برای ارزیابی کارایی و صحت‌سنجی مدل‌های مورد استفاده از شاخص‌های نسبت تراکم^۱ (رابطه ۱۱) و مجموع مطلوبیت^۲ استفاده شد. نقشه خطر مناسب، نقشه‌ای است که بهترین جدایش را بین مناطق با تراکم بالای زمین‌لغزش و مناطق با تراکم پایین زمین‌لغزش ایجاد نماید.



شکل ۲. نمودار رابطه توابع فازی با مقادیر مختلف گاما

1- Density Ratio (Dr)

2- Quality sum (Qs)

ارزیابی مدل برتر پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش، براساس ۳۰٪ از مساحت زمین‌لغزش‌های به‌وقوع پیوسته که در تهیه نقشه پهنه‌بندی استفاده نشده‌اند، انجام شد.

برای مقایسه رده‌های مختلف خطر از تراکم زمین‌لغزش‌ها در هریک از رده‌های خطر یا نسبت تراکمی خطر استفاده می‌شود. در یک روش (نقشه پهنه‌بندی)، تراکم لغزش در کلاس خطری که نسبت تراکم برابر یک است، معادل با متوسط تراکم لغزش در کل منطقه و تراکم لغزش در کلاس خطری که نسبت تراکم برابر دو است، معادل با دو برابر متوسط تراکم لغزش در کل منطقه است؛ بنابراین تراکم زمین‌لغزش در نقشه‌های خطری که به‌طور صحیح تهیه شده‌اند، از رده کم‌خطر تا رده‌های پرخطر به‌صورت صعودی است.

$$Dr = \frac{Si/Ai}{\sum_1^n Si / \sum_1^n Ai} * 100 \quad \text{رابطه ۱۱}$$

که در آن Dr : شاخص تراکم لغزش در هر کلاس خطر، Ai : مساحت هر کلاس خطر، Si : مساحت زمین‌لغزش‌ها در هر کلاس خطر و n : تعداد کلاس‌های خطر است. هرچه تفکیک بین رده‌های خطر به‌وسیله شاخص نسبت تراکم بهتر صورت گرفته باشد، آن روش (نقشه) دارای دقت یا مطلوبیت بیشتری خواهد بود. مقدار مجموع کیفیت که از راه رابطه ۱۲ محاسبه می‌شود، نشان‌دهنده صحت یا مطلوبیت عملکرد روش در پیش‌بینی خطر زمین‌لغزش برای کل منطقه است. از نظر تئوریک حدی برای مقدار این شاخص وجود ندارد؛ همچنین اختلاف بین مقادیر شاخص جمع مطلوبیت کمتر از ۰/۱ در نظر گرفته نشده و مدل‌ها یکسان فرض می‌شوند. درواقع شاخص نسبت تراکم از جنس واریانس است و اگر انحراف مقادیر شاخص نسبت تراکم از میانگین پهنه‌های مختلف، به هم نزدیک باشند، نشان‌دهنده آن است که تراکم زمین‌لغزش‌ها در کلاس‌های مختلف نزدیک به یکدیگر بوده و مقدار شاخص جمع مطلوبیت نیز پایین خواهد بود و برعکس هرچه انحراف مقادیر شاخص نسبت تراکم از میانگین پهنه‌های مختلف بیشتر باشد، بیانگر آن است که تراکم زمین‌لغزش‌ها با یکدیگر تفاوت داشته و مقدار شاخص جمع مطلوبیت نیز بزرگ‌تر خواهد بود؛ بنابراین به‌طور کلی هرچه مقدار شاخص جمع مطلوبیت بیشتر باشد آن روش از صحت بالاتری برخوردار بوده و برای منطقه مورد مطالعه مناسب‌تر است.

$$Qs = \sum_{i=1}^n [(Dr-1)^2 \times S] \quad \text{رابطه ۱۲}$$

Qs : شاخص جمع مطلوبیت؛ S : درصد مساحت رده خطر از کل منطقه است.

نتایج

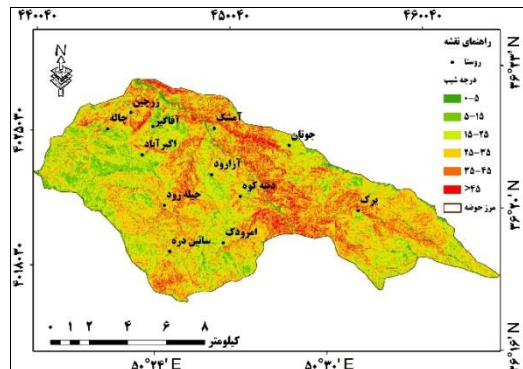
نقشه‌های عوامل مؤثر بر زمین‌لغزش

از آنجاکه برای پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش به لایه‌های اطلاعاتی عوامل مؤثر بر آن نیاز است؛ بنابراین در نوشتار پیش رو نقشه‌های رقومی این عوامل شامل درجه شیب، جهت شیب، ارتفاع، کاربری زمین، سنگ‌شناسی، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، شتاب زمین‌لرزه، مقدار بارش و حداکثر بارش روزانه تهیه شد (شکل ۳).

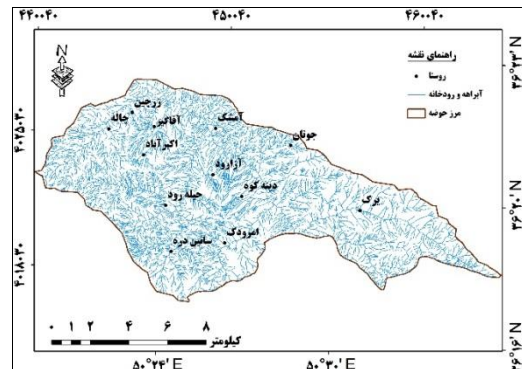
نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها

نقشه نهایی پراکنش زمین‌لغزش‌های آبخیز طالقان رود (شکل ۴) نشان می‌دهد که در این حوضه در مجموع پانزده زمین‌لغزش با مساحت مجموع ۱۶۶۹۳۷۷ مترمربع ثبت شد که مساحت حداقل آن‌ها برابر با ۳۰۲۷

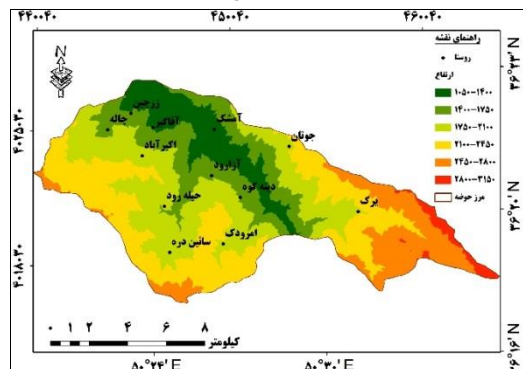
مترمربع، حداکثر آن‌ها برابر با ۵۳۴۷۷۹ مترمربع، میانگین مساحت ۱۳۴۶۰۱ مترمربع برای هر زمین‌لغزش و انحراف معیار از مساحت آن‌ها برابر با ۱۲۹۹۸۸ مترمربع است.



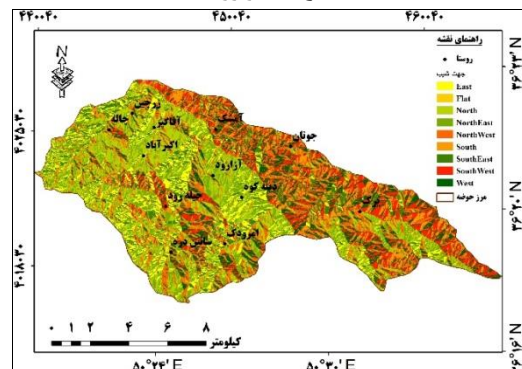
ب: شیب (درجه)



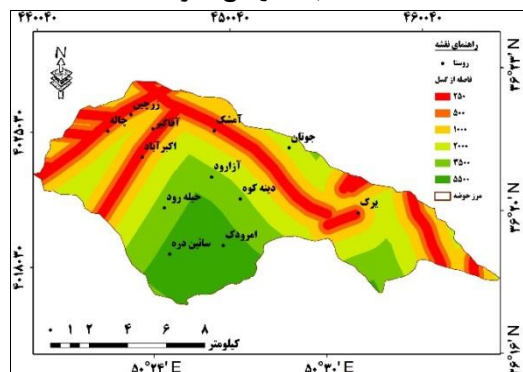
الف: آبراهه‌ها و رودخانه



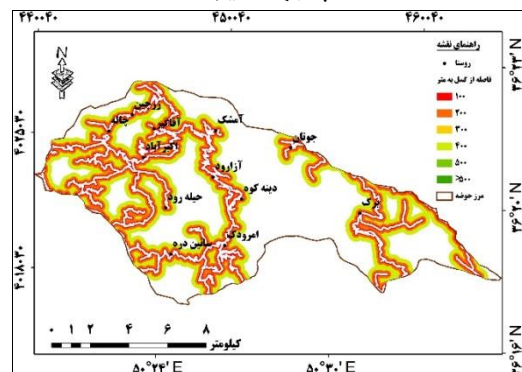
ت: طبقات ارتفاع (متر)



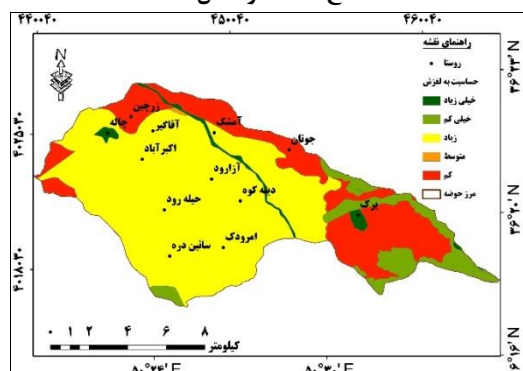
پ: جهت شیب



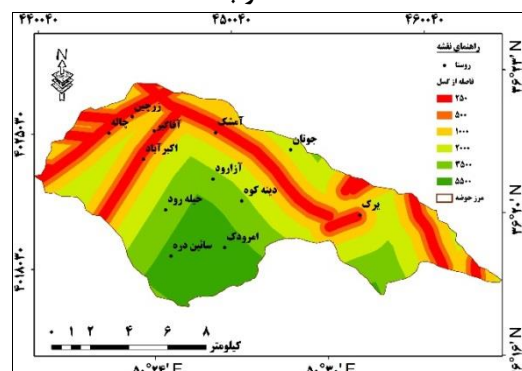
ج: فاصله از گسل



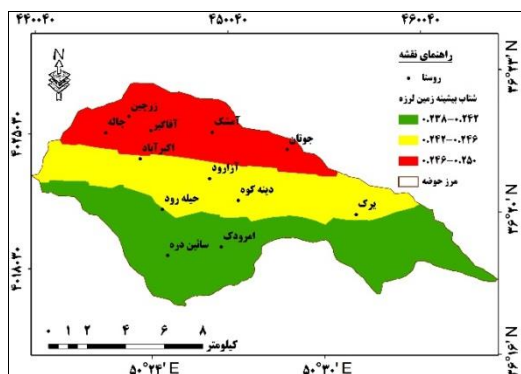
ث: فاصله از جاده



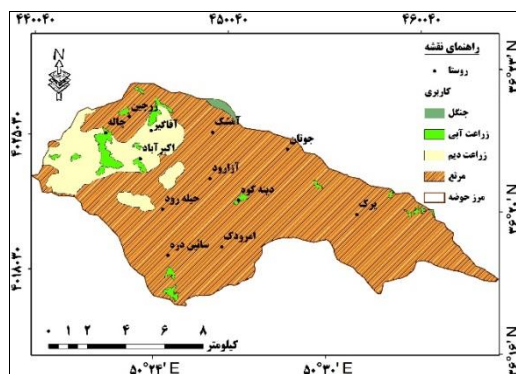
ح: واحد‌های سنگ‌شناسی



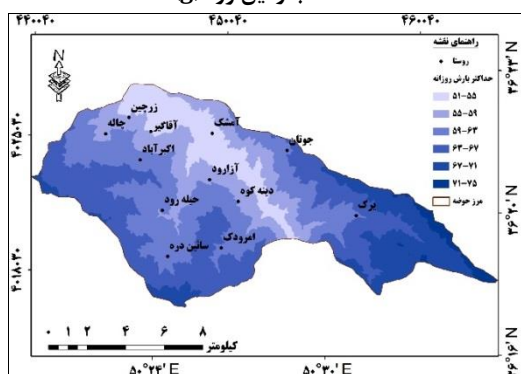
چ: فاصله از گسل (متر)



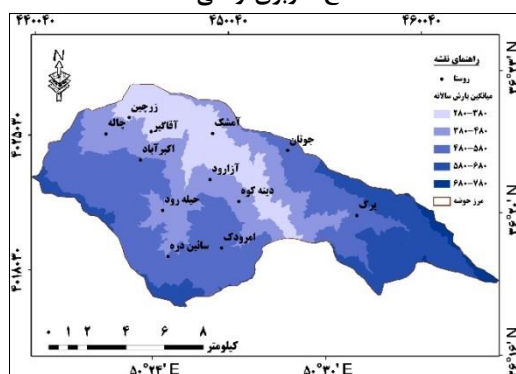
د: شتاب زمین لرزه (g)



خ: کاربری اراضی

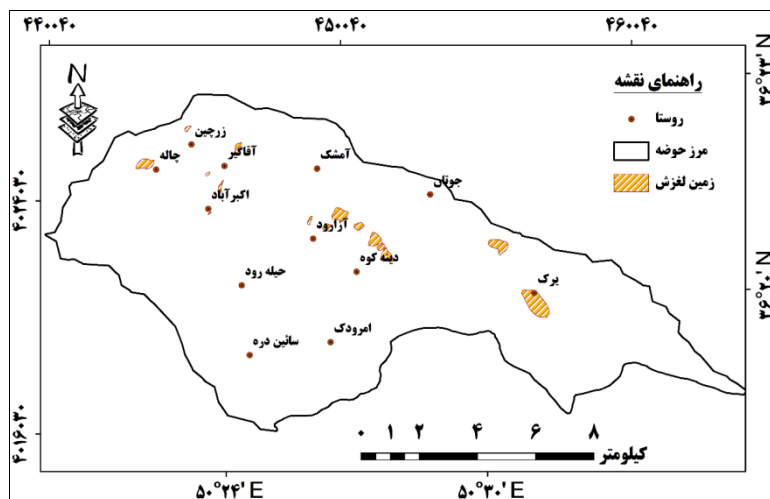


ر: حداکثر بارش ۲۴ ساعته (میلی‌متر)



ز: میانگین بارش سالانه (میلی‌متر)

شکل ۳. نقشه‌های پایه عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش در آبخیز طالقان رود



شکل ۴. نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌های موجود در آبخیز طالقان رود

خلاصه آماری زمین‌لغزش‌های به‌وقوع‌پیوسته آبخیز طالقان رود (جدول ۱) بیانگر آن است که زمین‌لغزش‌های به‌وقوع‌پیوسته به دو بخش تقسیم شده‌اند به‌طوری که ۷۰٪ آن‌ها برای تهیه نقشه خطر زمین‌لغزش و ۳۰٪ آن‌ها برای ارزیابی نقشه‌های خطر استفاده شد.

جدول ۱. تفکیک زمین‌لغزش‌های به‌وقوع‌پیوسته آبخیز طالقان رود برای مراحل ساخت و ارزیابی مدل‌ها

کل	ساخت مدل (۷۰٪)	صحت‌سنجی (۳۰٪)
تعداد	تعداد	تعداد
مجموع سطح (مترمربع)	مجموع سطح (مترمربع)	مجموع سطح (مترمربع)
۱۶۶۹۳۷۷	۱۱۳۴۵۹۹	۵۳۴۷۷۸
۱۵	۱۰	۵

ارزیابی پتانسیل وقوع زمین‌لغزش با استفاده از عملگرهای گامای فازی

در جدول ۲، مساحت طبقات نقشه‌های عوامل، مساحت زمین‌لغزش در هر طبقه و نسبت فراوانی محاسبه‌شده برای هر طبقه از نقشه‌های عوامل در آبخیز طالقان رود ارائه شده است.

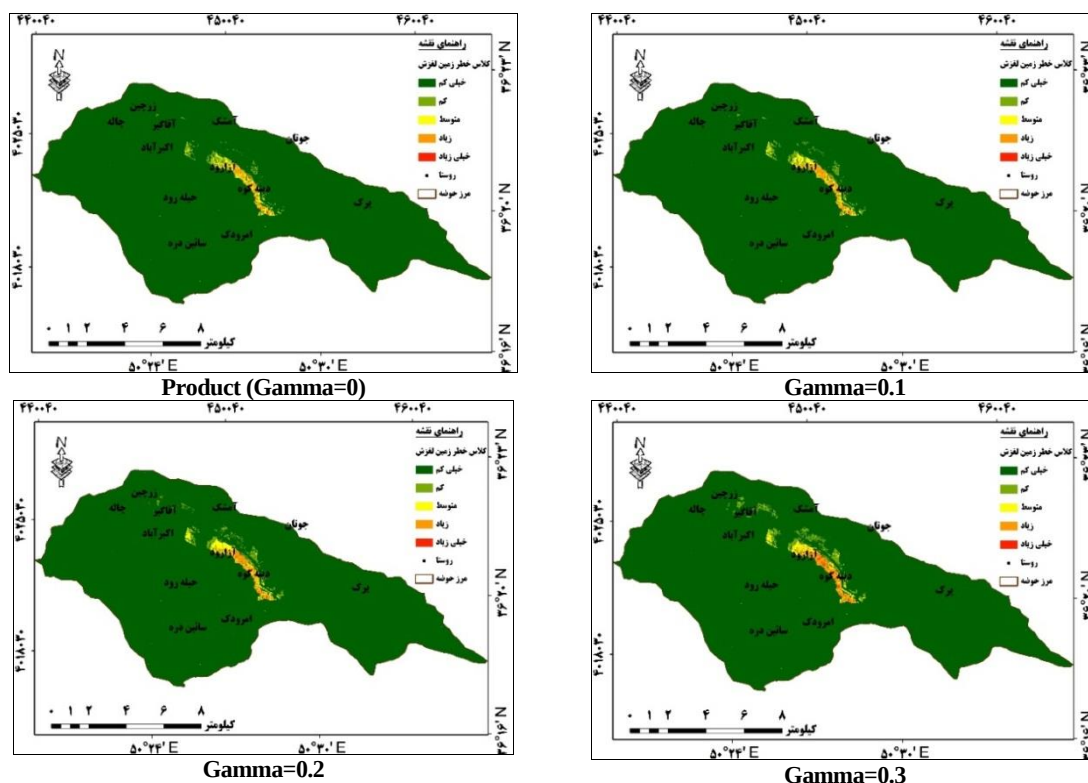
جدول ۲. مساحت طبقات نقشه‌های عوامل، زمین‌لغزش و نسبت فراوانی هر طبقه در آبخیز طالقان رود

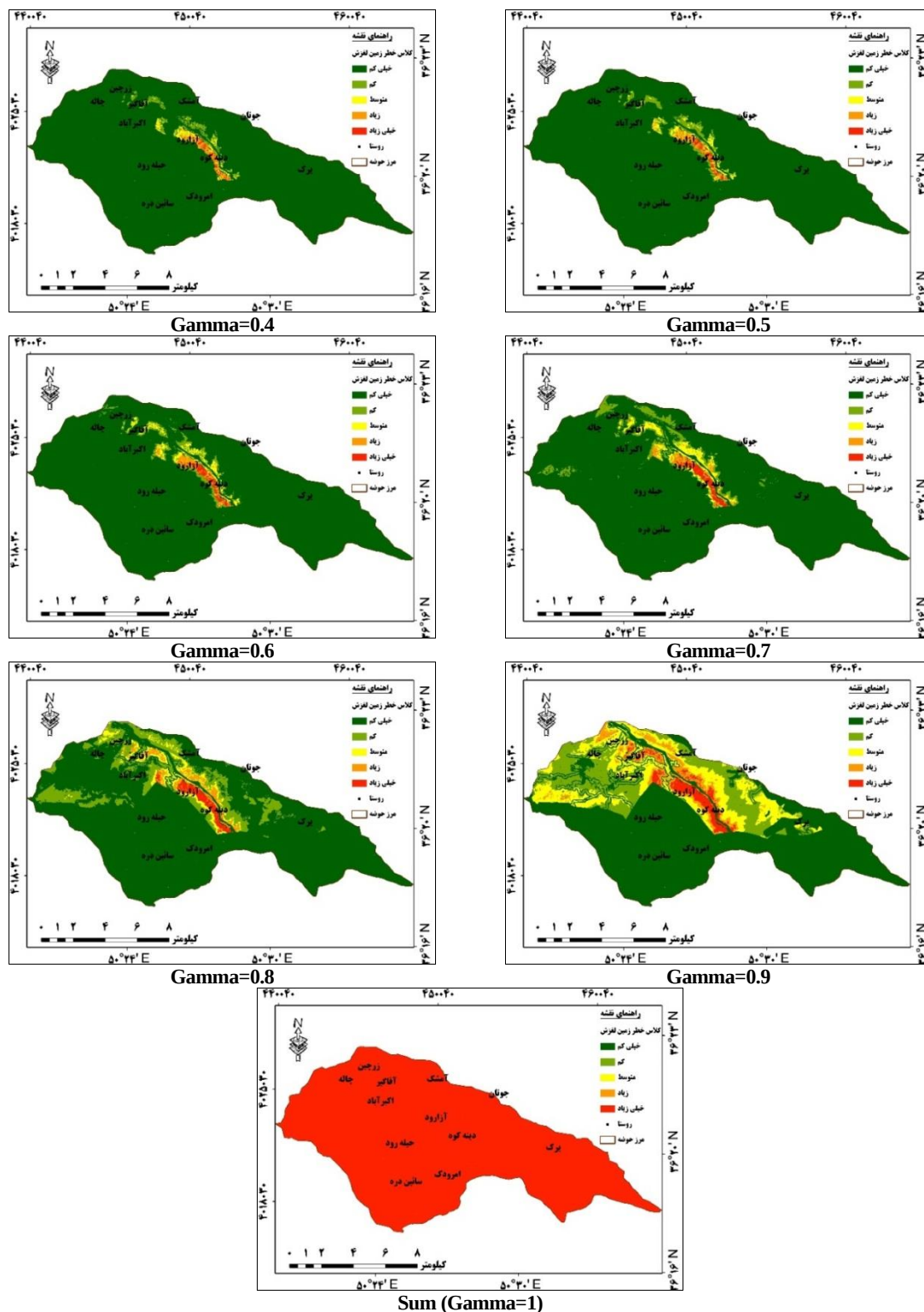
عامل	طبقات	مساحت (هکتار)	مساحت زمین‌لغزش (هکتار)	نسبت فراوانی	عضویت فازی
شیب (درجه)	۰-۵	۲۲۷/۷	.	.	.
	۵-۱۵	۱۶۶۰/۵	۸/۱۷	۰/۸۷	۰/۷۸۴
	۱۵-۲۵	۳۷۹۷	۲۲/۲۹	۱/۰۴	۰/۹۳۵
	۲۵-۳۵	۴۷۵۱/۵	۲۸/۵۲	۱/۰۶	۰/۹۵۶
	۳۵-۴۵	۲۳۱۰/۳	۱۴/۵	۱/۱۱	۱
	۴۵<	۶۶۰/۷	۲/۴۲	۰/۶۵	۰/۵۸۲
جهت شیب	F	۲۷/۲	.	.	.
	N	۲۲۲۰/۶	۱۶/۱۳	۱/۲۸	۰/۷۹
	NE	۲۱۱۵/۵	۱۹/۴۵	۱/۶۲	۱
	E	۱۵۳۳/۵	۱۱/۲	۱/۲۹	۰/۷۹۴
	SE	۱۱۸۳/۳	۴/۹۲	۰/۷۳	۰/۴۵۲
	S	۱۳۱۹	۳/۲۳	۰/۴۳	۰/۲۶۷
	SW	۱۶۶۳/۹	۶/۸	۰/۷۲	۰/۴۴۵
	W	۱۶۰۸/۹	۹/۳۱	۱/۰۲	۰/۶۳
	NW	۱۷۳۷/۱	۴/۸۶	۰/۴۹	۰/۳۰۴
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۱۰۵۰-۱۴۰۰	۱۵۶۹/۲	۱۹/۰۸	۲/۱۵	۱
	۱۴۰۰-۱۷۵۰	۲۲۳۴/۱	۱۵/۵۴	۱/۲۳	۰/۵۷۲
	۱۷۵۰-۲۱۰۰	۳۸۳۷/۳	۱۸/۱۲	۰/۸۳	۰/۳۸۸
	۲۱۰۰-۲۴۵۰	۳۸۰۹/۸	۳۸/۵۴	۱/۷۹	۰/۸۳۲
	۲۴۵۰-۲۸۰۰	۱۷۲۹	.	.	.
	۲۸۰۰-۳۱۵۰	۲۳۰/۹	.	.	.
بارش (میلی‌متر)	۲۸۰-۳۸۰	۲۱۱۹/۵	۴۸/۸۸	۴/۰۸	۰/۸
	۳۸۰-۴۸۰	۳۳۲۳/۴	۵/۶۶	۰/۳	۰/۰۵۹
	۴۸۰-۵۸۰	۵۴۸۶/۷	۱۴/۴۱	۰/۴۶	۰/۰۹۱
	۵۸۰-۶۸۰	۲۲۹۳/۷	۶/۹۴	۰/۵۳	۰/۱۰۵
	۶۸۰-۷۸۰	۱۸۷/۱	.	.	.
حداکثر بارش روزانه (میلی‌متر)	۵۱-۵۵	۱۵۶۹/۲	۴۵/۲۱	۵/۰۹	۱
	۵۵-۵۹	۲۲۳۴/۱	۹/۳۳	۰/۷۴	۰/۱۴۵
	۵۹-۶۳	۳۸۳۷/۳	۰/۳	۰/۰۱	۰/۰۳
	۶۳-۶۷	۳۸۰۹/۸	۲۰/۵۲	۰/۹۵	۰/۱۸۷
	۶۷-۷۱	۱۷۲۹	۰/۵۳	۰/۰۵	۰/۰۱۱
	۷۱-۷۵	۲۳۰/۹	.	.	.
(B) شتاب زمین	۰/۲۳۸-۰/۲۴۲	۵۸۱۱/۶	.	.	.
	۰/۲۴۲-۰/۲۴۶	۴۲۵۱/۲	۴۹/۷۲	۲/۰۷	۱
	۰/۲۴۶-۰/۲۵۰	۳۳۲۸/۹	۲۶/۰۶	۱/۳۸	۰/۶۶۹
فاصله از گسل (m)	۰-۲۵۰	۱۸۸۸/۲	۵/۹۹	۰/۵۶	۰/۲۳۸
	۲۵۰-۵۰۰	۱۷۱۳/۸	۱۳/۳۵	۱/۳۸	۰/۵۸۳
	۵۰۰-۱۰۰۰	۲۸۵۰/۳	۱۷/۷۸	۱/۱	۰/۴۶۷
	۱۰۰۰-۲۰۰۰	۲۸۹۴/۲	۳۸/۶۷	۲/۳۶	۱
	۲۰۰۰-۳۵۰۰	۲۰۷۵/۴	.	.	.
	۳۵۰۰-۵۵۰۰	۱۹۷۰/۴	.	.	.

