مجله

جغرافیا و مخاطرات محیطی

(نشریهٔ علمی)

سال دهم، شماره ۳۸، تابستان ۱۴۰۰، شاپا : ۱۶۸۲-۲۳۲۲

فصلنامه

جغرافیا و مخاطرات محیطی

(نشریهٔ علمی)

سال دهم، شمارهٔ سی و هشتم، تابستان ۱۴۰۰

شاپا: ۲۳۲۲-۱۶۸۲

دانشکده ادبیات و علوم انسانی

فصلنامهٔ جغرافیا و مخاطرات محیطی

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسؤل: دکتر سیدرضا حسین‌زاده

سردبیر: دکتر محمد رحیم رهنما

مقالات نمودار آرای نویسندگان است و به ترتیب وصول و تصویب درج می‌شود.

بر اساس آئین‌نامه کمسیون نشریات وزارت علوم تحقیقات و فنآوری از سال ۱۳۹۸، کلیه نشریات دارای درجه "علمی-پژوهشی" به نشریه "علمی" تغییر نام یافتند.

این نشریه حاصل فعالیت مشترک دانشگاه فردوسی مشهد و انجمن ایرانی ژئومورفولوژی است

مدیر داخلی : دکتر ندا محسنی **کارشناس اجرایی :** سید محمد علی موسوی **ویراستاری انگلیسی :** دکتر ندا محسنی

ویراستاری ادبی : دکتر جواد میزبان **حروف نگاری و صفحه آرایی:** الهه تجویدی **طراحی جلد :** امیراسفندیار عامل‌محرابی

بر اساس سیاست دانشگاه فردوسی مشهد این نشریه به صورت الکترونیکی چاپ می شود و هیچ نسخه کاغذی ندارد

نشانی: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده ادبیّات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی، کد پستی ۹۱۷۷۹۴۸۸۸۳

نشانی اینترنتی: E-mail:geo.eh@um.ac.ir http://geoeh.um.ac.ir

شماره پروانه: ۳/۲۷۱۱۱۶– **این مجله در نشست کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور مورّخ ۱۳۹۰/۱۲/۱۰، رتبه علمی- پژوهشی دریافت کرده است.**

این مجلّه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:

- **پایگاه استنادی علوم جهان اسلام(ISC)**
- **پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)**
- **پایگاه بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran)**
- **DOAJ (Directory of Open Access Journals)**

بسم الله الرحمن الرحیم

فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی

(نشریه علمی)

سال دهم، شمارهٔ سی و هشتم، تابستان ۱۴۰۰

شاپا: ۲۳۲۲-۱۶۸۲

راهنمای تدوین و نحوه ارسال مقاله برای چاپ در فصلنامه علمی ـ پژوهشی جغرافیا و مخاطرات محیطی

۱-مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی به دلیل تخصصی بودن فقط در موضوعات مرتبط با مخاطرات محیطی (طبیعی و انسانی) پذیرای مقالات می باشد.

۲-مقاله باید حاصل کار پژوهشی نویسنده (یا نویسندگان) باشد، قبلاً در نشریه دیگری اعم از داخلی و خارجی و یا مجموعه مقالات همایش‌ها به چاپ نرسیده باشد و همچنین به طور همزمان برای مجله دیگری ارسال نشده باشد.

تبصره: مقاله‌های ارایه شده در همایش‌ها و مجامع علمی مشروط به اینکه با تغییرات قابل توجه و افزودن مطالب جدید همراه باشد، قابل بررسی خواهد بود.

۳-مقاله‌های مروری که پیشرفت‌های جدید در موضوعات مجله را در بر می‌گیرد، از نویسندگان مجرب و دارای مقالات پژوهشی در زمینه مورد نظر پذیرفته می‌شود.

٤-ساختار مقاله باید مشتمل بر عنوان، اسامی نویسنده (یا نویسندگان) چکیده فارسی، واژگان کلیدی، مقدمه، مواد و روش‌ها (شامل زیر بخش‌های: منطقه مورد مطالعه، مطالعات میدانی، آنالیزهای آزمایشگاهی و روش‌های استفاده شده)، نتایج و بحث، جمع‌بندی، قدردانی و تشکر، فهرست منابع و ضمائم و چکیده مبسوط انگلیسی باشد.