ادامهٔ جدول ۲. مساحت طبقات نقشه‌های عوامل، زمین‌لغزش و نسبت فراوانی هر طبقه در آبخیز طالقان رود

۰/۸۳۴	۱/۰۶	۳۲/۵۸	۵۴۳۳/۲	۰-۲۵	فاصله از آبراهه (m)
۰/۷۵۹	۰/۹۶	۲۱/۷۶	۳۹۸۸/۹	۲۵-۵۰	
۰/۷۰۲	۰/۸۹	۱۶/۰۴	۳۱۷۶/۹	۵۰-۱۰۰	
۱	۱/۲۷	۵/۴۱	۷۵۲/۹	۱۰۰-۲۰۰	
.	.	.	۴۰/۴	۲۰۰<	
۰/۰۳۱	۰/۰۵۳	۰/۲۳	۷۵۰/۸	۰-۲۵	فاصله از جاده (m)
۰/۰۱۲	۰/۰۲	۰/۰۸	۶۷۰/۶	۲۵-۵۰	
.	.	.	۱۱۸۶/۴	۵۰-۱۰۰	
۰/۱۳۸	۰/۲۳۸	۲/۶۸	۱۹۸۷/۷	۱۰۰-۲۰۰	
۰/۵۱۶	۰/۸۹۲	۱۴/۰۹	۲۷۹۲/۴	۲۰۰-۴۰۰	
۱	۱/۷۲۸	۵۸/۷۱	۶۰۰۴/۴	۴۰۰<	
۱	۱/۰۹۹	۱۰/۸۸	۱۷۴۹/۵	زراعت دیم	کاربری زمین
.	.	.	۶۱/۳	جنگل	
۰/۰۴۶	۰/۰۵	۰/۱	۳۶۴/۹	زراعت آبی	
۰/۹۲۹	۱/۰۲۱	۶۴/۸۱	۱۱۲۱۶/۶	مرتع	
.	.	.	۱۱۶۳/۵	۱	سنگ‌شناسی
۰/۰۹۱	۰/۱۳۵	۲/۴۵	۳۱۹۷/۱	۲	
.	.	.	۱۴/۸	۳	
۱	۱/۴۸۵	۷۳/۳۴	۸۷۲۷/۲	۴	
.	.	.	۲۸۹/۸	۵	

در ادامه با استفاده از عملگرهای مختلف گامای فازی، پتانسیل وقوع زمین‌لغزش تعیین و بر اساس نقاط عطف منحنی فراوانی تجمعی پیکسل‌ها کلاسه‌بندی شد. در شکل پنج، نقشه‌های حساسیت زمین‌لغزش و در جدول ۳، مساحت طبقات نقشه حساسیت زمین‌لغزش برای اعداد مختلف گاما در آبخیز طالقان رود ارائه شده است.





شکل ۵. نقشه‌های حساسیت زمین‌لغزش برای ضرایب مختلف گاما

ارزیابی مدل برتر پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش، براساس ۳۰٪ از مساحت زمین‌لغزش‌های به‌وقوع‌پیوسته که در تهیه نقشه پهنه‌بندی استفاده نشده‌اند، انجام شد. در جدول ۴ مقادیر مساحت زمین‌لغزش و نیز شاخص نسبت تراکم در هر کلاس خطر و جمع مطلوبیت برای هریک از مدل‌های گاما در آبخیز طالقان رود ارائه شده است.

جدول ۳. مساحت طبقات نقشه حساسیت زمین‌لغزش برای ضرایب مختلف گاما

گاما	مساحت کلاس خطر (مترمربع)				
	۱	۲	۳	۴	۵
۱ (جمع)	۰	۰	۰	۰	۱۳۳۷۲۴۴۱۸
۰ (ضرب)	۱۳۱۱۵۱۰۷۲	۱۰۳۳۳۲۷	۸۳۳۶۳۱	۶۷۲۵۶۶	۳۳۵۴۶
۰/۱	۱۳۰۸۴۳۹۶۷	۱۱۲۶۸۶۹	۸۷۵۹۹۳	۸۴۴۰۹۶	۳۳۲۲۲
۰/۲	۱۳۰۴۲۰۴۳۵	۱۳۲۴۷۱۰	۹۶۳۳۳۸	۹۲۷۱۳۴	۸۸۵۳۰
۰/۳	۱۲۹۷۳۲۲۴۵۱	۱۸۶۰۹۹۸	۸۳۶۵۵۲	۱۰۸۸۱۱۴	۲۰۶۰۰۱
۰/۴	۱۲۸۹۵۹۶۹۵	۲۳۳۵۴۲۸	۹۷۹۸۵۶	۱۱۰۵۳۳۵	۳۴۳۸۰۱
۰/۵	۱۲۷۶۵۱۲۷۹	۳۰۷۶۱۸۸	۱۲۳۹۲۹۸	۱۲۲۸۸۳۹	۵۲۸۳۸۵
۰/۶	۱۲۶۳۲۳۶۳۹	۳۴۰۷۷۲۵	۱۸۹۰۰۶۳	۱۲۲۶۸۱۶	۸۷۳۸۹۷
۰/۷	۱۲۲۱۳۳۵۰۹	۵۸۱۶۴۳۶	۲۹۹۰۵۴۸	۱۴۴۳۱۷۵	۱۳۳۸۷۸۴
۰/۸	۱۰۹۰۰۶۸۸۹	۱۵۹۶۳۶۵۰	۴۲۰۳۶۸۶	۲۶۳۰۷۱۸	۱۹۱۵۲۲۷
۰/۹	۸۳۰۹۹۸۰۵	۲۰۷۸۰۹۹۵	۱۹۲۹۲۱۵۰	۶۷۳۹۴۷۱	۳۸۰۶۳۸۷

جدول ۴. مساحت زمین‌لغزش (مترمربع) و شاخص نسبت تراکم در هر کلاس خطر

کلاس خطر گاما	۱		۲		۳		۴		۵		Qs
	مساحت	Dr	مساحت	Dr	مساحت	Dr	مساحت	Dr	مساحت	Dr	
۱ (جمع)	۰	۰/۰	۰	۰/۰	۰	۰/۰	۰	۰/۰	۹۱۱۲۹۲	۱/۰	۰/۰
۰ (ضرب)	۷۲۲۵۱۱	۰/۸۲	۹۳۸۳	۰/۵۹	۱۸۹۹۳	۲/۸۴	۱۰۳۹۲۱	۱۳/۷۹	۵۶۴۵۲	۲۴/۰۹	۲۷۸/۱
۰/۱	۶۵۵۴۰۸	۱/۱۶	۵۰۱۹۵	۰/۳۵	۱۰۶۹۲	۰/۰۸	۶۶۹۲	۰/۱۵	۱۸۸۳۰۵	۷/۲۶	۱۳۵/۳
۰/۲	۷۱۶۶۰۷	۰/۸۶	۵۹۱۵	۰/۱۵	۵۸۹۳	۰/۲۹	۲۷۴۷۰	۲/۷۹	۱۵۵۳۷۵	۱۷/۰۳	۲۶۶/۶
۰/۳	۷۲۳۱۰۰	۰/۸۲	۱۱۴۳۸	۰/۹	۲۲۹۳۹	۴/۰۲	۱۲۱۷۸۸	۱۶/۴۲	۳۱۹۹۶	۲۲/۷۹	۲۷۵/۵
۰/۴	۷۲۲۹۷۲	۰/۸۱	۱۶۳۴۵	۱/۸۱	۳۶۴۵۱	۵/۵۵	۱۲۴۸۲۶	۱۹/۷۵	۱۰۶۰۳	۱۷/۵۷	۲۸۰/۹
۰/۵	۷۲۲۶۳۳	۰/۸۴	۴۱۱	۰/۰۲	۱۲۴۰۰	۰/۹۶	۵۱۹۶۲	۵/۲۱	۱۲۳۷۹۱	۲۰/۷۸	۲۸۵/۵
۰/۶	۷۲۷۱۷۳	۰/۸۲	۱۶۵۲۵	۲/۱۵	۴۳۵۷۴	۷/۳	۱۲۳۳۰۹	۲۱/۴۳	۶۱۶	۲/۷۲	۲۹۴/۰
۰/۷	۷۲۲۵۹۲	۰/۸۳	۴۱۵۳	۰/۲	۱۷۰۲۷	۲/۰۲	۷۵۴۳۱	۹/۰۱	۹۱۹۹۴	۲۵/۵۴	۳۰۶/۹
۰/۸	۷۳۱۷۵۹	۰/۸۲	۱۶۳۷۸	۲/۳۳	۵۴۰۳۵	۹/۵۱	۱۰۸۲۲۶	۲۳/۶۱	۸۰۰	۳/۵	۳۰۲/۱
۰/۹	۷۱۴۱۸۰	۰/۹۶	۸۳۲۷	۰/۰۸	۵	۰	۱۸۹۳۸	۱/۰۶	۱۶۹۸۴۲	۱۳/۰۱	۲۲۰/۱

بحث

در پژوهش حاضر برای تعیین میزان اهمیت هریک از طبقات عوامل مؤثر، ابتدا مساحت و درصد زمین‌لغزش در هر طبقه از نقشه عوامل مؤثر مشخص و میزان اهمیت با استفاده از رابطه نسبت فراوانی محاسبه شد. دامنه اعداد مربوط به ستون نسبت فراوانی و عضویت فازی برای عوامل مختلف مؤثر در زمین‌لغزش (جدول ۲) بیانگر آن است که در منطقه مورد مطالعه، طبقات شیب ۳۵ تا ۴۵ درجه، جهت شیب شمال شرقی، ارتفاع ۱۰۵۰ تا ۱۴۰۰، بارش ۲۸۰ تا ۳۸۰، حداکثر بارش روزانه ۵۱ تا ۵۵ میلی‌متر، شتاب زمین‌لرزه ۰/۲۴۲ تا ۰/۲۴۶، فاصله ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متری از گسل، فاصله ۱۰۰ تا ۲۰۰ متری از آبراهه، فاصله بیش از ۴۰۰ متری از جاده، کاربری زراعت دیم و واحدهای سنگ‌شناسی کلاس ۴ (حساسیت زیاد)، دارای بیشترین نسبت فراوانی لغزش‌های منطقه بوده و بنابراین این طبقات بیشترین میزان اهمیت را در تهیه نقشه‌های خطر به‌خود اختصاص خواهند داد. در جدول ۲ با افزایش میزان شیب تا ۴۵ درجه، اعداد نسبت فراوانی افزایش و برای طبقه شیب بیش از ۴۵ درجه، کاهش یافته است. این موضوع به دلیل افزایش تنش برشی مواد دامنه‌ای در شیب‌های تندتر است که کلک^۱ (۲۰۲۰) نیز در بررسی رابطه شیب و زمین‌لغزش به رابطه تنش برشی و

میزان شیب پرداخته و افزایش زمین‌لغزش در شیب‌های بالاتر را به این دلیل نسبت داده است. علت کاهش نسبت فراوانی در شیب‌های بیش از ۴۵ درجه نیز می‌تواند به دلایلی از جمله ناچیز بودن عمق خاک و وجود بسترهای مقاوم یا سنگی، نبود واحدهای سنگ‌شناسی حساس به زمین‌لغزش و نفوذ کمتر بارش و خروج سریع‌تر رواناب از این محدوده‌ها نسبت داد. جدول ۲ همچنین نشان می‌دهد که به‌طور کلی اعداد نسبت فراوانی برای جهت‌های شیب شمالی و شرقی از مقادیر بزرگ‌تری نسبت به شیب‌های جنوبی و غربی برخوردار بوده و در جهت‌های شمالی و شرقی تراکم لغزش بالاتر است. این موضوع به دلیل میزان رطوبت بیشتر ناشی از زاویه تابش آفتاب به دامنه‌های شمالی و شرقی است؛ افزون بر این زمان ماندگاری برف که باعث افزایش نفوذ رواناب آن به مواد دامنه‌ای می‌شود نیز در شیب‌های شمالی و شرقی بیشتر از شیب‌های جنوبی و غربی است.

تأثیر بیشتر جهت‌های شیب شمالی و شرقی در وقوع زمین‌لغزش‌ها نسبت به جهت‌های جنوبی و غربی در پژوهش‌های گذشته نیز به اثبات رسیده است (پورقاسمی و همکاران، ۲۰۱۳). درمورد عوامل ارتفاع از سطح دریا، میزان بارش و حداکثر بارش روزانه اگرچه فرض بر این است که با افزایش مقادیر طبقات این عوامل احتمال وقوع و فراوانی زمین‌لغزش نیز افزایش یابد، اما نتایج نوشتار پیش رو و نسبت‌های فراوانی محاسباتی نشان می‌دهند که این موضوع در منطقه مورد مطالعه مصداق کامل ندارد و به‌ویژه در طبقات ارتفاع ۱۰۵۰ تا ۱۴۰۰، میزان بارش ۲۸۰ تا ۳۸۰ و حداکثر بارش روزانه ۵۱ تا ۵۵ میلی‌متر که بنابر فرض احتمال وقوع زمین‌لغزش‌های کمی وجود دارد، برعکس انتظار بالاترین مقادیر نسبت فراوانی و عضویت فازی محاسبه شده است. این موضوع به دلیل قرارگیری واحدهای سنگ‌شناسی حساس در مناطق کم‌ارتفاع و کم‌بارش حوضه بوده و می‌توان بیان کرد که نقش این عوامل در بروز زمین‌لغزش به‌نوعی تحت تأثیر عوامل مؤثرتری همچون شیب و به‌ویژه سنگ‌شناسی قرار گرفته است. درمورد عوامل خطی فاصله از گسل، آبراهه و جاده نیز هرچند انتظار این است که با افزایش میزان فاصله از این عوارض، احتمال وقوع زمین‌لغزش کاهش یابد، ولی مقادیر نسبت‌های فراوانی مربوط به این عوامل در جدول ۲ نشان می‌دهند که رابطه خاصی بین مقادیر نسبت فراوانی و میزان فاصله از این عوارض وجود نداشته؛ بنابراین نقش این عوامل نیز تحت تأثیر سایر عوامل مستعدکننده قرار گرفته است.

سایر پژوهشگران نیز (یالسن و همکاران، ۲۰۱۱؛ برومندی^۱ و همکاران، ۲۰۱۵؛ کومار و آنبالاگان، ۲۰۱۶) نقش عوامل کلیدی سنگ‌شناسی و شیب را نسبت به عواملی همچون ارتفاع، بارش و عوارض خطی همچون گسل، آبراهه و جاده مهم‌تر ارزیابی کرده‌اند. درمورد عامل کاربری زمین بیشترین نسبت فراوانی متعلق به طبقه زراعت دیم بوده که دلیل آن شخم‌خوردن این محدوده‌ها و نفوذ بیشتر آب باران به داخل توده خاک و ازطرفی قرارگیری اراضی دیم در محدوده واحدهای سنگ‌شناسی حساس‌تر است. علت پایین بودن مقدار نسبت فراوانی برای طبقه زراعت آبی نیز قرارگیری محدوده‌های زراعت آبی در مجاورت رودخانه اصلی حوضه که شیب کمی نیز دارند، است.

نتایج پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش (شکل ۵ و جدول ۳) بیانگر آن است که با افزایش مقادیر گاما از صفر (معادل ضرب فازی) تا یک (معادل جمع فازی)، درصد مساحت تحت کلاس‌های با خطر بالا به‌طور مرتب افزایش یافته است، به‌طوری که در عملگر ضرب فازی بیشتر سطح منطقه دارای خطر خیلی کم و در عملگر جمع فازی اکثر سطح منطقه دارای خطر خیلی زیاد برآورد شده است. این موضوع به دلیل ماهیت کاهش

عملگر ضرب فازی و برعکس ماهیت افزایشی عملگر جمع فازی است. درواقع در روش‌های تلفیق فازی، از آنجاکه مقادیر تمامی لایه‌های ورودی کوچک‌تر از یک است، عملگر ضرب فازی باعث می‌شود که مقادیر لایه خروجی کمتر از مقادیر تمامی لایه‌های ورودی باشد؛ بنابراین تابع مورد استفاده در این روش دارای ماهیتی کاهنده بوده و در مواردی که تعداد لایه‌های ورودی زیاد باشد، مقادیر لایه خروجی، به‌طور معمول مقادیری بسیار کوچک خواهند بود. برعکس عملگر جمع فازی لایه‌ها باعث می‌شود که مقادیر لایه خروجی بزرگ‌تر از مقادیر تمامی لایه‌های ورودی باشد؛ بنابراین عملگر جمع فازی دارای ماهیتی افزایشی است. سایر پژوهشگران نیز به نتایج مشابهی درخصوص ماهیت عملگرهای ضرب و جمع فازی دست یافته‌اند (لی، ۲۰۰۷؛ وخشوری و زارع، ۲۰۱۶).

نتایج ارزیابی نقشه‌های حساسیت زمین‌لغزش (جدول ۴) نشان می‌دهد که دامنه مقادیر شاخص جمع مطلوبیت برای مدل‌های مختلف تلفیق فازی بین ۰ (مربوط به گامای برابر با یک یا جمع فازی) تا ۳۰۶/۹۳ (مربوط به گامای برابر با ۰/۷) متغیر است؛ پس روش تلفیق فازی با گامای برابر با ۰/۷، بهترین نتیجه را برای پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در آبخیز طالقان رود ارائه کرده است؛ افزون بر این، مقادیر شاخص نسبت تراکم در تلفیق فازی با گامای ۰/۷ نشان از سیر صعودی مقادیر این شاخص برای کلاس‌های خطر به‌ترتیب از ۱ (خیلی کم) تا ۵ (خیلی زیاد) دارد که بیانگر آن است که نقشه خطر مدل برتر (گامای برابر با ۰/۷) به‌طور صحیح طبقه‌بندی شده است. متکان و همکاران (۱۳۸۸) در آبخیز لاجیم استان مازندران و متولی و اسماعیلی (۱۳۹۱) در آبخیز طالقان (بخش واقع در استان تهران) نیز گامای برابر با ۰/۷ را به‌عنوان بهترین ضریب برای پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش معرفی کرده‌اند؛ البته سایر پژوهش‌های پیشین نیز به نتایج مشابهی درخصوص کارایی بالاتر مدل‌های تلفیق گامای فازی نسبت به مدل تلفیق تنها جمع یا ضرب فازی دست یافته‌اند (شریعت‌جعفری، ۱۳۸۷؛ متکان و همکاران، ۱۳۸۸؛ مرادی و همکاران، ۱۳۸۹؛ متولی و اسماعیلی، ۱۳۹۱؛ صفاری و همکاران، ۱۳۹۴؛ تنگستانی، ۲۰۰۴؛ لی، ۲۰۰۷؛ وخشوری و زارع، ۲۰۱۶؛ هینوتولی و همکاران، ۲۰۱۷).

نتیجه‌گیری

با توجه به خسارت‌های ناشی از وقوع زمین‌لغزش، لازم است که در مناطق حساس، نقشه پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین‌لغزش که از ابزارهای اساسی مدیریت و کاهش خسارات احتمالی این پدیده است، با روش مناسبی صورت پذیرد. روش اپراتورهای فازی گاما از جمله روش‌های مرسوم و کمابیش جدید پهنه‌بندی حساسیت زمین‌لغزش هستند که به‌دلیل استفاده از منطق فازی، فاقد محدودیت‌های عملگرهای جمع و ضرب جبری لایه‌ها هستند. آبخیز طالقان رود از جمله مناطق حساس به وقوع زمین‌لغزش در استان قزوین است که در این پژوهش نقشه‌های پهنه‌بندی حساسیت به وقوع زمین‌لغزش با استفاده از عملگرهای گامای فازی برای آن تهیه و ارزیابی شد. در این راستا، افزون بر لایه پراکنش زمین‌لغزش، یازده لایه اطلاعاتی شامل درجه شیب، جهت شیب، ارتفاع، کاربری اراضی، سنگ‌شناسی، فاصله از جاده، فاصله از آبراهه، فاصله از گسل، شتاب زمین‌لرزه، مقدار بارش و حداکثر بارش روزانه استفاده شد. برای تعیین بهترین نقشه حساسیت زمین‌لغزش، نتایج عملگرهای مختلف گامای فازی با استفاده از شاخص‌های نسبت تراکم و جمع مطلوبیت مقایسه شد. نتایج اعتبارسنجی مدل‌ها نشان داد که از میان یازده مدل تلفیق فازی مورد استفاده، مدل تلفیق گامای فازی با گامای معادل ۰/۷ بهترین و مدل جمع فازی بدترین نقشه حساسیت زمین‌لغزش را ارائه کرده است. نتایج نوشتار پیش رو برای ارزیابی ریسک زمین‌لغزش منطقه مورد مطالعه و کاهش آن سودمند است. با

این حال مناطق تحت کلاس‌های خطر زیاد و بسیار زیاد باید پیش از طرح‌های توسعه‌ای با دقت بالاتری به‌وسیله زمین‌شناسان مهندسی، مطالعه شوند تا شرایط و میزان ناپایداری آن‌ها به‌طور دقیق‌تری تعیین شود؛ بنابراین نقشه حساسیت به زمین‌لغزش حاصل، اطلاعات مناسبی را درخصوص تعیین مناطق مستعد زمین‌لغزش در اختیار طراحان، مدیران، سیاست‌گذاران و مهندسان قرار می‌دهد که می‌توانند به‌کمک آن، اقدامات مختلف کاهش ریسک زمین‌لغزش را برای منطقه مورد مطالعه تدوین کنند.

سپاسگزاری

نوشتر پیش رو در قالب پروژه تحقیقاتی با کد ۹۷۰۱۵۸-۰۰۸-۲۹-۲۹-۰۴ در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و با استفاده از اعتبارات مالی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان قزوین به انجام رسیده است و نگارندگان بدین‌وسیله از تمامی دست‌اندرکاران و به‌ویژه از پشتیبانی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

منابع

- آرمین، محسن؛ مصفايي، جمال؛ قربان‌نیا خیبری، وجیهه؛ خیری، افسانه. (۱۳۹۸). پهنه‌بندی زمین‌لغزش و برنامه مدیریت کنترل خطر آن در استان کهگیلویه و بویراحمد با استفاده از مدل حائری - سمیعی. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۷ (۴)، ۱۷۶-۱۹۶.
- جوبیاری، جمشید؛ کاویان، عطاء...؛ مصفايي، جمال (۱۳۹۶). بررسی تأثیر کاربری اراضی بر میزان حرکت زمین‌لغزش (مطالعه موردی: زمین‌لغزش توان استان قزوین). *مجله پژوهش‌های آبخیزداری*، ۳۰ (۳)، ۱۰-۲۰.
- رشد، سعید؛ مصفايي، جمال؛ درویش، محمد؛ رفیعی امام، عمار (۱۳۹۲). بررسی پتانسیل بیابان‌زایی از منظر زوال پوشش گیاهی (مطالعه موردی: حوضه رود شور قزوین). *مجله تحقیقات مرتع و بیابان*، ۲۰ (۱)، ۳۸-۴۹.
- شریعت جعفری، محسن (۱۳۸۷). ارزیابی ریسک ویژه زمین‌لغزش در بخشی از البرز جنوبی. *نشریه انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران*، ۱ (۳-۴)، ۱-۱۴.
- شعاعی، ضیاءالدین (۱۳۹۵). *زمین‌لغزش‌ها (شناخت، ارزیابی و کنترل)*. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.
- صالح‌پور جم، امین؛ پیروان، حمیدرضا؛ طباطبایی، محمودرضا؛ سررشته‌داری، امیر؛ مصفايي، جمال (۱۳۹۸ الف). بررسی پتانسیل تخریب اراضی با کاربرد روش TOPSIS (مطالعه موردی: مراتع مشرف به شهر اشتهارد، استان البرز). *مجله پژوهش‌های آبخیزداری*، ۳۲ (۴)، ۷۲-۹۳.
- صالح‌پور جم، امین؛ مصفايي، جمال؛ طباطبایی، محمودرضا (۱۳۹۸ ب). بررسی اثر معیار خاک‌شناسی بر پتانسیل بیابان‌زایی مخروط‌افکنه‌ها با کاربرد آزمون‌های ناپارامتریک (مطالعه موردی: بخش جنوبی حوزه آبخیز رودخانه شور). *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۶ (۳)، ۱-۱۴.
- صفاری، امیر؛ رعیتی شوازی، منیره؛ جان‌احمدی، مریم؛ شیرزاد ملایری، لیلا (۱۳۹۴). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل نسبت فراوانی و منطق فازی (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان جم). *جغرافیای طبیعی*، ۸ (۳۰)، ۱۵-۳۰.
- متکان، علی‌اکبر؛ سمیعا، جلال؛ پورعلی، سیدحسین؛ صفایی، مهرداد (۱۳۸۸). مدل‌های منطق فازی و سنجش‌ازدور جهت پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبخیز لاجیم. *زمین‌شناسی کاربردی*، ۵ (۴)، ۳۱۸-۳۲۵.
- متولی، صدرالدین؛ اسماعیلی، رضا (۱۳۹۱). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از اپراتور فازی گاما (مطالعه موردی: حوزه آبخیز طالقان). *پژوهش‌های فرسایش محیطی*، ۲ (۸)، ۱-۲۰.
- مرادی، حمیدرضا؛ پورقاسمی، حمیدرضا؛ محمدی، مجید؛ مهدوی‌فر، محمدرضا (۱۳۸۹). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از اپراتور فازی گاما (مطالعه موردی: حوزه آبخیز هراز). *علوم محیطی*، ۷ (۴)، ۱۲۹-۱۴۲.

- مصفايي، جمال؛ اونق، مجيد (۱۳۸۸). GIS ابزاری کارآمد در تعيين سياست‌ها و برنامه‌های خطر زمین لغزش. *مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۶ (۲)، ۳۶-۲۷.
- مصفايي، جمال؛ اونق، مجيد؛ مصداقي، منصور؛ شريعت جعفري، محسن (۱۳۸۸). مقایسه کارایی مدل‌های تجربی و آماری پهنه‌بندی خطر زمین لغزش (مطالعه موردی: آبخیز الموت رود). *مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۱۶ (۴)، ۴۳-۶۱.
- مصفايي، جمال؛ اونق، مجيد (۱۳۹۰). ارزیابی و پیش‌بینی خطر زمین لغزش به کمک مدل رگرسیونی و تحلیل سلسله‌مراتبی. *مجله مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۳ (۳)، ۱۴۹-۱۵۸.
- مصفايي، جمال؛ طالبی، علی (۱۳۹۳). نگاهی آماری به وضعیت فرسایش آبی در ایران. *مجله ترویج و توسعه آبخیزداری*، ۲ (۵)، ۹-۱۸.
- مصفايي، جمال؛ اختصاصی، محمدرضا؛ صالح‌پور جم، امین (۱۳۹۶ الف). مقایسه نقشه‌های موجود زمین‌شناسی با نقشه حاصل از مطالعات دورسنجی. *مجله مرتع و آبخیزداری*، ۷۰ (۴)، ۱۰۰۵-۱۰۱۳.
- مصفايي، جمال؛ صالح‌پور جم، امین؛ طباطبایی، محمودرضا (۱۳۹۶ ب). مقایسه کارایی مدل سنجه رسوب و شبکه عصبی مصنوعی در برآورد بار کف رودخانه‌ها. *مجله جغرافیا و پایداری محیط*، ۷ (۳)، ۴۴-۳۳.
- موسوی بفرولی، سید حسن؛ میرزائی، نوربخش؛ شعبانی، الهام؛ اسکندری قادی، مرتضی (۱۳۹۳). پهنه‌بندی خطر زمین‌لرزه در ایران و برآورد مقادیر بیشینه شتاب برای مراکز استان‌ها. *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۴۰ (۴)، ۳۸-۱۵.

References

- Abay, A., Barbieri, G. & Woldearegay, K., (2019). GIS-based land slide susceptibility evaluation using analytical hierarchy process (AHP) approach: the case of Tarmaberdistrict, *Ethiopia. Momona Ethiopian J. Sci.* 11 (1), 14-36.
- Althuwaynee, O. F., B. Pradhan, H. J. Park & Lee, J. H. (2014). A novel ensemble decision tree-based Chisquared Automatic Interaction Detection (CHAID) and multivariate logistic regression models in landslide susceptibility mapping. *Landslides*, 11 (6), 1063-1078.
- Armin, M., Mosaffaie, J., Ghorbannia Kheybari, V. & Khairi, A. (2019). Landslide zoning and its risk management plan in Kohgiluyeh and Boyerahmad province using Haeri-Sami model. *Quantitative Geomorphological Research*, 7 (4), 176-196. (In Persian)
- Boroumandi, M., Khamsehchiyan, M. & Nikoudel, M. R. (2015). Using of analytic hierarchy process for landslide hazard zonation in Zanjan province, Iran. In: *Engineering geology for society and territory - volume 2*, Iollino G, Giordan D, Crosta GB, et al. (Eds.). Springer international publishing, Cham, 951-955.
- Bui, D. T., Pradhan, B., Revhaug, I., Nguyen, D. B., Pham, H. V. & Bui, Q. N. (2015). A novel hybrid evidential belief function-based fuzzy logic model in spatial prediction of rainfall-induced shallow landslides in the Lang Son city area (Vietnam). *Geomat. Nat. Hazards Risk*, 6, 243-271.
- Caniani, D., Pascale S., Sado F. & Sole, A. (2008). Neural networks and landslide susceptibility: a case study of the urban area of Potenza. *Nat. Hazards*, 45, 55-72.
- Catani, F., Lagomarsino D, Segoni S & Tofani V. (2013). Landslide susceptibility estimation by random forests technique: sensitivity and scaling issues. *Natural Hazards Earth System Science*, 13, 2815-2831.
- Çellek, S. (2020). Effect of the slope angle and its classification on landslide. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci. Discuss*, 1-23.
- Chen, W., Li, X., Wang, Y., Chen, G. & Liu, S. (2014). Forested landslide detection using LiDAR data and the random forest algorithm: A case study of the Three Gorges. China. *Remote Sensing of Environment*, 152, 291-301.
- Conforti, M., Pascale, S., Robustelli, G. & Sdao, F. (2014). Evaluation of prediction capability of the artificial neural networks for mapping landslide susceptibility in the Turbolo River catchment (northern Calabria, Italy). *Catena*, 113, 236-250.

- Dou, J., Yamagishi, H., Pourghasemi, H. R., Yunus, A.P., Song, X., Xu, Y. & Zhu, Z. (2015). An integrated artificial neural network model for the landslide susceptibility assessment of Osado Island, Japan. *Nat. Hazards*, 78, 1749-1776.
- Hasekio Gullari, G. D. & Ercanoglu, M. (2012). A new approach to use AHP in landslide susceptibility mapping: A case study at Yenice (Karabuk, NW Turkey). *Natural Hazards*, 63, 1157-1179.
- He, H., Hu, D., Sun, Q., Zhe, L. & Liu, Y. (2019). A landslide susceptibility assessment method based on GIS technology and an AHP-weighted information content method: A case study of Southern Anhui, China. *ISPRS Int. J. GeoInf.* 8, 266.
- Hinotoli Sema, V., Balamurugan, G. & Ramesh, V. (2017). Fuzzy gamma operator model for preparing landslide susceptibility zonation mapping in parts of Kohima Town, Nagaland, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3, 499-514.
- Joybari, J., Kavian, A. & Mosaffaie, J. (2017). An Evaluation of the effect of land use on the amount of landslide movement (Case study: Tavan landslide of Qazvin). *Watershed Management journal*, 30 (3), 29-39. doi:10.22092/wmej.2017.116713 (In Persian)
- Karimi Sangchini, E., Emami, S.N., Tahmasebipour, N., Pourghasemi, H. R., Naghibi, S. A., Arami, S. A. & Pradhan, B. (2016). Assessment and com-parison of combined bivariate and AHP models with logistic regression for landslide susceptibility mapping in the Chaharma-hal-e-Bakhtiari Province, Iran. *Arab. J. Geosci.*, 9:15
- Kumar, R. & Anbalagan, R. (2016). Landslide Susceptibility Mapping Using Analytical Hierarchy Process (AHP) in Tehri Reservoir Rim Region, *Uttarakhand. J. Geol. Soc. India*, 87, 271-286.
- Lee, S. (2007). Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping. *Environmental Geology* 52, 615-623.
- Morady, H. R., Pourghasemi, H. R., Mohammdi, M. & MahdaviFar, M. R. (2010). Landslide hazard zoning using Gamma fuzzy operator, with a case study of Haraz watershed. *Environmental Sciences*, 7 (4), 129-142. (In Persian)
- Mosaffaie, J. & Ownegh, M. (2011). Landslide hazard zonation by AHP and regression model, Case study: Alamout watershed. *Watershed Engineering and Management*, 3 (3), 149-158. doi:10.22092/ijwmse.2011.101942 (In Persian)
- Mosaffaie, J. & Talebi, A. (2014). A Statistical View to the Water Erosion in Iran. *Extension and Development of Watershed Management*, 2 (5), 9-17. (In Persian)
- Mosaffaie, J., Ekhtesasi, M. R. & Salehpour Jam, A. (2018). Comparison of the existing and RS geological maps (Case study: Vartavan catchment). *Journal of range and watershed management*, 70 (4), 1005-1013. (In Persian)
- Mosaffaie, J. & Ownegh, M. (2009). GIS an efficient tool for identifying policies and programs of landslide hazard management. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 16, 303-314. (In Persian)
- Mosaffaie, J., Ownegh, M., Mesdaghi, M. & Shariat Jafari, M. (2009). Comparing the efficiency of statistical and empirical landslide hazard zonation models in Alamout watershed. *Journal of Water and Soil Conservation*, 16 (4), 43-61. (In Persian)
- Mosaffaie, J., Salehpour Jam, A. & Tabatabaei, M. R. (2020). Comparing the Efficiency of Sediment Rating Curve and ANN Models in Estimating River Bed-load. *Geography and Sustainability of Environment*, 7 (3), 33-44. (In Persian)
- Motevalli, S. & Esmaili, R. (2013). Landslide Hazard Zoning using Gamma Fuzzy Operator (A Case Study: Taleghan Watershed). *Environmental Erosion Researches*, 2 (8), 1-20. (In Persian)
- Motkan, A. A., Samia, J., Pourali, S. H. & Safaee, M. (2009). Fuzzy logic models and RS for landslide hazard zonation in Lajim watershed. *Journal of Geotechnical Geology*, 5 (4), 318-325. (In Persian)
- Mousavi Bafrouei, S. H., Mirzaei, N., Shabani, E. & Eskandari-Ghadi, M. (2014). Seismic hazard zoning in Iran and estimating peak ground acceleration in provincial capitals. *Journal of Earth and Space Physics*, 40 (4), 15-38. (In Persian)
- Nguyen, T. T. N. & Liu, C.-C. (2019). A new approach using ahp to generate landslide susceptibility

- maps in the chen-yu-lan watershed, taiwan. *Sensors* 19, 505.
- Pourghasemi, H. R., Moradi H. R. & Fatemi Aghda S. M. (2013). Landslide susceptibility mapping by binary logistic regression, analytical hierarchy process, and statistical index models and assessment of their performances. *Nat Hazards*, 69, 749-779.
- Pradhan, B. & Lee, S. (2010). Landslide susceptibility assessment and factor effect analysis: Backpropagation artificial neural networks and their comparison with frequency ratio and bivariate logistic regression modelling. *Environ. Model. Softw.* 25, 747-759.
- Rashvand, S., Mosaffaie, J., Darvish, M. & Rafiei Emam, A. (2013). Investigation on potential of desertification in terms of decay of vegetation. Case study: rude shoor, Qazvin. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 20 (1), 38-49. (In Persian)
- Safari, A., Rayati Shavvazi, M., Jan Ahmadi, M. & Shirzad Malayeri, I. (2015). Landslide hazard zonation using the Frequency ratio model and fuzzy logic (Case Study: Central Section of Jam Township). *Journal of National Geography*, 8 (30), 15-30. (In Persian)
- Salehpour Jam, A., Peyrowan, H., Tabatabaei, M. R., Sarreshtehdari, A. & Mosaffaie, J. (2019 a). An assessment of the land degradation potential using the TOPSIS method (Case study: rangelands overlooking the city of Eshtehard, the province of Alborz). *Watershed Management Journal*, 32 (4), 72-93. doi:10.22092/wmej.2019.126535.1227 (In Persian)
- Salehpour Jam, A., Mosaffaie, J. & Tabatabaei, M. R. (2019 b). Investigation of pedological criterion affecting on desertification in alluvial fans using nonparametric tests, case study: south of Rude-Shoor watershed area. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 6 (3), 1-14. (In Persian)
- Salehpour Jam, A., Tabatabaei, M. R., Sarreshtehdari, A. & Mosaffaie, J. (2019). Investigation of drought characteristics in north-west of Iran using Deciles Index. *Journal of watershed engineering and management*, 10 (4), 552-563. doi:10.22092/IJWMSE.2018.115672.1360 (In Persian)
- Shariat Jafari, M. (2008). Landslide specific risk assessment on part of southern Alborz, Iran. *Engineering Geology*, 1 (3), 1-14. (In Persian)
- Shoaei, Z. (2016). *Landslides (Recognition, Assessment and Mitigation)*, Geological Survey and Mineral Exploration of Iran. (In Persian)
- Stanley, T. & Kirschbaum, D. B. (2017). A heuristic approach to global landslide susceptibility mapping. *Nat. Hazards*, 87, 145-164.
- Tangestani, M. H. (2004). Landslide susceptibility mapping using the fuzzy gamma approach in a GIS, Kakan catchment area, southwest Iran. *Australian Journal of Earth Sciences* 51, 439-450.
- Trigila, A., Catani, F., Casagli, N., Crosta, G., Esposito, C., Frattini, P., Iadanza, C., Lagomarsino, D., Lari, S., Scarascia Mugnozza, G., Segoni, S., Spizzichino, D. & Tofani, V. (2012). The landslide susceptibility map of Italy at 1: 1 Million scale. *In EGU General Assembly Conference Abstracts*, 14, 7655.
- Vakhshoori, V. & Zare, M. (2016). Landslide susceptibility mapping by comparing weight of evidence, fuzzy logic, and frequency ratio methods. *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 7, 1731-1752.
- Yalcin, A., Reis, S., Aydinoglu, A.C. & Yomralioglu, T. (2011). A GIS-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process, bivariate statistics and logistics regression methods for landslide susceptibility mapping in Trabzon, NE Turkey. *Catena* 85, 274-287
- Yoshimatsu, H. & Abe, S. (2006). A review of landslide hazards in Japan and assessment of their susceptibility using an analytical hierarchic process (ahp) method. *Landslides*, 3, 149-158.
- Youssef, A. M., Pourghasemi H. R., Pourtaghi Z. S. & Al-Katheeri, M. M. (2015). Landslide susceptibility mapping using random forest, boosted regression tree, classification and regression tree, and general linear models and comparison of their performance at Wadi Tayyah Basin, Asir Region, Saudi Arabia. *Landslides*, 13 (5), 839-856.



Deforestation Risk Zoning Using Analytical Hierarchy Process

Hiva Mahmoudi¹, Mahtab Pir Bavaghar^{2*}, Parviz Fatehi³

¹ Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

² Department of Forestry, The Center for R&D of Northern Zagros Forestry, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

³ Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 11 October 2020

Accepted 9 December 2020

Available online 15 December 2020

Keywords:

Deforestation, Group
Decision Making, Multi
Criteria Decision Making,
Zagros Forests.

Citation: Mahmoudi, H., Pir Bavaghar, M., Fatehi, P. (2020). Deforestation Risk Zoning Using Analytical Hierarchy Process. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (3), 91-106.

doi: [10.22126/GES.2020.5799.2299](https://doi.org/10.22126/GES.2020.5799.2299)

ABSTRACT

This study aimed to identify the most influential factors in deforestation using multi-criteria decision-making method in a part of northern Zagros forests in Iran with a total area of 9177 hectares. Identifying the most important factors affecting deforestation, these factors were classified into three main criteria: human factors, natural factors and physiographic factors. By establishing hierarchical structure and performing pairwise comparisons, we determined the weight and importance of the main criteria and the sub-criteria. The final weight of each of the ten sub-criteria was extracted by combining the opinions of experts. After preparing the maps related to each of the sub-criteria, these maps were converted into standardized scale maps using the linear scale conversion method. In the final step, with the overlapping and integration of all sub-criteria maps, the zoning map of areas susceptible to deforestation was prepared in four groups with low risk, medium risk, high risk and very high risk. According to the results, 3.25% of the territory was located in very high-risk, 55.92% in high-risk, 40.45% in moderate-risk and 0.38% in low-risk zone. Accuracy assessment was done by comparing the deforestation risk zoning map with real deforestation map of the study area. The results showed that 77.81% of the areas that has deforested in this period was located in high-risk and very high-risk zones. This amount of accuracy supported the efficiency of Multi Criteria Decision Making Method in deforestation zoning. Similar studies confirm the effectiveness of multi-criteria decision analysis systems and the presentation of GIS-based models in deforestation risk zoning.

*. Corresponding author E-mail address:

bavaghar@uok.ac.ir



پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی

هیوا محمودی^۱، مهتاب پیرباوقار^{۲*}، پرویز فاتحی^۳

^۱ گروه جنگل‌داری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

^۲ گروه جنگل‌داری و مرکز پژوهش و توسعه جنگل‌داری زاگرس شمالی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران

^۳ گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مشخصات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی	نوشتار پیش رو با هدف شناسایی عوامل مؤثر بر کاهش گستره جنگل و پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل، در بخشی از جنگل‌های حوضه آرمده شهرستان بانه واقع در زاگرس شمالی با مساحت ۹۱۷۷ هکتار انجام شده است. با شناسایی عوامل تأثیرگذار بر کاهش گستره جنگل، این عوامل در قالب سه معیار اصلی عوامل انسانی، طبیعی و فیزیوگرافی دسته‌بندی شدند. با تشکیل ساختار سلسله‌مراتبی و انجام مقایسه‌های زوجی، ترتیب وزن و اهمیت معیارهای اصلی و زیرمعیارها در مقایسه باهم مشخص و با ترکیب نظرات کارشناسان، وزن نهایی هرکدام از زیرمعیارهای ده‌گانه استخراج شد؛ پس از تهیه نقشه‌های مربوط به هریک از زیرمعیارها، این نقشه‌ها با استفاده از روش تبدیل مقیاس خطی به نقشه‌های معیار استاندارد شده وزنی تبدیل شدند. در گام آخر با روی هم‌گذاری و تلفیق همه نقشه‌های زیرمعیارها، نقشه پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع تخریب در چهار گروه با خطر کم، خطر میانگین، خطر زیاد و خطر خیلی زیاد تهیه شد. براساس نقشه پهنه‌بندی به‌دست آمده، ۳/۲۵٪ از محدوده مورد مطالعه در پهنه خطر خیلی زیاد؛ ۵۵/۹۲٪ در پهنه خطر زیاد؛ ۴۰/۴۵٪ در پهنه خطر میانگین و ۰/۳۸٪ در پهنه خطر کم قرار می‌گیرد. نتایج ارزیابی صحت نقشه پهنه‌بندی براساس استفاده از نقشه واقعی کاهش گستره جنگل، نشان داد که ۷۷/۸۱٪ از مناطقی که در نقشه واقعی تخریب شده‌اند؛ در نقشه پهنه‌بندی در مناطق با خطر زیاد و خطر خیلی زیاد قرار دارند. این میزان صحت، کارایی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی در پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل را تأیید می‌کند. پژوهش‌های مشابه انجام‌شده نیز کارایی سیستم‌های تحلیل تصمیم چندمعیاری و ارائه مدل‌های مبتنی بر سیستم اطلاعات جغرافیایی را در پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل تأیید می‌کنند.
تاریخچه مقاله: دریافت ۲۰ مهر ۱۳۹۹ پذیرش ۱۹ آذر ۱۳۹۹ دسترسی آنلاین ۲۵ آذر ۱۳۹۹	
کلیدواژه‌ها: تخریب جنگل، تصمیم‌گیری گروهی، تصمیم‌گیری چندمعیاری، جنگل‌های زاگرس.	
استناد: محمودی، هیوا؛ پیرباوقار، مهتاب؛ فاتحی، پرویز (۱۳۹۹). پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۰ (۳)، ۹۱-۱۰۶. doi: 10.22126/GES.2020.5799.2299	

مقدمه

جنگل‌های زاگرس با سطحی حدود پنج میلیون هکتار، وسیع‌ترین رویشگاه جنگلی کشور هستند که از نظر تولید فراورده‌های چوبی جزء جنگل‌های تجارتي به‌شمار نمی‌روند، ولی از نظر حفاظت از منابع آب‌و خاک و تولید محصولات غیر چوبی و ارزش‌های زیست‌محیطی، اهمیت ویژه‌ای دارند (جزیره‌ای و ابراهیمی رستاقی، ۱۳۸۲: ۶۰۰). گونه اصلی در این جنگل‌ها بلوط ایرانی^۱ است؛ به همین دلیل به آن‌ها جنگل‌های بلوط غرب نیز گفته می‌شود (پورهایشمی، ۱۳۸۲: ۱۶۶). جنگل‌های زاگرس شمالی به‌عنوان بخشی از این جنگل‌ها در سال‌های اخیر به‌دلیل دخالت‌های بی‌رویه انسان و وابستگی مردم به آن، دست‌خوش تغییرات زیادی شده است (نکوئی‌مهر و همکاران، ۱۳۸۵). مدیران و دست‌اندرکاران حفاظت جنگل به‌مثابه تصمیم‌سازان مقوله حیات پایدار جنگل، همواره با چالش‌های فراوانی در مسیر تصمیم‌گیری درست که به توسعه پایدار جنگل منجر شود روبه‌رو بوده‌اند (کوکاس^۲، ۲۰۱۰). یکی از این چالش‌ها درک روند تخریب جنگل و عوامل ایجاد آن است که همواره اهمیت زیادی داشته است؛ زیرا حیات بسیاری از گونه‌های گیاهی و جانوری به وجود جنگل وابسته بوده و خواهد بود (پوخریال^۳ و همکاران، ۲۰۲۰؛ گراشف-بوکدمن^۴، ۱۹۹۷؛ گیبس^۵، ۱۹۹۷). شناسایی عوامل مؤثر در کاهش گستره جنگل و پهنه‌بندی مناطق مستعد وقوع تخریب از این نظر که مدیر جنگل را برای تمرکز فعالیت‌های حفاظتی و اصلاحی در نقاط بحرانی کمک می‌کند، بسیار اساسی است (توکر^۶ و همکاران، ۲۰۰۵).

استفاده ترکیبی از سامانه اطلاعات جغرافیایی^۷ و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری^۸ که به‌طور کلی سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری مکانی^۹ نامیده می‌شود، به‌طور گسترده برای تحلیل مسائل مکانی پیچیده استفاده می‌شود و روش کمابیش کارایی برای تصمیم‌گیری است (چاندیو^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۳؛ مارکوپولوس^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۳). درواقع تحلیل تصمیم چندمعیاری مکانی را می‌توان در قالب سامانه‌ای مرکب از اطلاعات جغرافیایی به‌عنوان ورودی سامانه و تصمیم نهایی به‌مثابه خروجی آن تعریف کرد (دروبن و لیس^{۱۲}، ۲۰۰۹). به‌کاربردن معیارهای بیشتر و مؤثر بر هدف، صرف زمان کمتر، افزایش دقت نتایج، استفاده از نظرات کارشناسان به‌صورت گروهی و انفرادی، تولید، استفاده و استخراج داده‌های رقومی از مزایای استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری در قالب سامانه پشتیبان تصمیم‌گیری است (مالچفسکی^{۱۳}، ۲۰۰۴؛ ناصری و همکاران، ۱۳۸۸).

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی^{۱۴} یکی از متداول‌ترین روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاری است که در پهنه‌بندی مناطق پرخطر بسیار استفاده شده است. پژوهشگران زیادی به کاربرد فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی در زمینه ارزیابی جنگل‌زدایی، پهنه‌بندی خطر تخریب و شناسایی عوامل اصلی آسیب‌پذیری جنگل پرداخته‌اند

1- Quercus branti lindl

2- Kučas

3- Pokhriyal

4- Grashof-Bokdman

5- Gibbs

6- Tucker

7- Geographic Information System (GIS)

8- Multi-Criteria Decision-Making Analysis (MCDM)

9- Spatial Decision Support System

10- Chandio

11- Makropoulos

12- Drobne & Liesc

13- Malczewski

14- Analytical Hierarchy Process (AHP)

(پوخریال و همکاران، ۲۰۲۰؛ پیرباوقار^۱ و همکاران، ۲۰۱۹؛ کندور^۲ و همکاران، ۲۰۱۱). زمانی که پیچیدگی مسائل تصمیم‌گیری بالا باشد، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری می‌تواند راه‌حل منطقی و مورد اجماعی را برای مسئله‌ای با معیارهای متضاد و چندوجهی شامل مسائل اجتماعی، اقتصادی و زیستی بیابد (کندور و همکاران، ۲۰۱۱). درباره روش‌های مختلف تصمیم‌گیری چندمعیاری، مقایسه روش‌های تحلیل سلسله‌مراتبی و فازی در پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل نشان‌دهنده کارایی یکسان هر دو روش در پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل بوده است (پیرباوقار و همکاران، ۲۰۱۹). کوکاس (۲۰۱۰) نیز قابلیت سیستم چندمعیاره مکانی در پهنه‌بندی خطر تخریب توده‌های جنگلی را با استفاده از دو روش تحلیل چندمعیاری مکانی آزموده است. مدل به‌دست‌آمده، کارایی کمابیش یکسان سیستم‌های چندمعیاره مکانی در تلفیق با سیستم اطلاعات جغرافیایی را در پهنه‌بندی خطر تخریب مناطق جنگلی تأیید کرد.

پژوهش‌های بسیاری در مورد مدل‌سازی تخریب در جنگل‌های شمال و غرب ایران انجام گرفته است. این پژوهش‌ها بیشتر بر استفاده از رگرسیون لجستیک تمرکز داشته‌اند (باقری و شتایی جویباری، ۱۳۸۹؛ آرخی و همکاران، ۱۳۹۱؛ مهدوی و همکاران، ۱۳۹۷). در کنار تأکید بر ضرورت انجام این چنین پژوهش‌هایی که می‌تواند نقش مهمی در سیاست‌گذاری و اجرای برنامه‌های پیشگیرانه و حفاظتی داشته باشند، توجه ویژه به عوامل اجتماعی و انسانی در این گونه مدل‌سازی‌ها توصیه شده است. پژوهش‌های پیشین معیار فاصله از مناطق مسکونی را استفاده کرده‌اند. در نوشتار پیش رو افزون بر عوامل فیزیوگرافی، طبیعی و انسانی استفاده‌شده در دیگر پژوهش‌ها، نقش سایر معیارهای اجتماعی و انسانی همچون تعداد دام و جمعیت روستایی که در پژوهش‌های پیشین استفاده نشده بود نیز مد نظر قرار گرفته است.

با توجه به نتایج پژوهش‌های انجام‌شده در خصوص کارایی روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری در زمینه بررسی مشکلات جنگل‌زدایی، جستار حاضر با درک ضرورت انکارناپذیر نماسازی الگوهای مکانی کاهش سطح جنگل می‌کوشد تا با استفاده از فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی، یکی از کاربردی‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری مشارکتی، در تلفیق با سیستم اطلاعات جغرافیایی و بر مبنای بهره‌گیری از نظرات کارشناسان متخصص در بخش جنگل، روند تغییرات جنگل محدوده مورد مطالعه را بازسازی کرده و با شناسایی کانون‌های تخریب عرصه جنگلی مورد پژوهش (مناطق پرخطر از نظر جنگل‌زدایی)، اهمیت توجه و برنامه‌ریزی برای این مناطق را یادآور شود.