نکته: لطفا دقت شود که همه بخش‌ها و زیر بخش‌ها به استثنای تیتر "چکیده" شماره‌گذاری شوند. همچنین زیر بخش‌های مربوط به "مواد و روش‌ها" بر حسب ماهیت کار قابل تغییر است.

٥- علاوه بر شماره صفحه، تمامی خطوط بطور پیوسته باید شماره گذاری شوند (Line Numbers).

٦-چکیده مبسوط انگلیسی حداقل ۲ و حداکثر ۳ صفحه و اجزاء آن شامل: Introduction, Materials and methods, Result and discussion, Conclusion, Key words باشد

۷-حجم مقاله شامل تمام اجزاء آن با رعایت استانداردهای حروفچینی مجله باید حداکثر ۱۸ صفحه باشد. مقالات با حجم بیش از ۱۸ صفحه قابل بررسی نخواهد بود.

۸- حروفچینی مقاله باید در برنامه Word 2007 و بالاتر بر روی کاغذ A4 با فواصل ۳٫٥ سانتی‌متر از بالا، ۳٫٥ سانتی‌متر از پایین، ۳ سانتی‌متر از چپ و ۳ سانتی‌متر از راست صورت گیرد. Header: ۲٫۷٥ و Footer: ۳ عنوان مقاله با قلم ۱۳ پررنگ B Lotus. اسم، فامیل- مرتبه علمی با قلم ۱۱ پررنگ B Lotus، نویسنده مسؤول، شماره تلفن و ایمیل نویسنده به صورت پاورقی و با قلم ۱۱ B Lotus باشد. چکیده ۱۲ پررنگ B Lotus، متن چکیده ۱۲ B Lotus. (چکیده و متن آن با فواصل ۲سانتی‌متر از سمت چپ و ۲ سانتی‌متر از سمت راست از متن اصلی باشد). تیترهای اصلی متن ۱۲پررنگ B Lotus با فاصله pt12 از پاراگراف قبل و pt8 از پاراگراف بعد. کل متن با ۱۳ B Lotus.

۹- شماره و عنوان جداول در بالا و با قلم ۱۲ پررنگ B Lotus نوشته شود.

۱۰- تمام نقشه‌ها، نمودارها، شکل‌ها و عکس‌ها به طور یکنواخت با عنوان شکل شماره گذاری و شماره و عنوان اشکال در زیر آن با قلم ۱۲ پررنگ B Lotus، درج گردد.

۱۱- شیوه ارجاع انواع منابع در انتهای مقاله باید بر اساس حروف الفبا و بصورت زیر باشد. در ابتدا منابع فارسی (۱۲ B Lotus) و در ادامه منابع انگلیسی (Times New Roman۱۱) ذکر شوند:

شیوه منبع نویسی مقالات انگلیسی

Johnson RM, Warburton J. 2002. Flooding and geomorphic impacts in a mountain torrent: Raise Beck, central Lake District, England. Earth Surface Processes and Landforms 27: 945-969.

کتب انگلیسی:

Bull WB.1991. Geomorphic Responses to Climate Change. University Press, Oxford.

Amoroso GG, Fassina V. 1983. Stone Decay and Conservation: Atmospheric Pollution, Cleaning, Consolidation and Protection. Elsevier Science Publishers: Amsterdam

مقالات فارسی:

حجازی زاده، زهرا. (۱۳۷٦). نقش پرفشار جنب حاره در تغییر فصل ایران. چاپ در مجموعه مقالات کنگره جغرافیدان ایران. تبریز، صص ۱۸۵- ۱۷٤.

بحری، معصومه؛ دستورانی، محمدتقی. (۱۳۹٦). ارزیابی اثرات تغییراقلیم و تغییرکاربری اراضی بر پاسخ هیدرولوژیک حوزه آبخیز اسکندری. جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲۲، ۳۷-۵۷

کتب فارسی:

مخدوم، مجید. (۱۳۸۱). شالوده آمایش سرزمین. انتشارات دانشگاه تهران.