براساس مطالب یادشده، اهدافی که در نوشتار پیش رو دنبال می‌شوند عبارت‌اند از: شناخت عوامل مؤثر بر تخریب جنگل در منطقه مورد بررسی و درک ترتیب اهمیت و شدت و ضعف عملکرد هر عامل در مقایسه با سایر عوامل و همچنین استفاده از تحلیل سلسله‌مراتبی برای پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل.

معرفی منطقه مورد بررسی

منطقه مورد مطالعه به مساحت ۹۱۷۷ هکتار در فاصله سیزده کیلومتری از جنوب غربی شهرستان بانه در استان کردستان و در طول جغرافیایی $35^{\circ} 44' 15/9''$ تا $45^{\circ} 53' 23/9''$ شرقی و عرض جغرافیایی $51^{\circ} 14' 5''$ تا $35^{\circ} 57' 46/1''$ شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). این منطقه در یکی از چهار بخش اصلی شهرستان بانه، یعنی در شهر آرم‌مرده قرار دارد. شهر آرم‌مرده دارای ۵۵ روستا و ۱۵۰ کوخ است. کوخ‌ها، واحدهای جمعیتی و خرده‌سامان‌هایی هستند که در اطراف روستای اصلی و به‌طوعمده در مناطق جنگلی استقرار یافته‌اند و دارای یک تا ده خانوار بوده و به‌طور مستقیم و غیر مستقیم چه از نظر مصارف سوختی و چوبی و چه برای علوفه دام‌های خود،

1- Pir Bavaghar

2- Cándor

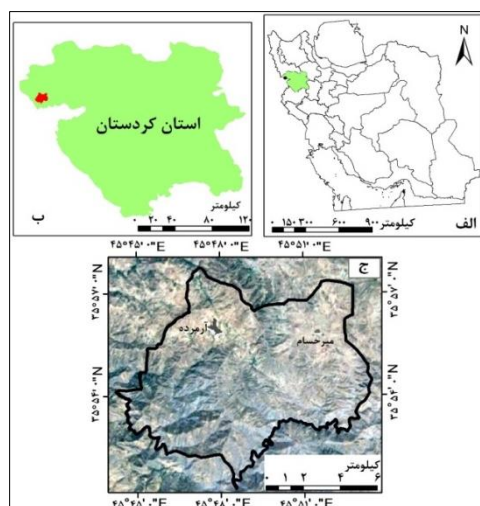
به جنگل و فراورده‌های آن وابسته‌اند. کم‌ارتفاع‌ترین نقطه دارای ارتفاع ۱۲۲۰ متر بوده و مرتفع‌ترین نقطه ۱۹۶۰ متر ارتفاع دارد. شیب منطقه مورد مطالعه از ۰٪ تا ۲۴۰٪ متغیر است (غضنفری و همکاران، ۱۳۸۲). میانگین بارندگی سالیانه براساس آمار ایستگاه هواشناسی بانه ۶۶۹/۶ میلی‌متر و میانگین حداقل و حداکثر دما به ترتیب ۸/۸ و ۱۸/۸ درجه سانتی‌گراد است. جنس غالب جنگل‌های منطقه مورد مطالعه را بلوط تشکیل می‌دهد که در این محدوده شامل سه گونه برودار^۱، وی ول^۲ و مازودار^۳ است.

مواد و روش‌ها

شناسایی و تعیین معیارهای مؤثر بر کاهش گستره جنگل

انسان هم به واسطه حضور مستقیم خود و استفاده از فراورده‌ها و محصولات چوبی و جنگلی و هم با ایجاد زیرساخت‌های مورد نیاز برای بقا و آسایش خود، از جنگل استفاده می‌کند. در این میان عوامل طبیعی و فیزیوگرافی نیز گاه می‌توانند جزو عوامل تسهیل‌کننده دسترسی انسان به جنگل مطرح باشند. مشخصه بارز جنگل‌های مورد مطالعه، پراکنش خانوارهای ساکن (کوخ‌ها) در جنگل است. کانون‌های جمعیتی مختص به این منطقه که خرده‌سامان‌هایی با کمتر از ده خانوار را شامل می‌شود، به‌طور گسترده در کل محدوده پراکنده شده و می‌توان گفت که انسان از دیرباز کمابیش در همه‌جای جنگل حضور داشته و از جنگل امرار معاش می‌کند.

یکی دیگر از علل‌های اصلی تخریب جنگل، تخریب آن به‌قصد تبدیل جنگل به زمین‌های کشاورزی است. در منطقه مورد پژوهش نیز با توجه به شغل مردم منطقه که پس از دامداری، کشاورزی اصلی‌ترین منبع درآمد آن‌هاست (غضنفری^۴ و همکاران، ۲۰۰۴)، تبدیل اراضی به زمین‌های زراعی و باغی به‌عنوان یکی دیگر از شاخص‌های تأثیرگذار بر روند کاهش سطح جنگل مطرح است که در پژوهش پیش رو بررسی شده است؛ از سوی دیگر، استفاده‌های تجاری از فراورده‌های چوبی جنگل، تبدیل اراضی و برداشت چوب به‌عنوان منبع سوخت نیز سهم عمده‌ای در تخریب جنگل‌ها دارند (گورته و شیخ^۵، ۲۰۱۰).



شکل ۱. الف: موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران؛ ب: استان کردستان؛ ج: محدوده منطقه مورد مطالعه در تصویر گوگل ارث^۶

- 1- Quercus persica
- 2- Quercus libani
- 3- Quercus infectoria
- 4- Ghazanfari
- 5- Gorte & Sheikh
- 6- Google Earth

از دیگر عوامل مهم در تخریب عرصه‌های منابع طبیعی، گسترش نامتعارف و ناهمگون حریم جاده است (نکوئی‌مهر و همکاران، ۱۳۸۵)؛ همچنین وجود جاده به‌مثابه عامل تسهیل‌کننده دسترسی انسان به عرصه جنگلی و گسترش فعالیت‌های مخرب می‌تواند مطرح باشد؛ به همین دلیل، فاصله از جاده از معیارهای مهم در بررسی تغییرات پوشش منطقه در نظر گرفته می‌شود و در جنگل‌های زاگرس نیز به‌نظر می‌رسد تأثیر مشابهی داشته باشد (پیرباوقار، ۲۰۰۵؛ پیرباوقار و همکاران، ۲۰۱۹).

از معیارهای طبیعی نیز دو زیرمعیار فاصله از آبراهه‌ها و انبوهی جنگل در نوشتار پیش رو مورد توجه قرار گرفتند. وجود آبراهه، هم از نظر فعالیت‌های انسانی و هم از نظر طبیعی می‌تواند جنگل را دست‌خوش تغییر کند، از بُعد انسان می‌توان وجود آبراهه را در ارتباط با گسترش فعالیت‌های کشاورزی و به‌طور عمده باغداری و کاشت چوب در اطراف آبراهه‌ها دانست و از نظر طبیعی آبراهه‌ها همواره مسیرهای بالقوه وقوع سیلاب‌ها هستند (پیرباوقار و همکاران، ۲۰۱۹).

از معیارهای فیزیوگرافی، زیرمعیارهای شیب، جهت و ارتفاع بررسی شد، هرچند عامل جهت به‌تنهایی به‌عنوان مشخصه‌ای اثرگذار بر تخریب جنگل‌ها نبوده و تحت تأثیر اثرات متقابل مشخصه‌های دیگر است (پیرباوقار، ۲۰۱۵). معیارهای شیب و ارتفاع نیز، هم به‌لحاظ اثرات مستقل آن‌ها و هم به‌لحاظ تسهیل‌کننده یا محدودکننده دسترسی انسان به عرصه در جنگل‌های زاگرس، مهم‌اند.

ایجاد درخت سلسله‌مراتب

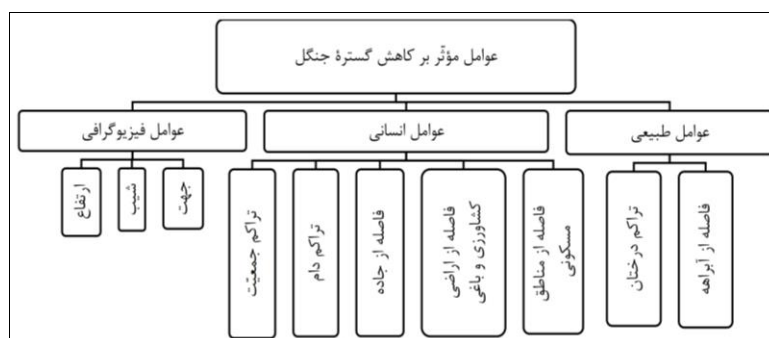
در این مرحله، مسئله و هدف تصمیم‌گیری به‌صورت سلسله‌مراتبی از عناصر تصمیم که باهم در ارتباط‌اند، ارائه می‌شود. عناصر تصمیم شامل شاخص‌های تصمیم‌گیری و گزینه‌های تصمیم است. فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی نیازمند تحلیل مسئله با چندین شاخص به سلسله‌مراتبی از سطوح است (شکل ۲).

طراحی پرسش‌نامه

پس از شناسایی معیار و زیرمعیارهای مؤثر بر کاهش سطح جنگل اقدام به طراحی پرسش‌نامه‌ای شد که در آن از پاسخ‌دهنده خواسته شده بود که درجه اهمیت یا میزان برتری هر کدام از معیارها و زیرمعیارها را در ارتباط باهم مشخص کند. در پاسخ‌گویی به پرسش‌ها، پاسخ‌دهندگان از میان دانشگاهیان و مسئولان اجرایی در بخش جنگل انتخاب شدند.

مقایسه‌های زوجی

در این مرحله با توجه به ارتباط معیارها با همدیگر و زیرمعیارهای یک معیار باهم، بسته به ارجحیت یک معیار یا زیرمعیار نسبت به معیار یا زیر معیار دیگر، مقایسه‌ای صورت می‌گیرد.



شکل ۲. ساختار سلسله‌مراتبی عوامل مؤثر بر کاهش سطح جنگل

ارزش‌های کمی یک تا نه در مقایسه‌های زوجی استفاده خواهد شد. اگر دو معیار ارجحیت یکسان داشته باشند، ارزش یک و اگر ارجحیت یک معیار به معیار دیگر خیلی زیاد باشد، ارزش نه به آن معیار یا زیرمعیار اختصاص داده خواهد شد.

محاسبه وزن‌های نسبی و تعیین وزن نهایی

پس از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌هایی که در اختیار کارشناسان صاحب نظر قرار گرفته بود؛ نظرات هر کدام از کارشناسان به‌طور جداگانه به‌شکل یک آرایه در نرم‌افزار اکسپرت چویس^۱ وارد شد (رابطه ۱).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad \text{رابطه ۱}$$

a_{ij} : ارزشی است که کارشناس برای مقایسه‌های زوجی به معیار مورد نظر براساس استاندارد معرفی شده ساعتی داده است و سپس برآیند نظر همه کارشناسان پس از میانگین‌گیری هندسی (رابطه ۲) تک‌تک نظرات در قالب وزن نهایی محاسبه شد.

$$GA = \sqrt[n]{x_1 \times x_2 \times x_3 \times \cdots \times x_n} \quad \text{رابطه ۲}$$

GA : میانگین هندسی نظرات و x_i : نظر هر کدام از کارشناسان است. پیش‌شرط ثبات قضاوت‌ها محاسبه نرخ سازگاری مقایسه‌های زوجی است که براساس رابطه ۳ و ۴ محاسبه می‌شود.

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad \text{رابطه ۳}$$

CI : شاخص ناسازگاری، $\lambda_{\max}$: حداکثر میزان بردارویژه و n : تعداد معیارهاست.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{رابطه ۴}$$

CR : نرخ ناسازگاری، CI : شاخص ناسازگاری و RI : شاخص تصادفی است.

تجربه نشان داده است که اگر نرخ ناسازگاری کمتر از ۰/۱۰ باشد سازگاری مقایسه‌ها قابل قبول بوده و در غیر این صورت، باید در مقایسه‌ها تجدید نظر شود (قدسی‌پور، ۱۳۸۴: ۲۲۲). به‌منظور رتبه‌بندی گزینه‌های تصمیم، در گام آخر وزن نسبی هر عنصر در وزن عناصر بالاتر ضرب شد و وزن نهایی آن به‌دست آمد. با انجام این مرحله برای هر گزینه، مقدار وزن نهایی مشخص شد.

تهیه نقشه‌های معیار

در این مرحله نقشه‌های مربوط به تک‌تک معیارها و زیرمعیارهای مؤثر در کاهش گستره جنگل در قالب ده نقشه جداگانه تهیه شد. با استفاده از نقشه توپوگرافی مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ با فواصل منحنی میزان ۲۰ متری، مدل رقومی ارتفاع تهیه شد. نقشه زیرمعیار ارتفاع با استفاده از مدل رقومی ارتفاع در هشت کلاس صد متری تهیه شد. با استفاده از مدل رقومی ارتفاع نقشه شیب نیز تهیه شد. با طبقه‌بندی این نقشه در قالب شش کلاس ۰/۵ تا ۱۰٪، ۱۰٪ تا ۲۰٪، ۲۰٪ تا ۳۰٪، ۳۰٪ تا ۴۰٪، ۴۰٪ تا ۶۰٪ و ۶۰٪ تا ۱۰۰٪ و بیش از ۱۰۰٪ نقشه شیب کلاسه‌بندی شد. نقشه طبقات جهت شامل چهار طبقه جهت‌های اصلی شمال، جنوب، شرق، غرب و یک طبقه مسطح تهیه شد.

با استفاده از آمار سرشماری عمومی نفوس و مسکن مربوط در سال ۱۳۸۵، آمار موجود در خانه بهداشت شهر آرمیده و سرکشی به کوخ‌های منطقه مورد مطالعه آمار جمعیتی روستاها و کوخ‌های محدوده برداشت شد و نقشه تراکم جمعیت در شش طبقه تهیه شد. نقشه تراکم دام روستاهای حوزه مورد مطالعه، با استناد به آمار دام موجود در اداره منابع طبیعی شهرستان بانه در شش طبقه تهیه شد.

جاده‌های اصلی و فرعی از نقشه‌های رقومی استخراج شد و نقشه فاصله از جاده در چهار طبقه حریم جاده تهیه شد. مناطق مسکونی نیز به صورت لایه‌ای جداگانه استخراج و نقشه فاصله از مناطق مسکونی با پنج طبقه تهیه شد. برای تهیه لایه نقشه مناطق زراعی و باغی از نقشه‌های موجود (مرادی، ۱۳۸۸: ۸۹) استفاده شد؛ سپس این نقشه نیز به پنج کلاسه فاصله‌ای تقسیم شد. پس از جداسازی و تفکیک لایه مربوط به آبراهه‌های اصلی، به تهیه نقشه فاصله از آبراهه‌ها با پنج کلاسه اقدام شد. نقشه مربوط به تراکم جنگل نیز با پنج کلاسه با استفاده از داده‌های مربوط به تعداد در هکتار درختان (مرکز پژوهش و توسعه جنگل‌داری زاگرس شمالی، ۱۳۸۴) استخراج شد.

استانداردسازی معیارها

از آنجاکه هر نقشه معیار دارای محدوده و مقیاس‌های اندازه‌گیری متفاوتی است، برای تحلیل و ارزیابی چندمعیاری باید مقیاس اندازه‌گیری آن‌ها را همخوان و باهم متناسب کرد. در پژوهش حاضر برای تبدیل مقادیر مربوط به معیارها به مقادیر استاندارد شده، از روش تبدیل مقیاس خطی مبتنی بر دامنه مقادیر استفاده شد (رابطه ۵).

$$X_i = R_i - R_{\min} / R_{\max} - R_{\min} \quad \text{رابطه ۵}$$

R_i : نمره خام معیار i ؛ $R_{\min}$: مینیمم مقادیر، $R_{\max}$: ماکزیمم مقادیر؛ X_i : مقدار استاندارد شده

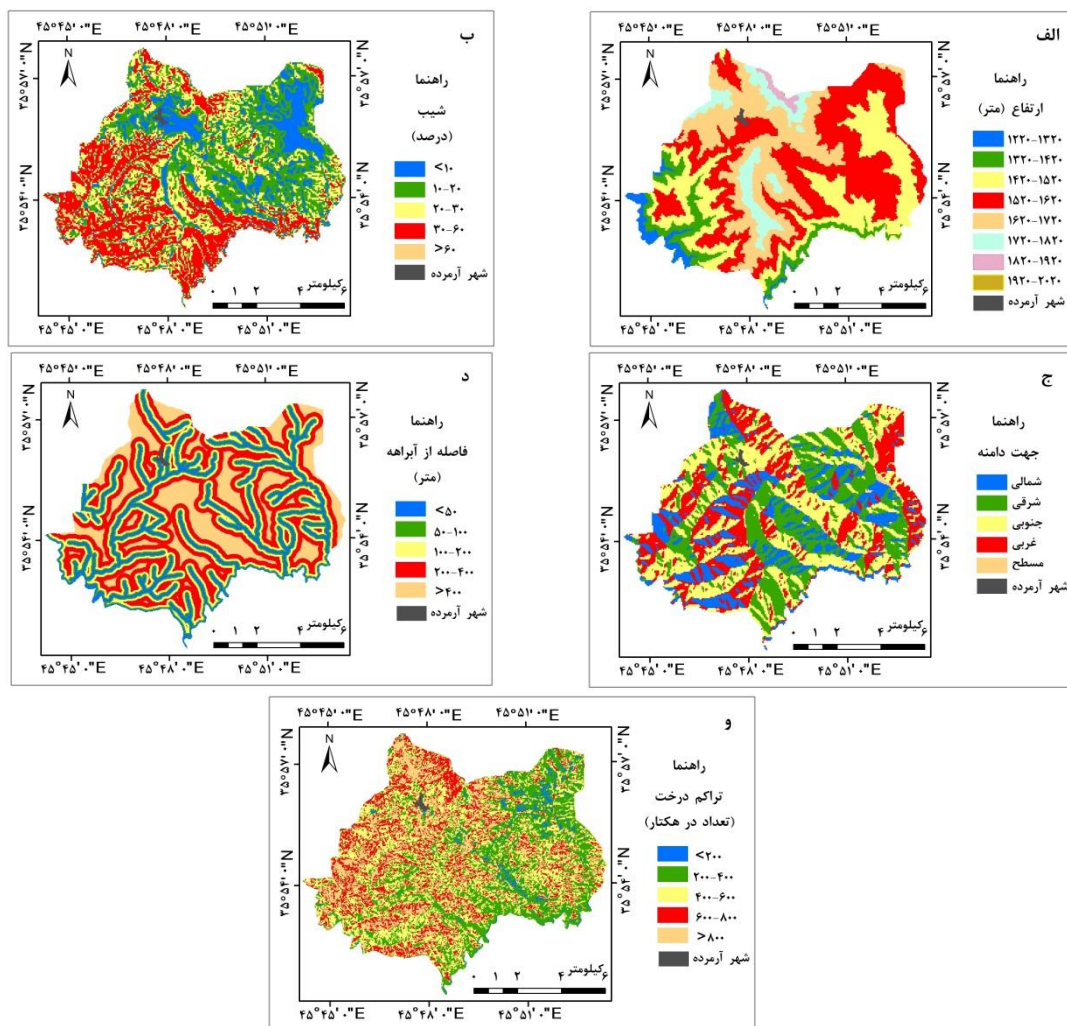
تهیه نقشه پهنه‌بندی و ارزیابی صحت

پس از ضرب وزن‌های هر کدام از گزینه‌ها در وزن استاندارد شده هر لایه، لایه‌های استاندارد وزنی ایجاد شدند؛ سپس ده لایه استاندارد شده معیارهای مؤثر بر هدف پژوهش باهم روی هم‌گذاری و تلفیق شدند. در گام آخر با استانداردسازی نقشه نهایی و کلاسه‌بندی آن به چهار کلاسه، نقشه پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل تهیه شد. با مقایسه نقشه حاصل از پهنه‌بندی با نقشه تغییرات گستره جنگل منطقه مورد مطالعه در بازه زمانی پنجاه‌ساله (مرادی، ۱۳۸۸: ۸۹)، صحت پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل حاصل از اجرای پژوهش سنجیده شد.

نتایج

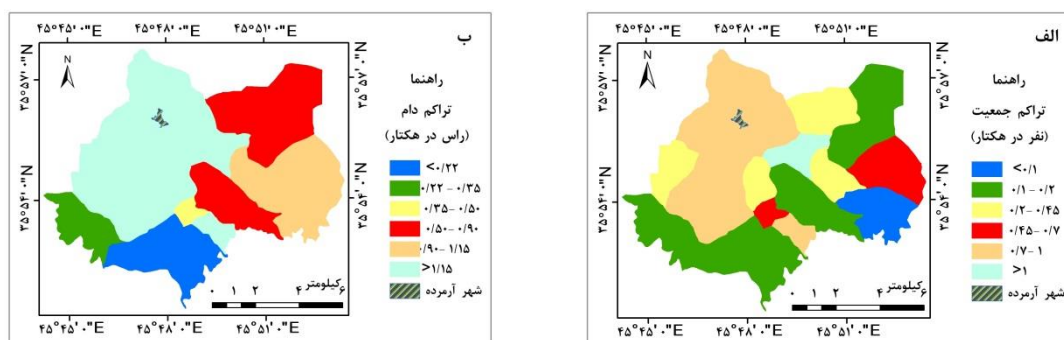
نقشه معیارها

نقشه‌های طبقه‌بندی شده زیرمعیارهای عامل فیزیوگرافی (شیب، جهت و ارتفاع) و عوامل طبیعی (نقشه فاصله از آبراهه و نقشه تراکم درختان) بیان‌کننده وضعیت این معیارها در سطح منطقه مورد بررسی است (شکل ۳). نقشه طبقات ارتفاعی منطقه نشان می‌دهد که بیشترین مساحت مربوط به طبقه ۱۵۲۰ تا ۱۶۲۰ متر است (شکل ۳ الف). کلاسه شیب بیشتر از ۶۰٪، کمترین و کلاسه شیب ۳۰٪ تا ۶۰٪، بیشترین سطح منطقه را تشکیل می‌دهند که بیانگر به نسبت پرشیب بودن منطقه است (شکل ۳ ب). در نقشه جهت شیب منطقه، کلاسه‌های جهت شرقی و جنوبی بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۳ ج). پراکنش آبراهه‌ها در کل منطقه مشاهده می‌شود (شکل ۳ د). نقشه تراکم درختان نیز نشان‌دهنده وجود جنگل‌هایی با تراکم درختی کم تا زیاد در منطقه است (شکل ۳ و).

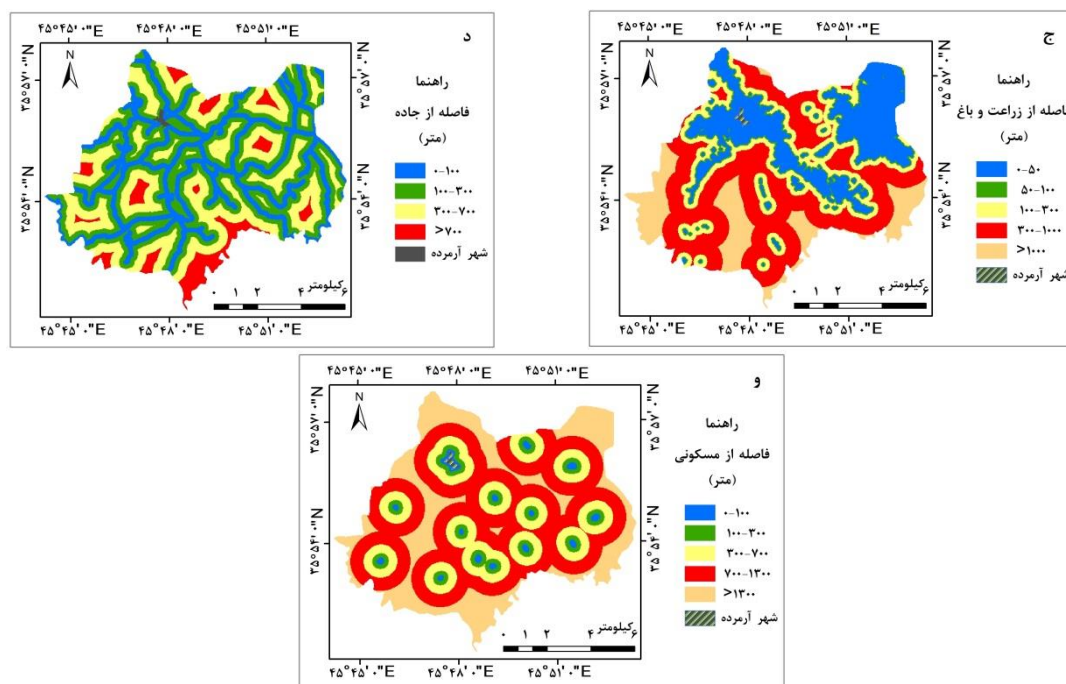


شکل ۳. الف: نقشه طبقات ارتفاع؛ ب: شیب؛ ج: جهت؛ د: فاصله از آبراهه؛ و: نقشه تراکم درختان

از زیرمعیارهای عوامل انسانی (شکل ۴)، بررسی نقشه تراکم جمعیت انسانی (شکل ۴ الف) و فاصله از مناطق مسکونی (شکل ۴ و) نشان‌دهنده وجود تراکم بالاتر جمعیت در اطراف شهر آرموده و روستاها و کوخ‌های منطقه است. با توجه به نقشه تراکم دام در واحد سطح (شکل ۴ ب)، مشاهده می‌شود که دام در کل منطقه وجود دارد؛ البته بیشترین تراکم دام در جنگل‌های حوضه آرموده مشاهده می‌شود. نقشه فاصله از زمین‌های کشاورزی و باغی نیز نشان‌دهنده وجود اراضی زراعی و باغی در بخش شمالی و شمال شرقی منطقه است (شکل ۴ ج). بیشترین مساحت منطقه نیز در فاصله بیش از سیصد متر از جاده‌ها قرار دارد (شکل ۴ د).



شکل ۴. الف: نقشه تراکم جمعیت انسانی؛ ب: تراکم دام در واحد سطح



ادامه شکل ۴. ج: فاصله از اراضی زراعی و باغی؛ د: فاصله از جاده؛ و: فاصله از مناطق مسکونی

وزن معیارها و زیرمعیارها

با ترکیب نظرات همه کارشناسان، وزن نهایی تک‌تک معیارها و زیرمعیارها محاسبه شد (جدول ۱). در میان معیارهای اصلی عوامل فیزیوگرافی بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. به‌طوری که این معیار به‌تنهایی بیش از نیمی از وزن معیارهای اصلی را در اختیار دارد. پس از عوامل فیزیوگرافی، معیارهای عوامل انسانی و عوامل طبیعی به‌ترتیب در درجات بعدی اهمیت قرار دارند. در بخش عوامل فیزیوگرافی سه زیرمعیار ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت بررسی شدند که براساس نظر کارشناسان معیار شیب بیشترین اهمیت و وزن را دارد. از زیرمعیارهای عوامل انسانی که در درجه دوم اهمیت قرار دارند، زیرمعیارهای تراکم جمعیت و فاصله از جاده به‌ترتیب بیشترین وزن را دارند. در گروه عوامل طبیعی که شامل دو زیرمعیار فاصله از آبراهه و تراکم درختان (تعداد پایه در هکتار) است، زیرمعیار فاصله از آبراهه نسبت به دیگر زیرمعیارهای این گروه، از اهمیت بالاتری برخوردار بوده است. پس از استخراج وزن نهایی تک‌تک زیرمعیارها، همان‌گونه که در جدول ۱ قابل مشاهده است، زیرمعیار شیب، اولویت بالاتری نسبت به سایر زیرمعیارها دارد.

جدول ۱. وزن معیارها و زیرمعیارهای مؤثر بر هدف

وزن زیرمعیار	زیرمعیار	وزن معیار	معیار
۰/۲۶۶	شیب	۰/۵۵۰	عوامل فیزیوگرافی
۰/۱۹۳	جهت		
۰/۰۹۱	ارتفاع		
۰/۰۹۴	تراکم جمعیت	۰/۲۶۵	عوامل انسانی
۰/۰۵۰	تراکم دام		
۰/۰۸۶	فاصله از جاده		
۰/۰۲۹	فاصله از مناطق زراعی و باغی		
۰/۰۶۶	فاصله از مناطق مسکونی		
۰/۰۴۶	تراکم درختان	۰/۱۸۵	عوامل طبیعی
۰/۰۷۹	فاصله از آبراهه		

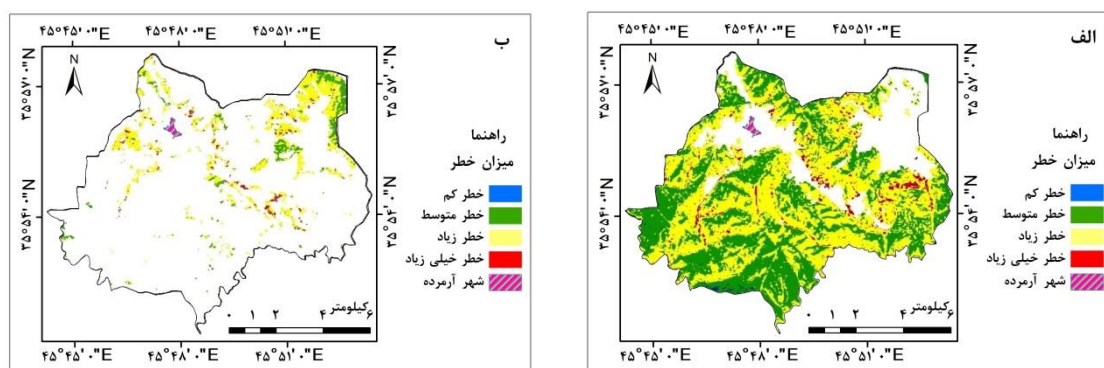
عوامل مؤثر بر کاهش گستره جنگل

نقشه پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل

برای تهیه نقشه پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل در محدوده مورد مطالعه از سه معیار اصلی و ده زیرمعیار استفاده شد. با تلفیق همه نقشه‌های استاندارد شده وزنی زیرمعیارها، یک نقشه تهیه شد. این نقشه نیز براساس روش‌های استانداردسازی (رابطه ۱)، استاندارد شد. در نهایت نقشه پهنه‌بندی شده تخریب با چهار کلاسه و طبقات مساوی (۰ تا ۰/۲۵، ۰/۲۵ تا ۰/۵۰، ۰/۵۰ تا ۰/۷۵ و ۰/۷۵ تا ۱) تهیه شد (شکل ۵ الف). نقشه تولید شده پتانسیل هر منطقه را براساس میزان در معرض خطر بودن آن منطقه نشان می‌دهد.

همچنان‌که پیش‌تر اشاره شد، کل منطقه مورد مطالعه دارای مساحتی برابر با ۹۱۷۷ هکتار است که از این میزان ۷۱۸۶ هکتار آن جنگل است. براساس پهنه‌بندی به‌عمل آمده، بخش زیادی از عرصه‌های جنگلی در معرض خطر زیاد و خیلی‌زیاد قرار دارند که حدود ۶۰٪ از کل منطقه را شامل می‌شود (جدول ۲).

شکل ۵ ب، از انطباق نقشه تخریب واقعی اتفاق افتاده در منطقه و نقشه پهنه‌بندی شده تخریب به‌دست آمده است. نتایج نشان داد که در بازه زمانی پنجاه‌ساله، سطحی معادل ۸۲۹ هکتار از سطح جنگل‌های منطقه کاسته شده است. در ارزیابی صحت صورت گرفته، حدود ۷۸٪ مناطقی که تخریب شده‌اند (کاهش گستره جنگل) در طبقات خطر زیاد و خطر خیلی‌زیاد نقشه پهنه‌بندی شده قرار گرفته‌اند (جدول ۳).



شکل ۵. الف: نقشه پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل؛ ب: انطباق نقشه طبقات خطر پهنه‌بندی با نقشه واقعیت زمینی کاهش گستره جنگل

جدول ۲. مساحت و درصد طبقات خطر در کل منطقه مورد مطالعه

طبقه خطر	سطح (هکتار)	درصد
خطر کم	۲۷/۴۳	۰/۳۸
خطر میانگین	۲۹۰۶/۷۲	۴۰/۴۵
خطر زیاد	۴۰۱۸/۴۵	۵۵/۹۲
خطر خیلی‌زیاد	۲۳۳/۴۰	۳/۲۵
جمع	۷۱۸۶	۱۰۰

جدول ۳. مساحت و درصد طبقات خطر در نقشه واقعیت زمینی مناطق کاهش گستره جنگل

طبقه خطر	سطح (هکتار)	درصد
خطر کم	۰/۵۲	۰/۰۶
خطر میانگین	۱۸۳/۴۲	۲۲/۱۳
خطر زیاد	۵۹۰/۴۲	۷۱/۲۲
خطر خیلی‌زیاد	۵۴/۶۴	۶/۵۹
جمع	۸۲۹	۱۰۰

بحث

جنگل‌ها به دلیل تأمین فراورده‌های چوبی، مواد غذایی و دارویی و همچنین نقش کلیدی و ارزنده آن‌ها در مبارزه با پدیده‌های پرخطری همچون پدیده گرمایش جهانی و کاهش تنوع زیستی، منابع بسیار ارزشمندی به‌شمار می‌روند (یزدانی و عباسی، ۱۳۸۹). جنگل‌های زاگرس نیز به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین بوم‌سازگان‌های جنگلی ایران، همواره با چالش‌های گوناگونی روبه‌رو بوده است. آنچه بیش از همه این منابع جنگلی را تهدید می‌کند، تخریب و کاهش گستره این منابع است. میزان پوشش جنگل‌ها در طول زمان می‌تواند با عوامل طبیعی و همچنین عوامل انسانی دست‌خوش تغییر و تحول شوند. اطلاعات مکانی مربوط به این تغییرات، اساسی‌ترین منبع برای طراحان و تصمیم‌گیرندگان مدیریت منابع زمینی خواهد بود (رنجبر، ۱۳۸۱: ۶۳). به همین دلیل، آگاهی از این موضوع که تخریب جنگل و به‌تبع آن خطر کاهش سطح جنگل در آینده بیشتر در چه مناطقی رخ خواهد داد، بسیار مهم است (گورته و شیخ، ۲۰۱۰).

روش تحلیل سلسله‌مراتبی به دلیل ماهیت مقایسه‌گرایی این روش می‌تواند مسائل دارای ابعاد متعدّد را از دید صاحب‌نظران مختلف بررسی کرده و با دخالت‌دادن تک‌تک نظرات، در تصمیم‌گیری نهایی، فرایند تصمیم‌گیری گروهی را به بهترین شکل ممکن اجرا کند (چاندیو و همکاران، ۲۰۱۳)؛ بنابراین استفاده از این روش در مدل‌سازی تخریب جنگل می‌تواند بسیار استفاده شود.

به‌طور کلی اساس و هدف عمل پهنه‌بندی، شناسایی کانون‌های مستعد برای یک هدف خاص است. در نوشتار پیش رو، هدف پهنه‌بندی و تعیین پتانسیل نواحی مختلف منطقه از نظر خطر کاهش گستره جنگل و درک الگوی پیشرفت مناطق غیر جنگلی در داخل جنگل بوده است؛ بر این اساس، پس از تهیه نقشه پهنه‌بندی، ارزیابی صحت نقشه تهیه‌شده در مقایسه با نقشه واقعیّت زمینی تغییرات گستره جنگل در بازه زمانی سال‌های ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۴ که از عکس‌های هوایی و برداشت زمینی به‌دست آمده بود، انجام شد (شکل ۵ ب و جدول ۳).

با توجه به اینکه ارزیابی صحت نشان داد که حدود ۷۸٪ مناطقی که تخریب شده‌اند (کاهش سطح جنگل) در طبقات خطر زیاد و خطر خیلی‌زیاد نقشه پهنه‌بندی قرار دارند؛ بنابراین می‌توان بیان کرد که نقشه پهنه‌بندی‌شده توانسته است الگوی کاهش گستره جنگل را در منطقه مورد مطالعه با دقت کمابیش خوبی پیش‌بینی کرده و در مقایسه با نقشه واقعیّت زمینی کاهش گستره جنگل، کارایی خود را در تعیین مناطق پرخطر نشان دهد. این درصد بالای صحت مدل ارائه‌شده، به‌خوبی توانایی‌های ترکیب روش تحلیل سلسله‌مراتبی و قابلیت‌های جی.آی.اس را در پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل به‌اثبات می‌رساند. پژوهش‌های مشابه انجام‌شده کارایی سیستم‌های تحلیل تصمیم چندمعیاری و ارائه مدل‌های مبتنی بر جی.آی.اس را در پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل تأیید می‌کنند (پوخریال و همکاران، ۲۰۲۰؛ پیرباوقار و همکاران، ۲۰۱۹؛ کندور و همکاران، ۲۰۱۱؛ دروبن و لیس، ۲۰۰۹). علت کارایی این سیستم‌ها، در نظر گرفتن مجموعه‌ای از معیارهای تأثیرگذار بر مسئله مورد مطالعه است.

از دیگر عوامل مؤثر بر دقت کمابیش بالا و قابل قبول نتیجه پهنه‌بندی، می‌توان به جامع‌بودن احتمالی معیارهای در نظر گرفته‌شده اشاره کرد. سه معیار عوامل انسانی، عوامل فیزیوگرافی و عوامل طبیعی در پژوهش حاضر بررسی شدند. نتایج نشان داد که معیار عوامل فیزیوگرافی بر دو معیار دیگر برتری دارد (جدول ۱). عوامل انسانی و عوامل طبیعی در درجات بعدی اهمیت قرار دارند. اهمیت بالای عوامل فیزیوگرافی به دلیل نقش و اثر این عامل در محدود کردن دسترسی به عرصه‌های جنگلی است. در گروه عوامل فیزیوگرافی، شیب دامنه مهم‌ترین زیرمعیار است. پیرباوقار (۱۳۸۳: ۱۳۶) و آرخی و همکاران (۱۳۹۱) نیز در پژوهش خود به این نتیجه رسید که بیشترین میزان تخریب جنگل در مناطق با شیب کمتر است.

جهت دامنه اولویت دوم را به خود اختصاص داده است. در منطقه مورد مطالعه بیشترین تخریب انجام شده در جهت‌های جنوبی و کمترین تخریب در جهت‌های شمالی صورت گرفته است. امینی و همکاران (۱۳۸۵) نیز به این نتیجه رسیدند که جهت‌های شمالی کمترین میزان تخریب (کاهش سطح جنگل) را داشتند. نتایج نوشتار پیش رو و برخی پژوهش‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع، میزان تخریب کم می‌شود و این بدین علت است که در ارتفاعات، انگیزه قطع درختان و برداشت از جنگل، به دلیل مشکلات ارتفاع، حمل و نقل چوب و غیره کاهش می‌یابد (رنجبر، ۱۳۸۱: ۶۳). این نکته مهم را نیز باید در نظر داشت که نقش ارتفاع در تخریب جنگل می‌تواند از منطقه‌ای به منطقه دیگر متفاوت باشد. باقری و شتایی جویباری (۱۳۸۹) نشان داده‌اند که در جنگل‌های شمال کشور به دلیل تجمع بیشتر روستاها و گسترش جاده در ارتفاعات بالاتر، میزان تخریب بیشتری را می‌توان شاهد بود.

ضرورت بررسی عوامل انسانی از این جهت است که تمرکز زیاد جمعیت انسانی در جنگل‌های زاگرس سبب شده است که جمعیت جنگل‌نشین برای بقا و تأمین نیازمندی‌های خود در دسترس‌ترین منابع مجاور خود، یعنی جنگل را استفاده کرده و به شیوه‌های گوناگون به تخریب آن اقدام کند. فقر اقتصادی جمعیت ساکن در این مناطق و نیاز روزافزون بر خواسته از رشد جمعیت از یک سو و کمبود زمین‌های کشاورزی از سوی دیگر، سبب شده است که این مناطق همواره کانون‌های بالقوه تخریب باشند (پیرباوقار و همکاران، ۲۰۱۹)؛ به همین دلیل با در نظر گرفتن زوایای انسانی مسئله، در گروه عوامل انسانی، پنج زیرمعیار که سه زیرمعیار مرتبط با فاصله و دو زیرمعیار مرتبط با تراکم بودند، انتخاب شد. در این گروه، زیرمعیار تراکم جمعیت بالاترین میزان اهمیت را دارد. ژانگ^۱ و همکاران (۲۰۰۳) نیز به رابطه معنی‌داری بین تراکم جمعیت و میزان تخریب جنگل اشاره داشته‌اند. اتر^۲ و همکاران (۲۰۰۶)، ویت^۳ و همکاران (۲۰۱۸) و فاگوا^۴ و همکاران (۲۰۱۹) نیز به نقش فاکتورهای تشدیدکننده دسترسی به جنگل همچون فاصله از مناطق مسکونی و جاده‌ها در میزان وجود پوشش جنگلی تأکید دارند.

فاصله از مناطق مسکونی در میان زیرمعیارهای عوامل انسانی در رتبه دوم قرار دارد. سایر پژوهش‌های انجام شده نیز بیانگر آن است که میزان تخریب در مناطق نزدیک به روستاها و مناطق مسکونی بیشتر است (رنجبر، ۱۳۸۱: ۶۳؛ رضایی بنفشه و همکاران، ۱۳۸۴؛ پیرباوقار، ۱۳۸۳: ۱۳۶).

یکی دیگر از مشکلات مهم در جنگل‌های منطقه مورد مطالعه، عدم استقرار زادآوری در عرصه جنگلی است. به نظر می‌رسد عامل بروز این مسئله براساس سلسله‌مراتب علت و معلولی، چرای دام و نوع مدیریت سنتی حاکم بر این جنگل‌هاست (غضنفری و همکاران، ۲۰۰۴). این سیستم مدیریتی در حقیقت سیستم مدیریت تلفیقی جنگل - دام است که به دلیل سنتی بودن، نقاط ضعف متعددی دارد؛ همین نقاط ضعف موجب بروز تهدیداتی برای بقای جنگل‌های زاگرس شده است (مرکز پژوهش و توسعه جنگل‌داری زاگرس شمالی، ۱۳۸۴: ۷۰).

عوامل طبیعی شامل فاصله از آبراهه و تراکم درختان، پایین‌ترین اولویت را در این مطالعه به خود اختصاص دادند که این مسئله می‌تواند ناشی از پراکنش کمابیش یکنواخت کلاسه‌های این متغیرها در منطقه باشد. ژانگ و همکاران (۲۰۰۳) درباره تخریب جنگل به این نتیجه رسیدند که در مناطقی با انبوهی بیشتر، میزان تخریب اندکی بیشتر بوده است.

1- Zhang

2- Etter

3- Voight

4- Fagua

نتیجه‌گیری

براساس پژوهش حاضر، ترکیب تحلیل سلسله‌مراتبی و سامانه اطلاعات جغرافیایی ابزار کارآمدی برای پهنه‌بندی خطر کاهش گستره جنگل است. در نوشتار پیش رو عوامل و متغیرهایی که به‌نوعی بر روند کاهش گستره جنگل تأثیرگذار هستند، در قالب سه معیار اصلی و ده زیرمعیار کمی و کیفی با استفاده از روش تحلیل سلسله‌مراتبی بررسی شدند. براساس نقشه پهنه‌بندی به‌دست‌آمده، حدود ۶۰٪ از مساحت کل منطقه در پهنه خطر زیاد و بسیار زیاد قرار می‌گیرد؛ بنابراین تمرکز فعالیت‌های حفاظتی در نقاط بحرانی برای جلوگیری از ادامه روند کاهش گستره جنگل بسیار اساسی است. مناطق با دسترسی آسان و شیب کم، مستعدترین مناطق برای تغییر کاربری هستند. مسئله افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش تقاضا برای تبدیل جنگل به زمین‌های کشاورزی و مناطق انسان‌ساخت را می‌توان مهم‌ترین دلیل تخریب جنگل‌های با دسترسی آسان دانست؛ بنابراین تدوین برنامه جامع نظارتی با هدف جلوگیری از تعرض به منابع طبیعی و تغییر کاربری برای حفاظت از این جنگل‌ها امری ضروری است.

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، به‌دلیل توجه روستاییان و دامداران محلی به گونه‌های خاص برای علوفه دام، معیار تیپ جنگل نیز به‌عنوان معیار احتمالی مؤثری بر کاهش گستره جنگل، مدنظر قرار گیرد.

منابع

- آرخی، صالح؛ جعفرزاده، علی‌اکبر؛ یوسفی، صالح (۱۳۹۱). شبیه‌سازی تخریب جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک، GIS و سنجش‌ازدور (مورد: جنگل‌های شمال ایلام). *جغرافیا و توسعه*، ۱۰ (۲۹)، ۳۱-۴۲.
- امینی، محمدرشید؛ شتایی جویباری، شعبان؛ معیری، محمدهادی؛ غضنفری، هدایتا... (۱۳۸۵). بررسی امکان مدل‌سازی احتمال تخریب جنگل‌های غرب کشور با استفاده از GIS و RS (مطالعه موردی: جنگل‌های آرمیده بانه). *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۱۶ (۳)، ۴۳۱-۴۴۳.
- باقری، رضا؛ شتایی جویباری، شعبان (۱۳۸۹). مدل‌سازی کاهش گستره جنگل با استفاده از رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: حوضه آبخیز چهل‌چای استان گلستان). *مجله جنگل ایران*، ۲ (۳)، ۲۴۳-۲۵۲.
- پورهاشمی، مهدی (۱۳۸۲). بررسی تجدید حیات طبیعی گونه‌های بلوط در جنگل‌های مریوان. رساله دکتری جنگل‌داری، تهران: دانشگاه تهران.
- پیربواقار، مهتاب (۱۳۸۳). بررسی تغییرات گستره جنگل در ارتباط با عوامل توپوگرافی و مناطق انسان‌ساخت (مطالعه موردی: جنگل‌های شرق استان گیلان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگل‌داری، تهران: دانشگاه تهران.
- جزیره‌ای، محمدحسین؛ ابراهیمی رستاقی، مرتضی (۱۳۸۲). جنگل‌شناسی زاگرس. تهران: دانشگاه تهران.
- رضایی بنفشه، مجید؛ رستم‌زاده، هاشم؛ فیضی‌زاده، بختیار (۱۳۸۴). بررسی و ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS (مطالعه موردی جنگل‌های ارسباران ۲۰۰۵-۱۹۸۷). *پژوهش‌های جغرافیایی*، ۶۲ (۴)، ۱۴۳-۱۵۹.
- رنجبر، ابوالفضل (۱۳۸۱). بررسی و برآورد روند تخریب جنگل‌ها با استفاده از GIS و داده‌های سنجش‌ازدور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
- غضنفری، هدایتا...؛ نمیرانیان، منوچهر؛ سبجانی، هوشنگ؛ مروی مهاجر، محمدرضا؛ پورطهماسبی، کامبیز (۱۳۸۲). برآورد رویش قطری درختان وی‌ول (*Quercus libani*) در منطقه زاگرس شمالی (مطالعه موردی: هواره خول). *مجله منابع طبیعی ایران*، ۵۷ (۴)، ۶۴۹-۶۶۲.
- قدسی‌پور، حسن (۱۳۸۴). فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP). تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر.
- مرادی، رستگار (۱۳۸۸). بررسی ساختار و بررسی تغییرات گستره جنگل در زاگرس شمالی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای

- SPOT5 (مطالعه موردی: جنگل‌های بانه). پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگل‌داری، سنندج: دانشگاه کردستان.
- مرکز پژوهش و توسعه جنگل‌داری زاگرس شمالی (۱۳۸۴). طرح جنگل‌داری چندمنظوره با تأکید بر سامان‌دهی و مدیریت گل‌زنی در حوضه آرمرده. سنندج: دانشگاه کردستان.
- مهدوی، علی؛ رنگین، سمیه، مهدی‌زاده، حسین؛ میرزایی‌زاده، وحید (۱۳۹۷). مدل‌سازی تخریب جنگل‌های زاگرس با استفاده از رگرسیون لجستیک (مطالعه موردی: جنگل‌های چرداول استان ایلام). *جغرافیا و پایداری محیط*، ۸ (۲۷)، ۱۳-۱.
- ناصری، حمیدرضا؛ عزیزخانی، محمدجواد؛ مکنونی، سعید (۱۳۸۸). تلفیق سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاری و اطلاعات جغرافیایی در مکان‌یابی محل‌های مناسب پخش سیلاب جهت تغذیه مصنوعی (مطالعه موردی: دشت چاه‌دراز-سیرجان). *فصلنامه زمین‌شناسی/ایران*، ۱۰ (۳)، ۹۷-۱۰۵.
- نکوئی‌مهر، محمد؛ رأفت‌نیا، نصرت‌الله؛ رئیس‌یان، روانبخش؛ جهانبازی، حسن؛ طالبی، محمود؛ عبدالمهی، خدایار (۱۳۸۵). تأثیر جاده‌سازی بر تخریب جنگل‌های منطقه بازفت. *تحقیقات جنگل و صنوبر/ایران*، ۱۴ (۳)، ۲۲۸-۲۴۳.
- یزدانی، سعید؛ عباسی، اکرم (۱۳۸۹). برآورد ارزش اقتصادی منافع زیست‌محیطی جنگل‌ها (مطالعه موردی: بخش نمخانه جنگل خیرود در شهرستان نوشهر). *مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی*، ۲ (۷)، ۳۳-۵۴.

References

- Amini, M. R., Shataee Jooybari, Sh., Moaieri, M. H. & Ghazanfari, H. (2009). Deforestation modeling and investigation on related physiographic and human factors using satellite images and GIS (Case study: Armerdeh forests of Baneh). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 16 (3), 431-443. (In Persian)
- Arekhi, S., Jafarzadeh, A. A. & Yousefi, S. (2013). Modelling deforestation using logistic regression, GIS and RS (Case study: Northern forests of the Ilam Provinc). *Geography and Development*, 10 (29), 31-42. (In Persian)
- Bagheri, R. & Shataee Jooybari, Sh. (2010). Modeling forest areas decreases, using logistic regression (case study: Chehl-Chay catchment, Golestan province). *Iranian Journal of Forest*, 12 (3), 243-252. (In Persian)
- Chandio, I.A., Matori, A.N.B. & WanYusof, K.B. (2013). GIS-based analytic hierarchy process as a multicriteria decision analysis instrument: a review. *Arabian Journal of Geosciences*, 6, 3059-3066.
- Cóndor, R. D., Scarelli, A. & Valentini, R. (2011). Multicriteria Decision Aid to Support Multilateral Environmental Agreements in Assessing International Forestry Projects. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 11, 117-137.
- Drobne, S. & Liesc, A. (2009). Multi-attribute decision analysis in GIS: Weighted linear combination and ordered weighted averaging. *Informatica*, 33 (4), 459-474.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S. & Possingham, H. (2006). Regional Patterns of Agricultural Land Use and Deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114, 369-386.
- Fagua, J. C., Baggio, J. A. & Ramsey, R. D. (2019). Drivers of forest cover changes in the Choco-Darien Global Ecoregion of South America. *Ecosphere*, 10 (3), 1-21.
- Ghazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, M. & Marvi Mohajer, M. R. (2004). Traditional Forest Management and its Application to Encourage Public Participation in the Northern Zagros Mountain of Kurdistan Province, Iran. *Scandinavian Journal of Forest Science*, 19 (4), 65-71.
- Ghazanfari, H., Namiranian, M., Sobhani, M., Marvi Mohajer, M. R. & Pourtahmasi, K. (2005). An estimation of tree diameter growth of Lebanon oak (*Quercus libani*) in northern Zagros forests (Case study, Havareh Khole). *Iranian Journal of Natural Resources*, 57 (4), 649-662. (In Persian)
- Ghodsipour, H. (2005). *Analytical Hierarchy process*. Tehran: Amirkabir University of Technology. (In Persian)
- Gibbs, J. P. (1998). Distribution of Woodland Amphibians along a Forest Fragmentation Gradient.