تبصره۱: در صورتی که صاحب اثر شخصیت حقوقی یعنی سازمان یا نهاد دولتی باشد به جای نام خانوادگی و نام نویسنده عنوان سازمان و یا نهاد مربوطه ذکر می‌شود.

تبصره ۲: در صورت استفاده از پایان‌نامه و رساله‌های تحصیلات تکمیلی، ذکر نام استاد راهنما، عنوان رشته و نام دانشگاه الزامی است.

- **نحوه ارجاع داخل متن** بر اساس نام نویسنده و سال انتشار طبق نمونه‌های زیر با قلم B Lotus ۱۲ برای مقالات فارسی و قلم Times New Roman۱۱ برای مقالات انگلیسی:

(محمودی، ۱۳٦۸)، (بحری و دستورانی، ۱۳۹٦)، (محمودی و همکاران، ۱۳٦۸)

(Knox, 2000) ،(Baker et al., 1988)،(Johnson & Warburton, 2002)

۱۳- مقاله در دو قالب، یک فایل Word و یک فایل Pdf آماده و با ثبت نام در سامانه مجله به ادرس: http://Geoeh.um.ac.ir ارسال گردد. مکاتبات بعدی می‌تواند از طریق پست الکترونیک مجله به آدرس Geo.eh@um.ac.ir انجام گیرد.

۱٤- مسؤولیت صحت مطالب مقاله از نظر حقوقی به عهده نویسنده یا نویسندگان خواهد بود.

۱۵- مجله حق رد یا قبول و نیز ویراستاری مقالات را برای خود محفوظ داشته و مقالات دریافتی عودت داده نخواهد شد.

۱٦- مقاله‌های ارسال شده به نویسنده جهت انجام اصلاحات در صورت عدم دریافت پاسخ در تاریخ تعیین شده، به منزله انصراف از چاپ تلقی می‌گردد.

داوران این شماره به ترتیب حروف الفبا

۱. یوسف آزادی (دانشجوی دکتری توسعه کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه، زنجان)

۲. علیرضا انتظاری (دانشیار جغرافیای طبیعی– اقلیم شناسی *دانشگاه* حکیم سبزواری)

۳. شهرام بهرامی (دانشیار جغرافیای طبیعی دانشگاه شهید بهشتی)

٤. بهرام چوبین (استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی)

۵. میلاد حسنعلی زاده (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه زنجان)

٦. سید اسعد حسینی (دکترای اقلیم شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی)

۷. سمیه خالقی (استادیار جغرافیای طبیعی دانشگاه شهید بهشتی)

۸ سولماز دشتی (دانشیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز)

۹. حمید رحیمی (دکترای مخاطرات اقلیمی و اتمسفریک دانشگاه رازی کرمانشاه)

۱۰. محسن رضائی عارفی (دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری)

۱۱. احمدعلی زارع (مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان یزد)

۱۲. محمد زارع (دانشیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی دانشگاه یزد)

۱۳. حمید شایان (استاد گروه جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد)

۱٤. حسین شیرانی (استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر رفسنجان)

۱۵. طاهره صادقلو (استادیار گروه جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد)

۱٦. میثم طولابی نژاد (دکترای اقلیم شناسی دانشگاه خوارزمی تهران)

۱۷. منوچهر فرج‌زاده اصل (استاد اقلیم شناسی دانشگاه تربیت مدرس)

۱۸. عبدالله فرجی (استادیار آب و هواشناسی دانشگاه زنجان)

۱۹. جمیله قلی‌پور (دانشجوی دکتری مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد)

۲۰. مجید کریم پور ریحان (دانشیار مرکزتحقیقات بین المللی بیابان، دانشگاه تهران)

۲۱. ندا محسنی (استادیار گروه جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد)

۲۲. ابراهیم مسگری (دانشجوی دکتری اقلیم شناسی جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان)

۲۳. محمد سعید نجفی (استادیار پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب وزارت نیرو)

فهرست مندرجات

صفحه | عنوان

بسمه تعالی

انجمن ایرانی ژئومورفولوژی

دانشگاه فردوسی مشهد

توافقنامه همکاری علمی

این توافقنامه بین مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی و انجمن ایرانی ژئومورفولوژی و به منظور همکاری در ادامه انتشار نشریه (علمی پژوهشی) با عنوان جغرافیا و مخاطرات محیطی در زمینه بررسی مخاطرات محیطی منعقد می‌گردد.