- Landscape Ecology*, 13 (4), 263- 268.
- Gorte, R. W. & Sheikh, P. A. (2010). Deforestation and Climate Changing. CRS Report for Congress, Washington, DC.
- Grashof-Bokdman, C. (1997). Forest Species in an Agricultural Landscape in the Netherlands: Effect of Habitat Fragmentation. *Journal of Vegetation Science*, 8 (1), 21-28.
- Jazirehi, M. H. & Ebrahimi Rostaghi, M. (2004). *Silviculture in Zagros*. Tehran: University of Tehran. (In Persian)
- Kučas, A. (2010). Location Prioritization by Means of Multicriteria Spatial Decision-support Systems: A Case Study of Forest Fragmentation-based Ranking of Forest Administrative Areas. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 18 (4), 312- 320.
- Mahdavi, A., Rangin, S., Mahdizadeh, H. & Mirzaizadeh, V. (2018). Modelling deforestation of Zagros forests using logistic regression (Case study: Chardavol forests of the Ilam Provinc). *Geography and Sustainable Environment*, 27, 1-13. (In Persian)
- Makropoulos, C., Butler, D. & Maksimovic, C. (2003). A Fuzzy Logic Spatial Decision Support System for Urban Water Managmment. *Water Resource Planning Management*, 129 (1), 69-77.
- Malczewski, J. (2004). Gis-based multicriteria decision analysis: a Survey of the Literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20 (7), 703- 726.
- Moradi, R. (2010). *Investigation of the structure and extent of forest changes in the northern Zagros using SPOT5 satellite images (Case study: Baneh forests)*. M.Sc thesis in Forestry: University of Kurdistan. (In Persian)
- Naseri, H. R., Azizkhani M. J. & Maknoui, S. (2009). Investigation of GIS and MCDM for selection of appropriate site for artificial recharge (Case study: Chahaderaz region, Kerman Province), *Iranian Journal of Geology*, 10 (3), 97-105. (In Persian)
- Nekooimehr, M., Rafatnia, N., Raisian, R., Jahanbazi, H., Talebi, M. & Abdolahi, Kh. (2006). Impact of road construction on forest destruction in Bazoft region, *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 14 (3), 228-243. (In Persian)
- Pir Bavaghar, M. (2005). *Investigation of forest area changes in relation to topographic factors and man-made areas (Case study: forests of eastern Gilan province)*. M.Sc thesis in Forestry: University of Tehran. (In Persian)
- Pir Bavaghar, M. (2015). Deforestation modelling using logistic regression and GIS. *Journal of Forest Science*, 61 (5), 193-199.
- Pir Bavaghar, M., Ghazanfari, H. & Rahimi, S. (2019). Comparison of analytical hierarchy process and fuzzy method in deforestation risk zoning. ISPRS – in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. (pp. 851-856), Tehran: ISPRS-archives.
- Pokhriyal, P., Rehman, S., Areendran, G., Raj, K., Pandey, R., Kumar, M., Sahana, M. & Sajjad, H. (2020). Assessing forest cover vulnerability in Uttarakhand, India using analytical hierarchy process. *Modeling Earth Systems and Environment*, 6, 821-831.
- Pourhashemi, M. (2005). *Investigation of natural regeneration of oak species in Marivan forests*. M.Sc thesis in Forestry: University of Tehran. (In Persian)
- Ranjbar, A. (2003). Investigation and estimation of forest degradation trends using GIS and remote sensing data, M.Sc thesis in Geographic information system, Khajeh Nasir Toosi University of Technology. (In Persian)
- Rezaei Banafsheh, M., Rostamzadeh, H. & Feyzzadeh, B. (2008). The study and evaluation of the trend of forest surface changes using the remote sensing and GIS: a case study of Arasbaran forests (1987-2005). *Geographical Research Quartely*, 39 (62), 143-159. (In Persian)
- The center for research and development of northern Zagros forests (2005). *Multi-purpose forestry plan with emphasis on the organization and management of Galazni in Armardeh area*. Sanandaj: University of Kurdistan. (In Persian)
- Tucker, C.M., Munroe, D.K., Nagendra, H. & Southworth, J. (2005). Comparative spatial analyses of forest conservation and change in Honduras and Guatemala. *Conservation and Society*, 3 (1), 174-200.

- Voight, C., Hernandez-Aguilar, K., Gutierrez, S., & Garcia, Ch. (2018). Utilizing GIS and remote sensing to inform spatial conservation planning: assessing vulnerability to future tropical forest loss in southern Belize, *Proceedings*, 2 (337), 1-6.
- Yazdani, S. & Abbasi, A. (2010). Estimating Economic and Environmental Values of Forests: A Case Study of Kheirood Forest in Novshahr. *Journal of Agricultural Economics Research*, 2 (7), 33-54. (In Persian)
- Zhang, Q., Devers, D., Desch, A., Justice, Ch. & Townshend, J. (2003). Mapping Tropical Deforestation in Central Africa. *Environmental Monitoring and Assessment*, 101, 69- 83.



Spatio – Temporal Estimation of Carbon Monoxide and Nitrogen Dioxide based on Remote Sensing Data and Ancillary Data in Tehran

Ali Shamsoddini^{1*}, Wanko Ahmadi¹

¹ Department of Remote Sensing and Geographic Information System, Faculty of Humanities, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Article Type: Research article

Article history:

Received 28 October 2020

Accepted 13 December 2020

Available online 19 December 2020

Keywords:

Machine Learning, Artificial Neural Network, Spatio-Temporal Modeling, Carbon Monoxide, Nitrogen Dioxide.

Citation: Shamsoddini, A., Ahmadi, W. (2020). Spatio – Temporal Estimation of Carbon Monoxide and Nitrogen Dioxide based on Remote Sensing Data and Ancillary Data in Tehran. *Geography and Sustainability of Environment*, 10 (3), 107-124.

doi: [10.22126/GES.2020.4227.2057](https://doi.org/10.22126/GES.2020.4227.2057)

ABSTRACT

Air pollution is one of the most important consequences of human activities, which not only threatens human health but also negatively affects all elements of the environment, including plants and animals. Tehran, the capital of Iran, and the administrative, political and economic center of the country, is no exception which is constantly struggling with these hazard. So far, many linear and nonlinear models have been applied to model air pollution. In this research, 8 pollutant measurement stations distributed over Tehran were selected according to the availability of their recorded data. In order to provide a model predicting pollutants, spatially and temporally, the combination of spatial and temporal features extracted of remote sensing data and environmental data was modeled using multilayer perceptron artificial neural network. The input data include meteorological data, topography, traffic index, population data, air pollutant concentrations for the last days, and land use map. In addition, vegetation cover, distance from heat islands, and the land surface temperature derived from remotely sensed data were used as remotely sensed attributes. In order to increase the accuracy of modeling, wavelet transform and feature selection methods were used on input attributes of the model. Random forest feature selection method was applied on the input data in order to reduce the number of input attributes,. The results of the model evaluation indicated that the model was efficient in estimating the concentrations of pollutants. Temporally, carbon monoxide and nitrogen dioxide were predicted with error estimation of 13% and 11.5%, respectively. Besides, these pollutants were spatially predicted with the estimation error less than 17%.

*. Corresponding author E-mail address:

ali.shamsoddini@modares.ac.ir



تخمین مکانی - زمانی آلاینده‌های منواکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن شهر تهران مبتنی بر داده‌های حاصل از سنجش از دور و داده‌های کمکی

علی شمس‌الدینی^{۱*}، وانکو احمدی^۱

^۱گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده

مشخصات مقاله

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله:

دریافت ۷ آبان ۱۳۹۹

پذیرش ۲۳ آذر ۱۳۹۹

دسترسی آنلاین ۲۹ آذر ۱۳۹۹

کلیدواژه‌ها:

یادگیری ماشین، شبکه عصبی مصنوعی، مدل‌سازی مکانی - زمانی، منواکسید کربن، دی‌اکسید نیتروژن.

استناد: شمس‌الدینی، علی؛ احمدی، وانکو (۱۳۹۹). تخمین مکانی - زمانی آلاینده‌های منواکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن شهر تهران مبتنی بر داده‌های حاصل از سنجش از دور و داده‌های کمکی. جغرافیا و پایداری محیط، ۱۰ (۳)، ۱۰۷-۱۲۴.

doi: [10.22126/GES.2020.4227.2057](https://doi.org/10.22126/GES.2020.4227.2057)

آلودگی هوا یکی از پیامدهای ناهنجار فعالیت‌های بشر است که نه تنها سلامت انسان را تهدید می‌کند؛ بلکه بر همه عوامل محیط‌زیست از جمله گیاهان و جانوران تأثیر نامطلوب می‌گذارد. تهران به عنوان مرکز اداری، سیاسی و اقتصادی کشور و پرجمعیت‌ترین شهر ایران، یکی از آلوده‌ترین شهرهای دنیا به‌شمار می‌رود. از مدل‌های خطی و غیر خطی متعددی تاکنون به منظور مدل‌سازی آلودگی هوا استفاده شده است. در نوشتار پیش رو از ویژگی‌های مکانی و زمانی مستخرج از تصاویر سنجش از دور و داده‌های محیطی ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا سازمان محیط‌زیست واقع در سطح شهر تهران پس از پیش‌پردازش‌های لازم به‌مثابه ورودی مدل استفاده شد. از میان ایستگاه‌های آلاینده‌سنج موجود در سطح شهر تهران، با در نظر گرفتن پوشش سری زمانی مشترک داده‌های ثبت‌شده، تعداد هشت ایستگاه انتخاب شد. به منظور انجام فرایند مدل‌سازی از روش شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه با الگوریتم آموزش لوبزبرگ - مارکوارت و تابع فعال‌سازی سیگموئیدی استفاده شد. در پژوهش حاضر از داده‌های هواشناسی، داده‌های مربوط به غلظت آلاینده‌ها در روزهای قبل، کاربری اراضی و نیز داده‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای شامل داده‌های مربوط به پوشش گیاهی و جزایر حرارتی به منظور مدل‌سازی غلظت آلاینده‌ها استفاده شد. از روش تبدیل موزیک بر روی مقادیر غلظت آلاینده‌ها در روزهای قبل استفاده گردید و سپس روش انتخاب ویژگی جنگل تصادفی بر روی ویژگی‌های ورودی مدل اعمال شد؛ همچنین با توجه به تغییرات مکانی آلودگی هوا سعی بر آن شد که با استفاده از اطلاعات هفت ایستگاه، مقادیر غلظت آلاینده یک ایستگاه برآورد شود. نتایج حاصل از ارزیابی مدل بیانگر کارایی مدل ارائه‌شده در تخمین مقادیر بیشینه روزانه غلظت آلاینده بود. منواکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن به ترتیب با خطای ۱۳٪ و ۱۱/۵٪ به صورت زمانی پیش‌بینی شدند؛ همچنین این دو آلاینده به صورت مکانی با خطای تخمین کمتر از ۱۷٪ پیش‌بینی شدند.

مقدمه

هر آلاینده براساس غلظت و نوع آن، ویژگی‌های مکانی و زمانی خاص خود را دارد (هویت^۱، ۱۹۹۱) و به‌همین سبب تاکنون مطالعات گوناگونی براساس روش‌های قطعی و روش‌های تجربی - آماری به‌منظور مدل‌سازی زمانی و مکانی آلاینده‌ها صورت گرفته است (گاردنر و درلینگ^۲، ۱۹۹۹؛ هراست و همکاران^۳، ۲۰۰۹). در روش‌های قطعی از مدل‌های انتشار^۴ اتمسفری استفاده می‌شود که در آن‌ها سعی بر استفاده از روابط فیزیکی و شیمیایی حاکم بر تولید و انتشار آلاینده‌ها است تا بتوان مدلی برای شبیه‌سازی به‌دست آورد. این روش نیازمند حجم زیادی از داده‌های اندازه‌گیری شده نیست، ولی در مقابل به اطلاعات دقیق و کاملی از منابع انتشار آلودگی، چگونگی انتشار آن و فرایندهای فیزیکی و شیمیایی حاکم بر آن نیاز دارد. این درحالی است که اطلاعات مورد نیاز برای این‌نوع مدل‌سازی، به‌طور معمول به‌طور کامل وجود نداشته و به‌همین خاطر، ساده‌سازی و تخمین در مدل‌سازی لازم است که خود منجر به بروز خطا می‌شود (هراست، ۲۰۰۹). درمقابل، روش‌های تجربی - آماری به حجم زیادی از داده‌های اندازه‌گیری شده نیاز دارند تا رابطه میان متغیرهای مختلف و مقادیر اندازه‌گیری شده مدل به‌درستی تشخیص داده شود (شی و هریسون^۵، ۱۹۹۷).

روش‌های تجربی - آماری شامل مدل‌های خطی و غیر خطی هستند که هریک مزایای خاص خود را دارند. روش‌های رگرسیون خطی یکی از پرکاربردترین روش‌های مدل‌سازی است که پایه ریاضی و محاسبات بسیار ساده‌ای دارد و برای مدل‌سازی در زمانی مناسب است که پیچیدگی رابطه بین متغیرها و مقادیر اندازه‌گیری شده کم باشد. روش‌های غیر خطی همچون شبکه عصبی مصنوعی^۶ به‌دلیل توانایی شناسایی روابط غیر خطی پیچیده، بین متغیرهای مستقل و وابسته در مدل‌سازی غیر خطی آماری استفاده می‌شود (عبودی و همکاران، ۱۳۹۴؛ ژانگ^۷ و همکاران، ۲۰۱۲ الف).

آلودگی هوای شهری از شرایط اقلیمی مانند میزان دما، رطوبت هوا، خصوصیات باد، میزان بارندگی و همچنین موقعیت جغرافیایی، افزایش جمعیت، منابع آلوده‌ساز، استفاده بیش از حد از سوخت‌های فسیلی و نیز ترافیک و الگوی نامناسب سیستم حمل‌ونقل شهری، تأثیر می‌پذیرد (اجتهادی، ۱۳۸۶)؛ همچنین عوامل هواشناسی ازجمله وارونگی دمایی و استقرار مداوم سامانه‌های پرفشار همراه با هوای پایدار، به‌ویژه در دوره سرد سال، مانع جابه‌جایی هوا و باعث افزایش آلاینده‌های هوا می‌شوند (شرعی‌پور، ۱۳۸۸). توپوگرافی ازقبیل کوه‌ها و ساختمان‌ها موجب انسداد بادهای و محبوس کردن آلاینده‌ها می‌شوند؛ همچنین این موانع ارتفاعی منجر به جلوگیری از رسیدن نور خورشید به سطح زمین شده و در منطقه سایه هوای سرد و خنک مستقر شده و منجر به راکدشدن هوا به‌صورت منطقه‌ای و محلی می‌شوند که درنتیجه این عوامل بر میزان تجمع آلاینده‌ها در آن نواحی افزوده می‌شود (خبری و همکاران، ۱۳۹۲). یکی دیگر از عوامل مؤثر بر کیفیت هوا، پدیده جزیره حرارتی شهری^۸ است که نه‌تنها منجر به کاهش کیفیت هوا شده، بلکه بر میزان بارندگی و افزایش آلودگی نیز اثر می‌گذارد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۲ ب). با توجه به عوامل متعدد تأثیرگذار بر میزان غلظت آلاینده‌ها، می‌توان دریافت که مدل‌سازی آن‌ها با استفاده از

1- Hewitt

2- Gardner & Dorling

3- Hrust

4- Diffusion

5- Shi & Harrison

6- Artificial Neural Network

7- Zhang

8- Urban Heat Island

روش‌های غیر خطی همچون شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند نتایج بهتری را به‌دنبال داشته باشد. چنان‌چه در پژوهش‌های بسیاری برتری مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه^۱ نسبت به مدل‌های رگرسیون خطی به‌منظور مدل‌سازی غلظت آلاینده‌هایی همچون اکسیدهای نیتروژن (گاردنر و درلینگ، ۱۹۹۹؛ الانگاسینگه^۲ و همکاران، ۲۰۱۴)، منواکسید نیتروژن (پرز و تریر^۳، ۲۰۰۱؛ مونترو-لورنزو^۴ و همکاران، ۲۰۱۳)، دی‌اکسید گوگرد (چلانی^۵ و همکاران، ۲۰۰۲)، ازن و ذرات معلق در هوا (مکندری^۶، ۲۰۰۲) نشان داده شده است؛ البته باید به این نکته اشاره شود که با توجه به نوع آلاینده، رابطه بین غلظت آلاینده‌ها و متغیرهای مورد استفاده می‌تواند تا حدودی متفاوت باشد (آگیره-باسارکو^۷ و همکاران، ۲۰۰۶).

با استفاده از قابلیت‌های داده‌های سنجش‌ازدور می‌توان به بررسی آلاینده‌های موجود در هوا، بررسی فرایندهای فیزیکی، تخمین غلظت آن و بررسی انتشار گازها و ذرات معلق موجود در اتمسفر پرداخت (مارتین^۸، ۲۰۰۸). در یکی از این پژوهش‌ها، تغییرات مکانی و زمانی آلاینده PM_{2.5} با استفاده از مدل‌های رگرسیون کاربری اراضی و رگرسیون خطی چندمتغیره و از داده‌های کاربری زمین، جمعیت، ترافیک، ویژگی‌های توپوگرافی و متغیرهای AOD داده‌های مادیس مربوط به سال ۲۰۰۵ به‌عنوان داده‌های مستقل در شهر فلوریدا به‌منظور مدل‌سازی داده‌های میانگین ماهانه PM_{2.5} استفاده شد (مائو^۹ و همکاران، ۲۰۱۲).

در پژوهشی دیگر، با استفاده از داده‌های هواشناسی لیدار و طیف‌سنج خورشیدی سنجنده مادیس مربوط به سال ۲۰۱۱ میزان ذرات معلق و عمق نوری آئروسول برای چهار شهر قبرس بررسی شدند (نیسانتزی^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۳)؛ همچنین غلظت متوسط سالانه آلاینده دی‌اکسید نیتروژن در منطقه‌ای در جنوب شرق اوکراین با استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور اتمسفری مربوط به سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵، ۲۰۰۶ و ۲۰۱۰ از سنسورهای ENVISAT/SCIAMACHY تعیین شد (خاریتانوف^{۱۱} و همکاران، ۲۰۱۳). در همین راستا، رابطه بین داده‌های عمق نوری آئروسول و غلظت زمینی PM₁₀ از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ در کشور کرواسی با استفاده از داده‌های سنجنده مادیس و داده‌های هواشناسی انجام گرفت (گرگوریچ^{۱۲} و همکاران، ۲۰۱۴)؛ همچنین در پژوهشی دیگر، به‌منظور بررسی و پیش‌بینی تغییرات مکانی و زمانی غلظت آلاینده PM₁₀ در چین طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۵ از داده‌های سنجنده مادیس، داده‌های هواشناسی و کاربری زمین استفاده شد (چن^{۱۳} و همکاران، ۲۰۱۸). براساس مطالعات پیش‌گفته، داده‌های سنجش‌ازدور می‌توانند اطلاعات مفیدی را به‌منظور مدل‌سازی آلاینده‌های هوا فراهم آورند.

به‌منظور مدل‌سازی غلظت آلاینده‌های هوا به‌عنوان متغیرهای وابسته، تاکنون متغیرهای مستقل متنوعی در مطالعات گوناگون استفاده شده‌اند که از آن جمله می‌توان به متغیرهایی همچون غلظت آلاینده‌ها در ساعت‌ها و روزهای گذشته (آل‌شیخ و همکاران، ۱۳۹۱؛ الانگاسینگه و همکاران، ۲۰۱۴؛ عبودی و همکاران، ۱۳۹۴)،

1- Multi Layer Perceptron (MLP)

2- Elangasinghe

3- Perez & Trier

4- Montero-Lorenzo

5- Chelani

6- McKendry

7- Agirre-Basurko

8- Martin

9- Mao

10- Nisantzi

11- Kharytonov

12- Grgurić

13- Chen

پارامترهای هواشناسی از جمله دما، سرعت و جهت باد (آل‌شیخ و همکاران، ۱۳۹۱؛ شمس‌الدینی^۱ و همکاران، ۲۰۱۷)، داده‌های مربوط به موقعیت ایستگاه نسبت به خیابان‌ها و بزرگراه‌های اصلی (رفیع‌پور و همکاران، ۱۳۹۲؛ شمس‌الدینی و همکاران، ۲۰۱۷)، ویژگی‌های محیطی از قبیل نزدیکی به فضاهای سبز (شمس‌الدینی و همکاران، ۲۰۱۷)، اشاره کرد. به‌طور مشخص این متغیرها در طی زمان و مکان تغییر می‌کنند که این مسئله خود می‌تواند بر پیچیدگی روابط بین متغیرهای وابسته و متغیر مستقل (غلظت آلاینده‌های هوا) بیفزاید. این مسئله در برآورد غلظت آلاینده‌ها برای مکان و زمانی خاص با استفاده از مدل‌هایی که برای زمان‌ها و مکان‌های دیگر توسعه یافته‌اند، اهمیت می‌یابد؛ برای مثال زمانی که دستگاه آلاینده‌سنج برای منطقه خاصی وجود ندارد، ناگزیر از مدل تخمین غلظت آلاینده‌ها که برای مناطق دیگر توسعه یافته‌اند برای تخمین میزان غلظت آلاینده‌ها در آن فصل استفاده شود. با توجه به بررسی‌های انجام‌شده، در زمینه امکان‌سنجی بسط مدل‌های زمانی و مکانی تخمین غلظت آلاینده‌ها به سایر زمان‌ها و مکان‌ها، مطالعات چندانی صورت نگرفته است و به‌همین سبب هدف نوشتار پیش رو بررسی این مسئله است. به‌دلیل عملکرد مناسب روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه در مدل‌سازی‌های غلظت آلاینده‌های هوا، در پژوهش حاضر از این مدل به‌منظور مدل‌سازی‌های مکانی و زمانی استفاده می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در جستار پیش رو شهر تهران با مساحتی حدود ۸۰۰ کیلومترمربع است که در محدوده جغرافیایی ۳۵° ۳۴' تا ۳۵° ۴۹' شمالی و ۵۱° ۰۴' تا ۵۱° ۳۶' شرقی در دامنه جنوبی رشته کوه البرز و حاشیه شمالی کویر مرکزی قرار گرفته است. ارتفاع این شهر در جنوب ۱۰۳۱ متر و در شمال ۱۸۳۸ متر از سطح دریا است که از جنوب به شمال افزایش یافته است. متوسط دمای تهران در ماه مرداد ۲۹/۸ و در دی به ۲/۸ درجه سلسیوس می‌رسد. دمای هوای تهران در طول سال در مرکز بیشتر از حومه بوده و سبب ایجاد جزیره حرارتی شده است. موقعیت جغرافیایی شهر تهران به‌همراه موقعیت ایستگاه‌های پایش آلودگی هوای شهر تهران متعلق به سازمان محیط‌زیست و ایستگاه‌های هواشناسی در شکل ۱ نمایش داده شده است.

داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر شامل دو دسته داده‌های محیطی و داده‌های مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای هستند.

داده‌های محیطی

داده‌های محیطی مورد استفاده در نوشتار پیش رو شامل داده‌های غلظت آلاینده‌ها، داده‌های هواشناسی، داده‌های ترافیکی، داده‌های کاربری اراضی و جمعیت هستند.

داده‌های غلظت آلاینده‌ها

غلظت آلاینده‌های منواکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا مربوط به سازمان حفاظت محیط‌زیست واقع در سطح شهر تهران برای تمامی روزهای سال ۱۳۹۴ و نیمه اول سال ۱۳۹۵ به‌صورت ساعتی از سازمان محیط‌زیست استان تهران تهیه شد که با توجه به نقص داده‌ها در برخی از ایستگاه‌ها، از میان دوازده

ایستگاه موجود، هشت ایستگاه دانشگاه شهید بهشتی، چشمه، دانشگاه علم و صنعت، شهرداری منطقه ۱۵، پاسداران، پارک رازی، پارک سلامت و پارک شکوفه انتخاب شد.

داده‌های هواشناسی

داده‌های هواشناسی مورد استفاده در جستار پیش رو شامل سرعت و جهت باد، دمای هوا، فشار هوا، رطوبت نسبی و پوشش کلی ابر است؛ از این میان، اطلاعات دما و رطوبت نسبی مربوط به هشت ایستگاه ثابت پایش آلودگی هوا متعلق به سازمان محیط زیست، سرعت و جهت باد از ایستگاه‌های سازمان هواشناسی واقع در سطح شهر تهران (مهرآباد، ژئوفیزیک، چیتگر و شمیران) و داده‌های فشار و پوشش کلی ابر از سایت مرکز پیش‌بینی‌های متوسط هواشناسی اروپا^۱ استخراج و میانگین آن‌ها محاسبه شد. با توجه به وجود چندین ایستگاه در منطقه مورد مطالعه، برای اختصاص اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی به ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا از روش پلیگون‌بندی تیسن استفاده شد.

داده‌های ترافیکی

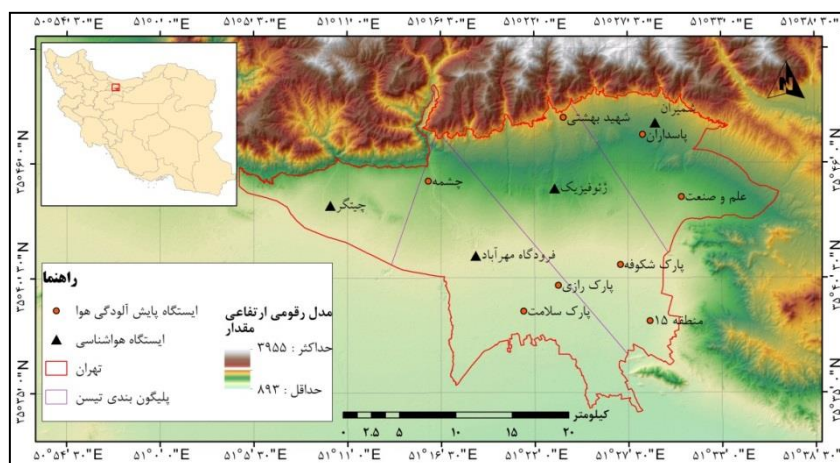
به دلیل قابل تهیه نبودن اطلاعات ترافیکی شهر تهران به جای اطلاعات واقعی ترافیک، از شاخص ترافیک استفاده شد. برای محاسبه شاخص ترافیک، بافرهایی به شعاع صد متر تا شعاع یک کیلومتری اطراف هر ایستگاه ایجاد شد. با توجه به اینکه غلظت آلاینده‌ها با فاصله از خیابان‌ها تغییر می‌کند، فاصله خیابان‌ها از هر ایستگاه محاسبه و در عرض خیابان ضرب و در نهایت میانگین وزنی آن‌ها محاسبه شد (شمس‌الدینی و همکاران، ۲۰۱۷).

مساحت کاربری زمین

با توجه به تأثیر نوع کاربری سطح زمین همچون فضای سبز، صنعتی و غیره بر کیفیت هوا، به منظور اخذ اطلاعات کاربری زمین، فایل رقومی شهر تهران از شهرداری تهیه شد و مساحت هر کاربری در بافرهای با شعاع صد متر تا یک کیلومتر اطراف هر ایستگاه محاسبه شد.

جمعیت

لایه رقومی سرشماری جمعیت سال ۱۳۹۰ تهران در مقیاس محله‌ای از مرکز آمار ایران تهیه شد و جمعیت اطراف هر ایستگاه پایش آلودگی تا شعاع یک کیلومتری استخراج شد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهر تهران و ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا و هواشناسی

1- <https://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/>

داده‌های ماهواره‌ای

در نوشتار پیش رو به‌منظور استخراج میانگین پوشش گیاهی و جزایر حرارتی شهری از تصاویر سنجنده‌های OLI/TIRS ماهواره لندست-۸ به شماره مسیر ۱۶۴ و ردیف ۳۵ که از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا^۱ و محصول دمای سطح زمین سنجنده مادیس که از سایت سیستم داده مشاهدات زمینی اداره کل ملی هوانوردی و فضایی آمریکا^۲ به شماره افقی ۲۲ و عمودی ۵ دریافت شدند، استفاده شد. تعداد شش تصویر بدون ابر ماهواره لندست-۸ به‌مثابه نماینده هر فصل (جدول ۱) و تعداد ۵۴۲ محصول دمای سطح زمین سنجنده مادیس به‌صورت روزانه برای بازه زمانی مورد مطالعه دریافت شد. پس از دانلود این داده‌ها، ضمن بررسی تصاویر مادیس، تعداد ۳۸۱ تصویر به‌عنوان تصاویر بدون ابر برای محدوده شهر تهران انتخاب شده و در ادامه پژوهش، از آن‌ها استفاده شد.

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست-۸

تصاویر لندست نسبت به هم رجیستر بودند بنابراین، نیازی به تصحیح هندسی وجود نداشت.^۳ به‌منظور تصحیح اتمسفری از روش تصحیح اتمسفری و توپوگرافی^۴ استفاده شد. این روش برای انجام تصحیح اتمسفری ابتدا با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی، زمان تصویربرداری، زاویه زینت و آزیموت خورشید تصحیح توپوگرافی را انجام می‌دهد. از مدل رقومی ارتفاعی حاصل از تصاویر سنجنده پالسار^۵ ماهواره آلوس^۶ با قدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر برای انجام تصحیح اتمسفری استفاده شد. این داده از سایت پلتفرم داده‌های ماهواره‌ای آلاسکا^۷ دریافت شد.

شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال‌شده

به‌منظور محاسبه میانگین پوشش گیاهی از شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال‌شده^۸ استفاده و در نهایت میانگین آن در بافرهایی با شعاع صد متر تا یک کیلومتر اطراف هر ایستگاه استخراج شد.

فاصله از جزیره حرارتی

روش‌های مختلفی برای استخراج دما از باند حرارتی ارائه شده است؛ که در پژوهش حاضر از باند ۱۰ در محدوده طیفی ۱۰/۶۰ تا ۱۱/۱۹ میکرومتر سنجنده مادون قرمز حرارتی^۹ ماهواره لندست-۸ و به‌روش تک‌باندی (آرتیس و کارناهان^{۱۰}، ۱۹۸۲)، دمای سطح زمین استخراج شد.

جدول ۱. تاریخ تصاویر اخذشده ماهواره لندست-۸

سنجنده	تاریخ تصویر
OLI/TIRS	۲۰۱۵/۰۵/۱۷
OLI/TIRS	۲۰۱۵/۰۸/۰۵
OLI/TIRS	۲۰۱۵/۱۱/۲۵
OLI/TIRS	۲۰۱۶/۰۲/۱۳
OLI/TIRS	۲۰۱۶/۰۵/۱۹
OLI/TIRS	۲۰۱۶/۰۸/۰۷

1- <https://earthexplorer.usgs.gov/>

2- <https://landsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/search/order/>

3- <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-level-1-processing-details>

4- Atmospheric and Topographic Correction (ATCOR)

5- PALSAR

6- ALOS

7- <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>

8- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

9- TIRS

10- Artis & Carnahan

پس از انجام پیش‌پردازش‌های لازم برای تبدیل دمای درخشندگی به دمای جنبشی سطح لازم است که گسیل‌مندی سطح زمین^۱ در تصویر محاسبه شود. روش‌های مختلفی برای محاسبه گسیل‌مندی وجود دارد، با توجه به اینکه در فضای شهر سطوح مختلف دارای گسیل‌مندی متفاوت هستند؛ بنابراین با استفاده از روش گسیل‌مندی برپایه طبقه‌بندی^۲ ارائه‌شده اسنایدر^۳ و همکاران (۱۹۹۸) گسیل‌مندی سطح زمین در تصاویر ماهواره‌ای محاسبه شد (اسنایدر و همکاران، ۱۹۹۸). در این روش، کاربری اراضی/ پوشش زمین از تصاویر ماهواره‌ای و با روش حداکثر شباهت^۴ که روش رایجی در سنجش‌ازدور است، استخراج شد. صحت نقشه‌های تولیدشده با استفاده از برداشت داده‌های آزمایشی در گوگل‌ارث^۵، تعیین شد و ضرایب کاپا بین ۰/۸۶ تا ۰/۹ برای تصاویر مختلف به‌دست آمد که صحت قابل قبولی است؛ سپس با استفاده از کتابخانه گسیل‌مندی پدیده‌ها، مقدار آن به هر طبقه کاربری اختصاص داده و با استفاده از روش تک‌کاناله (رابطه ۱) دمای سطح زمین^۶ بازیابی شد.

$$LST = \frac{T_b}{1 + \left(\lambda \times \frac{T_b}{\rho} \right) \ln \varepsilon} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$\rho = h \times \frac{c}{\sigma}$$

که در این معادله، T_b عبارت از تصویر دمای درخشندگی؛ λ : نشان‌دهنده طول‌موج رادیانس تابشی؛ h : ثابت پلانک^۷ (6.626×10^{-34} ژول ثانیه)، σ : ثابت استفان بولتزمن^۸ (5.67×10^{-8} وات بر متر مربع بر درجه کلوین به توان چهارم)، c : سرعت نور^۹ (2.998×10^8 متر بر ثانیه) و ε : تصویر گسیل‌مندی سطح زمین است. درنهایت برای استخراج جزایر حرارتی، تصاویر دمای سطح زمین بازیابی و با استفاده از رابطه ۲ نرمال شده و سپس با استفاده از جدول ۲ طبقه‌بندی شدند:

$$N_i = \frac{T_i - T_{\min}}{T_{\max} - T_{\min}} \quad \text{رابطه ۲}$$

که در این رابطه N_i : نشان‌دهنده مقدار نرمال‌شده پیکسل T_i ، i : بیان‌کننده مقدار دمای مطلق پیکسل i ، $T_{\min}$: حداقل دمای هر تصویر و $T_{\max}$: حداکثر دمای هر تصویر است.

جدول ۲. چگونگی طبقه‌بندی دمای سطح زمین بازیابی‌شده

شماره طبقه	نام طبقه	دامنه مربوط به هر طبقه
۱	نواحی بسیارخنک	$T \leq T_{mean} - 1.5 \text{ std}$
۲	نواحی خنک	$T_{mean} - 1.5 \text{ std} < T \leq T_{mean} - \text{std}$
۳	نواحی با دمای متوسط	$T_{mean} - \text{std} < T \leq T_{mean} + \text{std}$
۴	نواحی گرم	$T_{mean} + \text{std} < T \leq T_{mean} + 1.5 \text{ std}$
۵	نواحی بسیارگرم	$T > T_{mean} + 1.5 \text{ std}$

- 1- Land Surface Emissivity
- 2- Classification-Based Emissivity Method (CBEM)
- 3- Snyder
- 4- Maximum Likelihood Classification (MLC)
- 5- Google Earth
- 6- Land Surface Temperature
- 7- Planck's constant
- 8- Boltzmann constant
- 9- Velocity of light

دمای سطح زمین

برای دریافت اطلاعات دمای سطح زمین در هر روز در بازه زمانی مربوط به داده‌های غلظت آلاینده‌ها، از محصول MOD11A1 سنجنده مادیس که روی سکوی ترا قرار دارد، استفاده شد که از سایت مربوطه به صورت روزانه برای بازه زمانی مورد مطالعه دریافت شد. محصول MOD11A1 دربرگیرنده دمای سطح و ضریب گسیل‌مندی با قدرت تفکیک مکانی یک کیلومتر است که با شرایط آسمان صاف تولید می‌شود؛ سپس میانگین پیکسل‌های آن در بافری با شعاع یک کیلومتر اطراف هر ایستگاه پایش آلودگی هوا محاسبه شد.

تبدیل موجک

هدف از تبدیل موجک گسسته، تجزیه سیگنال اصلی به موجک‌هایی در سطوح مختلف است؛ به طوری که سیگنال اصلی براساس رابطه ۳، به دو دسته سیگنال کلی و سیگنال جزئی تجزیه می‌شود:

$$s(n) = D_1(n) + D_2(n) + \dots + D_j(n) + A_j(n) \quad \text{رابطه ۳}$$

در این رابطه، $s(n)$: عبارت از سیگنال اصلی؛ $A_j(n)$: نشان‌دهنده کلیات سیگنال اصلی در سطح j ام و $D_j(n)$: بیان‌کننده جزئیات سیگنال اصلی در سطح j ام است.

در پژوهش حاضر به منظور افزایش صحت تخمین حاصل از مقادیر بیشینه غلظت آلاینده، از تبدیل موجک بر روی مقادیر بیشینه غلظت آلاینده‌ها تا چهار روز قبل استفاده شد. از میان توابع تبدیل موجک، تابع DB به دلیل ارائه کوچک‌ترین تغییرات سیگنال در سطوح مختلف انتخاب شد (سیوک و اسوسک^۱، ۲۰۱۲). در این تابع موج، موجک مادر به صورت متعامل و دو متعاملی است و می‌تواند در تحلیل موجک گسسته و پیوسته استفاده شود (حسینی شفیعی و همکاران، ۱۳۹۵). به منظور تعیین سطح بهینه j از رابطه ۴ استفاده شد:

$$\frac{\text{std}(A_j)}{\text{std}(x)} < 0.1 \quad \text{رابطه ۴}$$

در این رابطه، $\text{std}(A_j)$: انحراف معیار کلیات سیگنال و $\text{std}(x)$: انحراف معیار سیگنال اصلی است. با توجه به این رابطه، مقدار $j=5$ به دست آمد و روی داده‌های بیشینه غلظت آلاینده‌های روزهای قبل تبدیل موجک DB در پنج سطح اعمال شد. در این راستا با توجه به رابطه تبدیل موجک، مقادیر سیگنال کلیات در سطح پنجم و سیگنال جزئیات در پنج سطح برای ورود به مدل‌سازی آماده شدند.

انتخاب ویژگی

انتخاب ویژگی یکی از مراحل مهم و اساسی در زمینه شناسایی الگو، یادگیری ماشین و داده‌کاوی است. هدف از انتخاب ویژگی، انتخاب بهینه‌ترین زیرمجموعه ویژگی از کل فضای ویژگی‌های اصلی مسئله مورد نظر است، به طوری که ضمن کاهش ابعاد بتوان به صحت مدل‌سازی مطلوبی دست یافت (کولر و سهامی^۲، ۱۹۹۶). برای انتخاب ویژگی، الگوریتم‌های فراوانی ارائه شده است. در پژوهش پیش رو، به منظور انتخاب ویژگی‌های بهینه از روش انتخاب ویژگی با استفاده از جنگل تصادفی^۳ استفاده شد. در این روش، در گام اول، الگوریتم جنگل تصادفی بر روی تمامی متغیرهای مستقل اعمال می‌شود و با انجام مدل‌سازی با تمامی متغیرها، میانگین مربعات خطای مدل محاسبه می‌شود. در گام بعد با محاسبه اهمیت متغیرها براساس میزان باقی‌مانده‌های خطا با روش جنگل

1- Siwek & Osowsk

2- Koller & Sahami

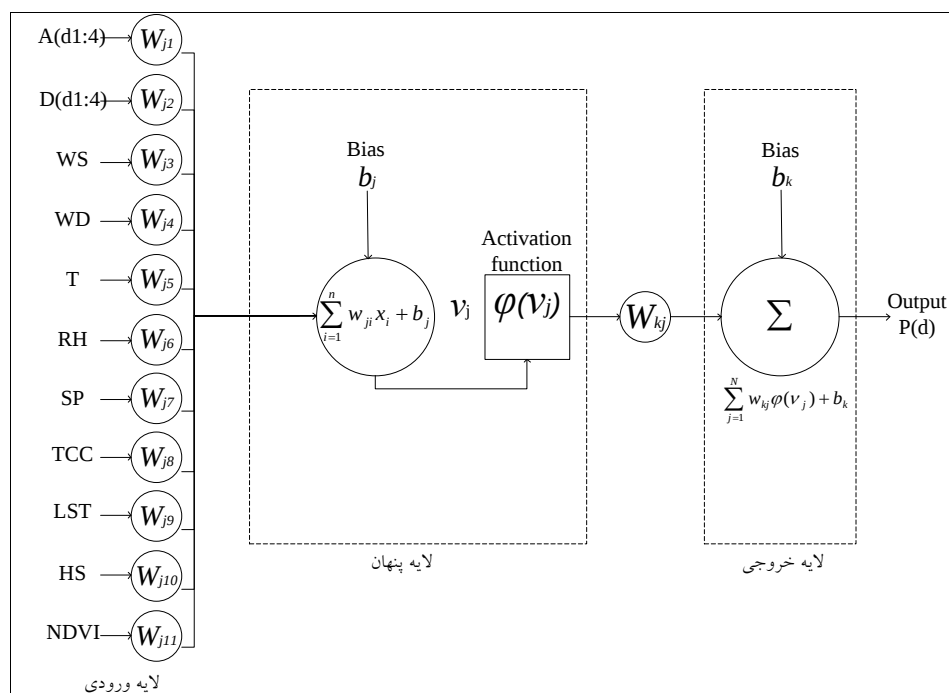
3- Random Forest

تصادفی، متغیرهای کم‌اهمیت حذف می‌شوند. حذف متغیرهای کم‌اهمیت به صورت مرحله‌ای است. با حذف متغیرهای کم‌اهمیت در هر مرحله، روش جنگل تصادفی با سایر متغیرها اجرا می‌شود و میزان خطای مدل محاسبه می‌شود.

برای دستیابی به تعداد نهایی متغیرها، در هر مرحله، از آزمون تی زوجی روی مقادیر قدر مطلق باقی‌مانده‌ها در آن مرحله و مرحله قبل (در صورت افزایش میزان خطا) استفاده می‌شود. این آزمون به منظور بررسی معنی‌دار بودن میزان افزایش خطای دو مدل استفاده می‌شود. در صورت معنی‌دار بودن این اختلاف، تعداد نهایی متغیرها همان تعداد متغیرهای مرحله قبل می‌شود، اما اگر که این اختلاف معنی‌دار نبود، تعداد متغیرهای همان مرحله به عنوان تعداد نهایی انتخاب می‌شوند (شمس‌الدینی و همکاران، ۲۰۱۴). پس از اعمال این روش، از ۱۵۶ خصیصه ورودی، ۴۲ متغیر مستقل شامل پنج سطح کلیات و پنج سطح جزئیات حاصل از تبدیل موجک مقادیر آلاینده‌ها در چهار روز قبل، سرعت باد، جهت باد، دمای هوا، رطوبت نسبی، درصد پوشش کالی ابر، فشار هوا، دمای سطح زمین، فاصله از جزیره حرارتی و شاخص پوشش گیاهی باقی ماند.

مدل‌سازی

از ویژگی‌های اصلی شبکه‌های عصبی مصنوعی ایجاد مدل رگرسیونی بین داده‌های ورودی و خروجی بدون لحاظ کردن روابط فیزیکی بین آن‌ها است (کولیبالی^۱ و همکاران، ۲۰۰۵). مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه متشکل از شبکه‌ای از عناصر ساده و ارتباطات است. تعداد نورون ورودی و خروجی شبکه‌های عصبی مصنوعی با ماهیت مسئله تعیین می‌شود. هر نورون مجموع وزن‌داری از ورودی‌های نورون مجاور را محاسبه می‌کند. این پردازش‌ها با استفاده از یک تابع فعال‌سازی انجام و در لایه بعدی توزیع می‌شود (کاکونن^۲ و همکاران، ۲۰۰۳). شکل ۲ ساختار شبکه عصبی را نشان می‌دهد.



شکل ۲. ساختار شبکه عصبی به همراه تبدیل موجک

به‌منظور انجام مدل‌سازی، متغیرهای انتخاب‌شده با روش جنگل تصادفی به‌عنوان ورودی مدل و بیشینه غلظت آلاینده‌ها در هرروز به‌منزله خروجی مدل معرفی شد. مجموعه داده‌ها برای مدل‌سازی زمانی آلاینده‌های منواکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن شامل ۴۴۱۵ نمونه از بیشینه غلظت روزانه آلاینده و ۴۲ خصیصه از هشت ایستگاه پایش کیفیت هوای ذکرشده در بازه زمانی هجده ماه شد. در این میان، روزهایی که تصاویر ماهواره‌ای دمای سطح زمین سنجنده مادیس به‌دلیل وجود ابر فاقد داده بودند؛ از مجموعه داده‌ها حذف شدند و درنهایت تعداد ۳۰۴۸ نمونه به‌عنوان ورودی مدل باقی ماندند؛ همچنین برای آموزش، اعتبارسنجی و ارزیابی مدل‌ها، داده‌ها به سه مجموعه شامل ۷۰٪ برای آموزش، ۱۵٪ برای اعتبارسنجی و ۱۵٪ برای آزمایش مدل به‌صورت تصادفی تقسیم شدند.

با توجه به مقیاس مختلف داده‌ها برای جلوگیری از ناهمگونی شبکه و از بین بردن ابعاد مختلف داده‌ها، ورودی‌های شبکه عصبی باید نرمال شوند؛ بدین منظور خصیصه‌های مورد استفاده با رابطه ۵ نرمال شده و در بازه [۰ و ۱] قرار گرفتند.

$$X_{norm} = \frac{(x_i - x_{min})}{(x_{max} - x_{min})} \quad \text{رابطه ۵}$$

در این رابطه، X_{norm} : مقدار نرمال‌شده یک خصیصه؛ x_i : مقادیر اصلی؛ x_{min} : مقادیر کمینه و x_{max} : مقادیر بیشینه هر خصیصه است.

به‌منظور اجرای شبکه عصبی پرسپترون چندلایه از تابع آموزشی لوبز-مارکوارت (LM)، با حد بالای نرخ آموزش ۰/۱۰ و ثابت مومنتوم ۰/۰۱ استفاده شد؛ همچنین برای یافتن تعداد نوروهای مناسب، شبکه چندین بار اجرا شد و تعداد نوروهای مناسب در لایه پنهان برای هر آلاینده تعیین شد که با توجه به تنوع آلاینده‌ها بین ۳ تا ۵ نورو متغیر بود.

برای قابلیت‌سنجی مدل‌های مکانی به‌منظور پیش‌بینی آلاینده‌ها، داده‌های مربوط به یک ایستگاه به‌عنوان داده آزمایشی و داده‌های هفت ایستگاه دیگر به‌مثابه داده‌های آموزشی شامل ۹۰٪ و اعتبارسنجی شامل ۱۰٪ قرار داده شد و این مدل‌سازی برای هر هشت ایستگاه انجام شد.

ارزیابی عملکرد مدل

به‌منظور ارزیابی عملکرد مدل‌ها، از رابطه‌های ۶ تا ۹ استفاده شد که به‌ترتیب شاخص‌های ریشه میانگین مربعات خطا^۱، خطای استاندارد تخمین^۲، ضریب تعیین^۳ و درصد خطا هستند.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2} \quad \text{رابطه ۶}$$

$$SEE = \sqrt{\frac{1}{N-m-1} \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2} \quad \text{رابطه ۷}$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{O})^2}{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2} \quad \text{رابطه ۸}$$

1- Root Mean Square Error (RMSE)

2- Standard Error of Estimation (SEE)

3- R2

$$\%Error = \left(\frac{RMSE}{\bar{O}} \right) \times 100$$

رابطه ۹

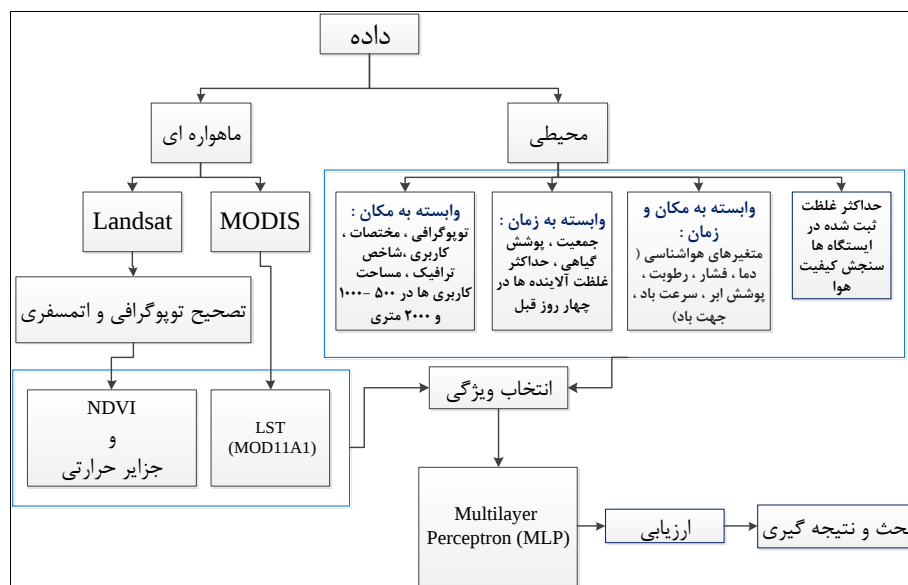
در معادلات بالا، P_i : عبارت از مقادیر پیش‌بینی شده؛ O_i : بیان‌کننده مقادیر مشاهده‌شده؛ $\bar{O}$: نشان‌دهنده میانگین مقادیر مشاهده‌شده؛ N : تعداد نمونه‌ها و m : تعداد پیش‌بینی‌کننده‌ها است. برای ارزیابی آماری مدل به‌دست‌آمده از آزمون تی نمونه جفت‌شده استفاده شد. مراحل انجام پژوهش در ادامه آورده شده است (شکل ۳).

نتایج

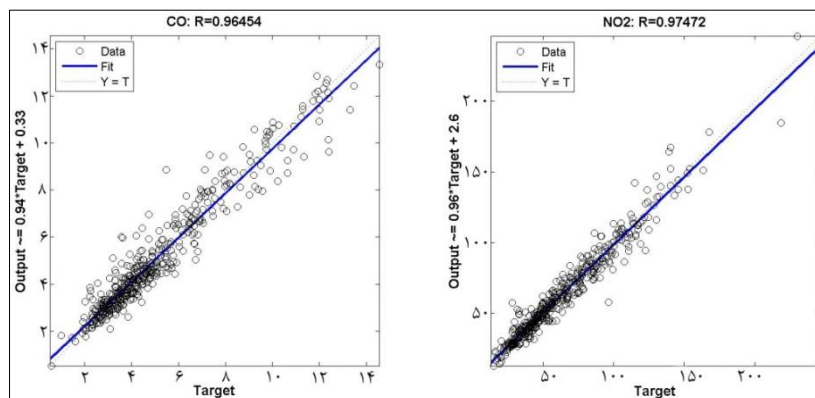
همان‌گونه که گفته شد، هدف اصلی جستار پیش‌رو، بررسی امکان بسط زمانی - مکانی مدل‌های حاصل از روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه به‌منظور پیش‌بینی میزان آلاینده‌های موجود در هوای شهر تهران است. پس از اجرای روش شبکه عصبی پرسپترون چندلایه، نتایج به‌دست‌آمده برای آلاینده‌ها به‌صورت زیر است:

نتایج حاصل از بررسی قابلیت‌سنجی مدل به‌منظور پیش‌بینی زمانی آلاینده‌ها

پراکندگی مقادیر اندازه‌گیری‌شده و مقادیر داده‌های پیش‌بینی‌شده (شکل ۴) و نتایج عملکرد مدل در مدل‌سازی زمانی آلاینده‌های منواکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن (جدول ۲) در ادامه ارائه شده است.



شکل ۳. نمودار جریانی مراحل انجام پژوهش



شکل ۴. پراکندگی مقادیر اندازه‌گیری‌شده و مقادیر داده‌های پیش‌بینی‌شده آلاینده‌های منواکسید کربن (چپ) و دی‌اکسید نیتروژن (راست)

با توجه به نتایج، مدل‌های پیش‌بینی‌کننده بیشینه غلظت آلاینده‌های منواکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن توانسته‌اند تا به خوبی تغییرات این آلاینده‌ها را مدل‌سازی کنند (شکل ۴)؛ همچنین ضریب تعیین این مدل‌ها بالاتر از ۰/۹۳ است (جدول ۲). براساس نتایج به دست آمده، مدل پیش‌بینی‌کننده بیشینه غلظت آلاینده دی‌اکسید نیتروژن با ۱۱/۴۶٪ خطای پیش‌بینی بهتر از مدل پیش‌بینی‌کننده بیشینه غلظت منواکسید کربن عمل کرده است (جدول ۳).

نتایج حاصل از بررسی قابلیت‌سنجی مدل به منظور پیش‌بینی مکانی آلاینده‌ها

نتایج عملکرد مدل در پیش‌بینی مکانی مقادیر آلاینده منواکسید کربن (جدول ۴) و نتایج عملکرد مدل در پیش‌بینی مکانی مقادیر دی‌اکسید نیتروژن (جدول ۵) در ادامه ارائه شده‌اند.

با توجه به نتایج به دست آمده، مدل‌های مکانی حاصل، بیشینه غلظت آلاینده منواکسید کربن را در ایستگاه پارک سلامت و ایستگاه چشمه به ترتیب با بیشترین و کمترین میزان درصد خطا برآورد کرده‌اند (جدول ۴). به منظور بررسی بیشتر وضعیت این ایستگاه‌ها، بین متغیرهای مختلف ورودی به صورت مجزا و مقادیر بیشینه غلظت آلاینده‌ها از همبستگی اسپیرمن استفاده شد. نتایج حاصل از همبستگی اسپیرمن نشان داد در ایستگاه پارک سلامت رابطه معنی‌داری بین متغیرهای دمای هوا، دمای سطح زمین، درصد پوشش ابر، فاصله از جزیره حرارتی، میانگین پوشش گیاهی تا شعاع ۴۰۰ متری وجود دارد؛ همچنین در ایستگاه چشمه، رابطه معنی‌داری بین متغیرهای سرعت باد، جهت باد، فشار هوا، رطوبت نسبی، درصد پوشش ابر و میانگین پوشش گیاهی در شعاع ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متری با غلظت آلاینده منواکسید کربن وجود دارد؛ همچنین نتایج نشان داد که ایستگاه دانشگاه شهید بهشتی بیشترین و ایستگاه پارک شکوفه کمترین درصد خطای برآورد را در پیش‌بینی مقدار غلظت آلاینده دی‌اکسید نیتروژن داشته است (جدول ۵).