ماده ۱: نشریه به صورت فصلنامه و هر سال چهار شماره به زبان فارسی منتشر می‌شود. صاحب امتیاز نشریه دانشگاه فردوسی مشهد بوده و اهداف آن عبارتند از: گسترش و ارتقاء پژوهش در سطح کشور، کمک به ایجاد ارتباط و همکاری علمی بین محققین این زمینه در ایران، انتشار نتایج نوآورانه پژوهشهای علمی.

ماده ۲: امورعلمی نشریه را هیأت تحریریه، که حداقل یک چهارم اعضای آن از بین اعضای انجمن هستند، انجام خواهند داد.

تبصره۱: انجمن متعهد می‌شود که لااقل دو نفر از اعضای هیأت تحریریه را از اعضای فعال هیأت علمی دانشگاه‌ها انتخاب نماید.

تبصره ۲: یکی از اعضای هیأت تحریریه عضو دانشگاه فردوسی با پیشنهاد بالاترین مقام صاحب امتیاز و تأیید هیأت مدیره انجمن به عنوان سردبیر نشریه تعیین و با حکم بالاترین مقام صاحب امتیاز به این سمت منصوب خواهدشد. انتخاب سردبیر و اعضای هیأت تحریریه مطابق با آیین‌نامه تعیین اعتبار نشریات علمی کشور صورت خواهد پذیرفت.

ماده ۳: دفتر نشریه در موسسه متقاضی نشریه و با مسئولیت مدیر مسئول اداره خواهدشد.

ماده ۴: روی جلد مجله علاوه بر نشان دانشگاه فردوسی مشهد نشان انجمن ایرانی ژئومورفولوژی با اندازه یکسان نیز چاپ خواهدشد.

ماده ۵: در صفحه حقوقی تمامی شماره‌های نشریه، این جمله آورده شود «این نشریه حاصل فعالیت مشترک دانشگاه فردوسی مشهد و انجمن ایرانی ژئومورفولوژی است.

ماده ۶: کلیه هزینه‌های آماده سازی نشریه تا قبل از لیتوگرافی اعم از هزینه‌های داوری، حق‌الزحمه ویراستار، مجری، امور دفتری، پست و مخابرات، تایپ،... برعهده دانشگاه فردوسی مشهد خواهد بود.

ماده ۷: هزینه‌های لیتوگرافی و چاپ نشریه (فیلم و زینگ، کاغذ، چاپ نشریه و جلد، صحافی) به صورت مشترک و با سهم مساوی توسط انجمن و موسسه متقاضی پرداخت خواهدشد.

ماده ۸: هرگاه یکی از طرفین قرارداد مایل به فسخ آن باشد باید تصمیم خود را حداقل شش‌ماه زودتر کتباً به اطلاع طرف مقابل برساند. در صورت توافق طرفین به فسخ توافقنامه، نتیجه توسط دبیرانجمن یا مدیرمسئول به دبیرخانه کمیسیون نشریات علمی کشور اعلام شود. موسسه متقاضی حداکثر به مدت شش ماه از تاریخ فسخ توافقنامه فرصت دارد تا با تکمیل مدارک و ارسال سه شماره آخر از نشریه به دبیرخانه کمیسیون نشریات علمی کشور، تقاضای اعتبار مستقل نماید تا مراحل ارزیابی نشریه صورت گیرد.

۹ـ این قرارداد در ۸ ماده و دو تبصره در دو نسخه به مدت ۴ سال تنظیم گردید و در تاریخ ۱۳۹۸/۸/۲ توسط دکتر احمدرضا بهرامی به نمایندگی از دانشگاه فردوسی مشهد و دکتر مجتبی یمانی (رییس هیات مدیره انجمن ایرانی ژئومورفولوژی) به امضاء رسید.