نتایج حاصل از همبستگی اسپیرمن نشان داد در ایستگاه شهید بهشتی رابطه معنی‌داری بین متغیرهای سرعت باد، جهت باد، دمای هوا، فشار هوا، درصد پوشش ابر، دمای سطح زمین و میانگین پوشش گیاهی و در ایستگاه پارک شکوفه رابطه معنی‌داری بین متغیرهای سرعت باد، دمای هوا، فشار هوا، رطوبت نسبی، درصد پوشش ابر، فاصله از جزیره حرارتی و دمای سطح زمین و میانگین پوشش گیاهی تا شعاع ۳۰۰ متر با غلظت آلاینده دی‌اکسید نیتروژن وجود دارد.

جدول ۳. نتایج عملکرد مدل در مدل‌سازی زمانی آلاینده‌های منواکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن

آلاینده	خطای استاندارد تخمین	ریشه میانگین مربعات خطا	ضریب تعیین	درصد خطای برآورد
منواکسید کربن	۰/۷۰	۰/۶۶	۰/۹۳	۱۳/۱۳
دی‌اکسید نیتروژن	۷/۶۳	۷/۲۶	۰/۹۵	۱۱/۴۶

جدول ۴. نتایج عملکرد مدل در مدل‌سازی به منظور پیش‌بینی مکانی مقادیر آلاینده منواکسید کربن

ایستگاه	خطای استاندارد تخمین	ریشه میانگین مربعات خطا	ضریب تعیین	درصد خطای برآورد
دانشگاه شهید بهشتی	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۸۶	۱۳/۹۲
چشمه	۰/۳۲	۰/۳۰	۰/۸۳	۸/۳۴
دانشگاه علم و صنعت	۰/۴۸	۰/۴۶	۰/۸۳	۱۲/۳۷
شهرداری منطقه ۱۵	۱/۱۰	۱/۰۴	۰/۸۴	۱۶/۷۰
پاسداران	۱/۰۲	۰/۹۶	۰/۸۵	۱۱/۸۲
پارک رازی	۰/۸۴	۰/۷۹	۰/۸۷	۱۵/۶۵
پارک سلامت	۰/۹۲	۰/۸۷	۰/۸۶	۱۷/۰۳
شکوفه	۰/۸۲	۰/۷۷	۰/۸۲	۱۳/۸۸

جدول ۵. نتایج عملکرد مدل در مدل‌سازی به‌منظور پیش‌بینی مکانی مقادیر آلاینده دی‌اکسید نیتروژن

ایستگاه	خطای استاندارد تخمین	ریشه میانگین مربعات خطا	ضریب تعیین	درصد خطای برآورد
دانشگاه شهید بهشتی	۶/۲۹	۵/۹۳	۰/۹۱	۱۴/۳۹
چشمه	۴/۷۹	۴/۵۱	۰/۹۳	۱۰/۵۶
دانشگاه علم و صنعت	۷/۲۵	۶/۸۳	۰/۹۰	۱۲/۳۸
شهرداری منطقه ۱۵	۶/۳۶	۵/۹۹	۰/۹۱	۱۱/۱۷
پاسداران	۹/۸۲	۹/۲۵	۰/۹۱	۱۰/۶۹
پارک رازی	۱۰/۱۳	۹/۵۴	۰/۹۲	۱۲/۰۵
پارک سلامت	۱۱/۳۴	۱۰/۶۸	۰/۹۱	۱۱/۹۰
شکوفه	۵/۴۷	۵/۱۵	۰/۸۹	۱۰/۴۰

همچنین به‌منظور بررسی آماری عملکرد مدل‌های ایجادشده، آزمون تی جفت‌شده برای مقایسه آماری مقادیر پیش‌بینی‌شده و اندازه‌گیری‌شده بیشینه غلظت آلاینده‌ها استفاده شد. نتایج حاصل از این آزمون نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقادیر پیش‌بینی‌شده حاصل از مدل‌ها و مقادیر غلظت ثبت‌شده آلاینده‌های منواکسید کربن و دی‌اکسید کربن در سطح معنی‌داری ۵٪ وجود ندارد که خود نشان‌دهنده عملکرد مطلوب مدل‌های توسعه‌داده‌شده در نوشتار پیش رو است.

بحث

پس از انجام مدل‌سازی زمانی و تعیین صحت عملکرد مدل‌های به‌دست‌آمده برای پیش‌بینی بیشینه غلظت منواکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن، مشخص شد که دی‌اکسید نیتروژن با صحت بیشتری نسبت به منواکسید کربن پیش‌بینی می‌شود (جدول ۳)؛ همچنین در مدل‌سازی مکانی این آلاینده‌ها نیز، دی‌اکسید نیتروژن نسبت به آلاینده دیگر، در بیشتر ایستگاه‌ها خطای کمتری داشته و در تمامی موارد، مدل پیش‌بینی‌کننده این آلاینده توانسته است با ضریب تعیین بالاتری، غلظت این آلاینده را پیش‌بینی کند (جدول ۴ و ۵). با توجه به اینکه واکنش‌های شیمیایی و فتوشیمیایی که منجر به تولید و انتشار این آلاینده‌ها می‌شود، متفاوت است (کاراتزاس و کالتساتوس^۱، ۲۰۰۷).

مهم‌ترین عامل مؤثر بر غلظت آلاینده منواکسید کربن حجم ترافیک است و براساس گزارش شرکت کنترل کیفیت هوای سال ۱۳۹۴ تهران سهم منابع متحرک در تولید آلاینده‌های منواکسید کربن ۹۸٪ است و این درحالی است که این عامل در تولید آلاینده اکسیدهای نیتروژن ۴۷٪ بوده و بقیه با منابع ساکن تولید می‌شود (متکان و همکاران، ۱۳۸۸). منابعی همچون حجم ترافیک، منبع متغیری است که می‌تواند باعث تغییرپذیری بالای منواکسید کربن شود. تفاوت در منابع ایجاد این آلاینده‌ها می‌تواند در نوع الگوی روزانه تغییرات این آلاینده‌ها مؤثر باشد. در مناطق شهری، به‌طور معمول تغییرات غلظت اکسیدهای نیتروژن از یک الگوی روزانه منظم پیروی می‌کند (نلسون و لی^۲، ۱۹۷۷). این درحالی است که با توجه به بررسی‌های انجام‌شده روی تغییرات غلظت آلاینده‌ها در این مطالعه، تغییرات غلظت منواکسید کربن بیشتر از دی‌اکسید نیتروژن بوده و پایداری کمتری دارد؛ بنابراین می‌توان گفت که ناپایداری بیشتر غلظت منواکسید کربن و تغییرپذیری بالاتر این آلاینده می‌تواند یکی از دلایل مهم صحت پایین‌تر مدل‌های پیش‌بینی‌کننده این آلاینده نسبت به دی‌اکسید نیتروژن باشد.

استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در کنار استفاده از روش تبدیل مویک بر روی داده‌های غلظت آلاینده‌ها در

1- Karatzas & Kaltsatos

2- Knelson & Lee

روزهای قبل، توانست نتایج مطلوبی (خطای تخمین کمتر از ۱۴٪ برای مدل‌های زمانی و کمتر از ۱۷٪ برای مدل‌های مکانی) به‌دنبال داشته باشد؛ همچنین تست آماری مورد استفاده در نوشتار پیش رو بیان‌کننده عملکرد مطلوب روش مورد استفاده به‌منظور برآورد مقادیر منواکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن است. عملکرد شبکه عصبی مصنوعی تا حدود زیادی به معماری این شبکه شامل تعداد لایه‌ها، تعداد نوروها و توابع فعال‌سازی مورد استفاده وابسته است (فیفر^۱ و همکاران، ۲۰۰۹) که در پژوهش حاضر با استفاده از روش آزمون و خطا، تلاش شد تا مقادیر بهینه برای آن‌ها تعیین شود. توانایی پیش‌بینی مدل حاصل از شبکه عصبی مصنوعی افزون بر معماری مطلوب این شبکه، به عوامل دیگری همچون تراکم ایستگاه‌های نظارت آلودگی هوا، به‌ویژه در زمان مدل‌سازی مکانی، وابسته است (آلیمیسیس^۲ و همکاران، ۲۰۱۸).

مدل‌سازی مکانی در نوشتار پیش رو نشان داد که صحت مدل‌سازی می‌تواند برای ایستگاه‌های مختلف تا حدودی متفاوت باشد (جداول ۴ و ۵). تفاوت در عملکرد مدل‌های مکانی برای ایستگاه‌های مختلف در پژوهش‌های دیگر نیز به‌تأیید رسیده است (آلیمیسیس و همکاران، ۲۰۱۸). براساس گزارش شرکت کنترل کیفیت هوای تهران در سال ۱۳۹۴، میانگین غلظت سالانه آلاینده‌ها در ایستگاه‌های واقع در مرکز و جنوب شهر تهران بیشتر از سایر مناطق بوده است (شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، ۱۳۹۵). این تفاوت در غلظت آلاینده‌ها می‌تواند بیانگر این مسئله باشد که عملکرد عوامل انتشار آلاینده‌ها و نیز نوع این عوامل، می‌تواند برای ایستگاه‌های مختلف، متفاوت باشد. درواقع عوامل زیادی ویژگی‌های اقلیمی ایستگاه، ارتفاع ساختمان‌های اطراف ایستگاه، وضعیت ترافیک اطراف ایستگاه، وضعیت پوشش گیاهی، وضعیت استقرار واحدهای صنعتی بر میزان آلاینده‌های یک ایستگاه تأثیرگذار هستند. به‌طور مشخص، این عوامل برای یک ایستگاه نسبت به ایستگاهی دیگر می‌تواند متفاوت باشد و به‌دنبال آن، سازوکار انتشار و توسعه آلاینده‌ها نیز در یک ایستگاه با ایستگاه‌های دیگر تا حدودی متفاوت باشد. خطای زیاد تخمین آلاینده‌ها در تعدادی 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 و همکاران، ۲۰۰۶).

همان‌گونه که در نتایج نوشتار پیش رو نیز بیان شد، نتایج حاصل از همبستگی اسپیرمن نشان داد که رابطه متغیرهای مختلف مورد استفاده در پژوهش حاضر با مقادیر بیشینه غلظت آلاینده‌ها در ایستگاه‌های مختلف سطح شهر تهران متفاوت است؛ بنابراین انتظار می‌رود تا مدل مکانی که با استفاده از چند ایستگاه توسعه یافته است، عملکرد مناسبی برای تخمین بیشینه غلظت آلاینده در یک ایستگاه داشته باشد؛ به‌شرط آنکه شرایط مختلف تولید و انتشار آلاینده برای آن ایستگاه با ایستگاه‌های مورد استفاده برای توسعه مدل مشابه باشد؛ همچنین صحت روش‌های مدل‌سازی به صحت، تعداد و تراکم ایستگاه‌های پایش آلودگی هوا بستگی دارد (تامزاک^۳، ۱۹۹۸) که خود می‌تواند دلیل دیگری بر عملکرد متفاوت مدل‌های مکانی در ایستگاه‌های مختلف باشد؛ افزون بر این، با توجه به اثرات پیچیده توپوگرافی، سازوکارهای حمل‌ونقل، واکنش‌های شیمیایی، منابع آلودگی هوا و انتشار گازها عملکرد مدل می‌تواند تحت تأثیر شرایط و ویژگی‌های ایستگاه مورد نظر برای انجام تخمین و نیز نوع آلاینده باشد (آلیمیسیس و همکاران، ۲۰۱۸). تفاوت در عملکرد شبکه عصبی مصنوعی در رابطه با آلاینده‌های مختلف و نیز ایستگاه‌های مختلف در پژوهش حاضر نیز رخ داد.

1- Pfeiffer

2- Alimissis

3- Tomczak

نتیجه‌گیری

در نوشتار پیش رو با به کارگیری یک مدل شبکه عصبی پرسپترون چندلایه و استفاده از خصیصه‌های محیطی و سنجش‌ازدوری به مدل‌سازی مقادیر بیشینه روزانه آلاینده‌های منواکسید کربن و دی‌اکسید نیتروژن به صورت زمانی و مکانی پرداخته شد. مهم‌ترین نتایج نوشتار پیش رو را می‌توان به صورت زیر بیان کرد:

- نتایج حاصل از مدل‌سازی زمانی و مکانی آلاینده دی‌اکسید نیتروژن به دلیل پایداری بیشتر این آلاینده در جو، از صحت کمابیش بهتری نسبت به آلاینده منواکسید کربن برخوردار است؛ بنابراین مدل حاصل از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چندلایه برای آلاینده‌های پایداتر در هوا صحت پیش‌بینی بهتری را نسبت به آلاینده‌های ناپایدار ارائه می‌دهد.

- شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی زمانی نسبت به مدل‌سازی مکانی، صحت کمابیش بهتری ارائه می‌کند.
- معماری شبکه عصبی مصنوعی در مدل‌سازی مکانی نسبت به مدل‌سازی زمانی می‌تواند متفاوت باشد.
- نتایج حاصل از مدل‌سازی مکانی آلاینده‌ها نشان داد که عملکرد مدل‌های مکانی حاصل از شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند برای ایستگاه‌های مختلف متفاوت باشد.

نتایج پژوهش و ارزیابی آماری نشان داد که استفاده از مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی در کنار استفاده از تبدیل موجک به منظور پیش‌پردازش داده‌های غلظت آلاینده‌ها و نیز روش انتخاب ویژگی جنگل تصادفی می‌تواند در پیش‌بینی مقادیر آلاینده‌ها به صورت مکانی و زمانی نتایج خوبی را به همراه داشته باشد.
در پایان با توجه به وجود برخی مسائل همچون نقص فنی دستگاه‌های ثبت‌کننده آلاینده هوا در یک ایستگاه که موجب عدم ثبت غلظت آلاینده می‌شود، پیشنهاد می‌شود که از روش ارائه شده در پژوهش پیش رو برای رفع نقص داده‌های موجود استفاده شود.

منابع

- آل‌شیخ، علی‌اصغر؛ قراگوزلو، علیرضا؛ سجادیان، مهیار (۱۳۹۱). بهره‌گیری از شبکه عصبی به منظور استفاده در فرایند مدیریت ریسک زیست‌محیطی ناشی از آلودگی هوای منتج از ترافیک در کلان‌شهر تهران. *جغرافیایی چشم‌انداز/ژاگرس*، ۴ (۱۴)، ۲۵-۳۸.
- اجتهادی، مرجان (۱۳۸۶). بررسی آلودگی هوای شهری ناشی از سامانه حمل‌ونقل با تأکید بر ذرات معلق و ارائه راهکارهای مدیریتی (مطالعه موردی، تهران). *دهمین همایش ملی بهداشت محیط*، همدان: دانشگاه علوم پزشکی همدان.
- حسینی شفیعی، روجا؛ علیمحمدی، عباس؛ قاسمیان یزدی، محمدحسن (۱۳۹۵). ارزیابی آثار موجک پایه و تعداد سطوح تجزیه جهت تخمین نقشه تغییرات با استفاده از الگوریتم موجک. *سنجش‌ازدور و GIS/یران*، ۸ (۲)، ۱۷-۳۴.
- خبری، زهرا؛ موسویان ندوشن، نرجس‌السادات؛ نژاد کورکی، فرهاد؛ منصوری، نبی‌ا... (۱۳۹۲). تأثیر مدل رقومی ارتفاعی در مدل‌سازی آلودگی هوا با استفاده از اثرمود (AERMOD). *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۴ (۴)، ۲۵-۳۳.
- رفیع‌پور، مهرداد؛ آل‌شیخ، علی‌اصغر؛ علیمحمدی سراب، عباس؛ صادقی نیارکی، ابوالقاسم (۱۳۹۲). مدل‌سازی مکانی غلظت منواکسید کربن در تهران با استفاده از رگرسیون چندمتغیره و شبکه‌های عصبی. *همایش ملی ژئوماتیک*، ۲۰. تهران: دانشگاه آزاد اسلامی.
- شرعی‌پور، زهرا (۱۳۸۸). بررسی تغییرات فصلی و روزانه آلاینده‌های هوا و ارتباط آن با پارامترهای هواشناسی. *مجله فیزیک زمین و فضا*، ۲۵ (۲)، ۱۱۹-۱۳۷.
- شرکت کنترل کیفیت هوای تهران (۱۳۹۵). گزارش سالانه کیفیت هوای تهران در سال ۱۳۹۴. تهران: شهرداری تهران.

عبودی، محمدرضا؛ کرمی، جلال؛ شمس‌الدینی، علی (۱۳۹۴). مدل‌سازی خطی و غیر خطی آلاینده‌های هوای شهر تهران با استفاده از خصیصه‌های محیطی و ترافیک. *اولین کنفرانس ملی مهندسی فناوری اطلاعات مکانی*. تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیر طوسی.

متکان، علی‌اکبر؛ شکیب، علیرضا؛ پورعلی، سید حسین؛ بهارلو، ایمان (۱۳۸۸). تعیین تغییرات مکانی و زمانی آلودگی‌های منواکسید کربن و ذرات معلق با استفاده از تکنیک‌های GIS در شهر تهران. *سنجش‌ازدور و GIS/ایران*, ۱(۱), ۵۷-۷۲.

References

- Aboodi, M., Karami, J. & Shamsoddini, A. (2015). Linear and nonlinear modeling of air pollutants in Tehran using environmental and traffic characteristics. In: *First National Conference on Spatial Information Technology Engineering*. Tehran: K. N. Toosi University of Technology. (In Persian)
- 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.
- Alesheikh, A., Qara Gozlu, A. & Sajjadian, M. (2012). Use of neural network for use in environmental risk management process due to air pollution caused by traffic in Tehran metropolis. *Zagros Landscape Geography and Planning*, 4 (14), 25-38. (In Persian)
- 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.
- Artis, D. A. & Carnahan, W. H. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas. *Remote Sensing of Environment*, 12 (4), 313-329.
- Chen, G., Knibbs, L. D., Zhang, W., Li, S., Cao, W., Guo, J., ... & Hamm, N. A. S. (2018). Estimating spatiotemporal distribution of PM1 concentrations in China with satellite remote sensing, meteorology, and land use information. *Environmental pollution*, 233, 1086-1094.
- Chelani, A. B., Rao, C. C., Phadke, K. M. & Hasan, M. Z. (2002). Prediction of sulphur dioxide concentration using artificial neural networks. *Environmental Modelling & Software*, 17 (2), 159-166.
- Coulibaly, P., Dibike, Y. B. & Anctil, F. (2005). Downscaling precipitation and temperature with temporal neural networks. *Journal of Hydrometeorology*, 6 (4), 483-496.
- Ejtehadi, M. (2007). Investigation of urban air pollution caused by transportation system with emphasis on suspended particles and presentation of management solutions (Case study, Tehran). In: *10th National Conference on Environmental Health*. Hamadan: Hamadan University of Medical Sciences. (In Persian)
- Elangasinghe, M. A., Singhal, N., Dirks, K. N. & Salmond, J. A. (2014). Development of an ANN-based air pollution forecasting system with explicit knowledge through sensitivity analysis. *Atmospheric Pollution Research*, 5 (4), 696-708.
- Gardner, M. W. & Dorling, S. R. (1999). Neural network modelling and prediction of hourly NOx and NO2 concentrations in urban air in London. *Atmospheric Environment*, 33 (5), 709-719.
- Grgurić, S., Krizan, J., Gasparac, G., Antonic, O., Spiric, Z.; Mamouri, R. E., Christodoulou, A.; Nisantzi, A., Agapiou, A., Themistocleous, K., Fedra, K., Panayiotou, C. & Hadjimitsis, D. (2014). Relationship between MODIS based Aerosol Optical Depth and PM10 over Croatia. *Central European Journal of Geosciences*. 6 (1), 2-16.
- Hewitt, C. N. (1991). Spatial variations in nitrogen dioxide concentrations in an urban area. *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, 25 (3), 429-434.
- Hosseini Shafi, R., Ali Mohammadi, A. & Qasemian Yazdi, M. (2016). Evaluation of base wavelet effects and number of decomposition levels to estimate change map using wavelet algorithm. *Iranian Remote sensing & GIS*, 8 (2), 17-34. (In Persian)
- Hrust, L., Klaić, Z. B., Krizan, J., Antonić, O. & Hercog, P. (2009). Neural network forecasting of air pollutants hourly concentrations using optimised temporal averages of meteorological

- variables and pollutant concentrations. *Atmospheric Environment*, 43 (35), 5588-5596.
- Karatzas, K. D. & Kaltsatos, S. (2007). Air pollution modelling with the aid of computational intelligence methods in Thessaloniki, Greece. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 15 (10), 1310-1319.
- Khabari, Z., Mousavian Nodoshan, N., Nejad Korki, F. & Mansoori, N. (2013). The effect of digital elevation model on air pollution modeling using AERMOD. *Remote sensing and GIS in natural resources*, 4 (4), 25-33. (In Persian)
- Kharytonov, M. M., Khlopova, V. M., Stankevich, S. A. & Titarenko, O. V. (2013). Remote and ground-based sensing of air polluted by nitrogen dioxide in the Dnepropetrovsk region (Ukraine). In *Disposal of Dangerous Chemicals in Urban Areas and Mega Cities* (pp. 291-298). Springer, Dordrecht.
- Knelson, J. H. & Lee, R. E. (1977). Oxides of nitrogen in the atmosphere: origin, fate and public health implications. *Ambio*, 6 (2/3), 126-130.
- Koller, D. & Sahami, M. (1996). Toward optimal feature selection. *Stanford InfoLab*.
- Kukkonen, J., Partanen, L., Karppinen, A., Ruuskanen, J., Junninen, H., Kolehmainen, M., ... & Cawley, G. (2003). Extensive evaluation of neural network models for the prediction of NO₂ and PM₁₀ concentrations, compared with a deterministic modelling system and measurements in central Helsinki. *Atmospheric Environment*, 37 (32), 4539-4550.
- Mao, L., Qiu, Y., Kusano, C. & Xu, X. (2012). Predicting regional space-time variation of PM 2.5 with land-use regression model and MODIS data. *Environmental Science and Pollution Research*, 19 (1), 128-138.
- Martin, R. V. (2008). Satellite remote sensing of surface air quality. *Atmospheric environment*, 42 (34), 7823-7843.
- Matkan, A., Shakiba, A., Pour Ali, S. & Baharlou, I. (2009). Determination of spatial and temporal variations of carbon monoxide and particulate pollutants using GIS techniques in Tehran. *Iranian Remote sensing & GIS*, 1 (1), 57-72. (In Persian)
- McKendry, I. G. (2002). Evaluation of artificial neural networks for fine particulate pollution (PM₁₀ and PM_{2.5}) forecasting. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 52 (9), 1096-1101.
- Montero-Lorenzo, J. M., Fernández-Avilés, G., Mondéjar-Jiménez, J. & Vargas-Vargas, M. (2013). A spatio-temporal geostatistical approach to predicting pollution levels: The case of mono-nitrogen oxides in Madrid. *Computers, Environment and Urban Systems*, 37, 95-106.
- Nisantzi, A., Hadjimitsis, D. G., Akylas, E., Agapiou, A., Panayiotou, M., Michaelides, S., & Paronis, D. (2013). Study of air pollution with the use of modis data, lidar and sun photometers in Cyprus. In *Advances in Meteorology, Climatology and Atmospheric Physics* (pp. 1133-1139). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Perez, P. & Trier, A. (2001). Prediction of NO and NO₂ concentrations near a street with heavy traffic in Santiago, Chile. *Atmospheric Environment*, 35 (10), 1783-1789.
- Pfeiffer, H., Baumbach, G., Sarachaga-Ruiz, L., Kleanthous, S., Poulida, O. & Beyaz, E. (2009). Neural modelling of the spatial distribution of air pollutants. *Atmospheric Environment*, 43 (20), 3289-3297.
- Rafiepour, M., Alesheikh, A., Ali Mohammadi Sarab, A. & Sadeghi Niaraki, A. (2013). Spatial modeling of carbon monoxide concentration in Tehran using multivariate regression and neural networks. In: *National Geomatics Conference*. Tehran: Islamic Azad University. (In Persian)
- Shamsoddini, A., Aboodi, M. R. & Karami, J. (2017). Tehran air pollutants prediction based on random forest feature selection method. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 483-488.
- Shamsoddini, A., Raval, S. & Taplin, R. (2014). Spectroscopic analysis of soil metal contamination around a derelict mine site in the Blue Mountains, Australia. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, 75-79.
- Sharie pour, Z. (2009). Investigation of seasonal and daily changes of air pollutants and its relationship with meteorological parameters. *Journal of Earth and Space Physics*, 35 (2), 119-

137. (In Persian)
- Shi, J. P. & Harrison, R. M. (1997). Regression modelling of hourly NO_x and NO₂ concentrations in urban air in London. *Atmospheric Environment*, 31 (24), 4081-4094.
- Snyder, W. C., Wan, Z., Zhang, Y. & Feng, Y. Z. (1998). Classification-based emissivity for land surface temperature measurement from space. *International Journal of Remote Sensing*, 19 (14), 2753-2774.
- Siwek, K. & Osowski, S. (2012). Improving the accuracy of prediction of PM₁₀ pollution by the wavelet transformation and an ensemble of neural predictors. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 25 (6), 1246-1258.
- Tehran Air Quality Control Company (2016). *Annual Report of Tehran Air Quality In 1394*. Tehran: Municipality of Tehran. (In Persian)
- Tomczak, M. (1998). Spatial interpolation and its uncertainty using automated anisotropic inverse distance weighting (IDW)-cross-validation/jackknife approach. *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, 2 (2), 18-30.
- Zhang, H., Wu, W. & Yao, M. (2012 a). Boundedness and convergence of batch back-propagation algorithm with penalty for feedforward neural networks. *Neurocomputing*, 89, 141-146.
- Zhang, Y., Yiyun, C., Qing, D. & Jiang, P. (2012 b). Study on urban heat island effect based on Normalized Difference Vegetated Index: A case study of Wuhan City. *Procedia environmental sciences*, 13, 574-581.