دکتر مجتبی یمانی
رییس هیات مدیره انجمن ایرانی ژئومورفولوژی

دکتر احمدرضا بهرامی
معاون پژوهشی و فن‌آوری دانشگاه فردوسی مشهد

دانشگاه فردوسی مشهد
معاونت پژوهش و فناوری

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارۀ سی و هشتم، تابستان ۱٤۰۰

صص ۲۰-۱

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.67947.1007

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر ایلام با استفاده از مدل تابع شواهد قطعی

خدیجه داوند – کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

هیمن شهابی[1] – دانشیار سنجش از دور، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار، پژوهشکده کردستان‌شناسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

ممند سالاری– استادیار ژئومورفولوژی، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج ایران.

گروه پژوهشی مطالعات محیطی دریاچه زریبار، پژوهشکده کردستان‌شناسی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۵ تاریخ بازنگری: ۱٤۰۰/۲/۱۱ تاریخ تصویب: ۱٤۰۰/۲/۱۸

چکیده

هدف از این مطالعه، پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر ایلام با استفاده از مدل تابع شـواهد قطعـی مـی‌باشـد. فاکتورهای مؤثر بر وقوع سیل که در این مطالعه در نظر گرفته شدند، شامل شـیب، جهـت شـیب، ارتفـاع، فاصله از رودخانه، تراکم آبراهه، شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص قدرت توان جریان، انحنـای شـیب، لیتولوژی، خاک‌شناسی، کاربری اراضی و میزان بارندگی هستند. پس از جمـع‌آوری اطلاعـات و لایـه‌هـای موردنیاز، ۱۲٦ نقطه سیل‌گیر در منطقه مطالعاتی شناسایی شدند. موقعیت‌های سیل‌گیر به‌صـورت تصـادفی به دو گروه ۷۰ درصد (۸۹ نقطه) و ۳۰ درصد (۳۷ نقطه) به ترتیب برای مدل‌سازی و اعتبار سنجی تقسـیم شدند. به کمک مدل تابع شواهد قطعی (EBF) نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر سیلاب شهر ایلام تهیه شد. نقشـه-های حساسیت به وقوع سیل تهیه‌شده، به ۵ کلاس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلـی زیـاد طبقـه‌بنـدی شدند. برای ارزیابی عملکرد مدل، از سـطح زیـر نمـودار AUC به‌دسـت‌آمده از منحنـی ROC اسـتفاده گردید. با توجه به معیار ارزیابی مورداستفاده در این مطالعه (ROC) و با توجه به داده‌هـای اعتبارسـنجی، مدل تابع شواهد قطعـی EBF (۰/۹۱٤) در پتانسـیل‌یابی سـیل‌خیزی در منطقـۀ مـوردنظر دارای عملکـرد خوبی بود. درنهایت با توجه به نقشه نهایی به‌دست‌آمده، مناطق شرق و شمال‌شرقی شهر ایلام در محـدوده کم‌خطر هستند. همچنین نتایج مطالعه نشان داد که سیل‌خیزی شهر ایلـام ناشـی از عوامـل محیطـی شـامل

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۸٦٦۵۸۷۳۹ Email: h.shahabi@uok.ac.ir

شیب زیاد و تغییر کاربری اراضی است که بر اساس نقشۀ پیش‌بینی خطر سیل ارائه‌شده، می‌توان در آینده اقدامات مدیریتی مناسبی را جهت کاهش خسارت‌ها و تلفات ناشی از سیل انجام داد.

کلیدواژه‌ها: مخاطرات سیلاب، پهنه‌بندی خطر سیلاب، مدل شواهد قطعی، شهر ایلام.

۱- مقدمه

سیلاب از جمله مخاطرات هیدرولوژیکی و فاجعه‌آفرین دنیا می‌باشد که تأثیرات بسیار زیادی بر جوامع بشری داشته و به وضعیتی گفته می‌شود که در آن جریان رودخانه و سطح آب به‌صورت ناگهانی افزایش پیدا می‌کند و باعث خسارت‌های جانی و مالی می‌گردد (علیزاده، ۱۳۹۰). سیلاب ازجمله بلایای طبیعی شناخته شده است که بر اساس گزارش پایگاه داده بین‌المللی مخاطرات در زمینه مخاطرات طبیعی، در کنار زلزله و خشک‌سالی بالاترین رتبه را ازلحاظ خسارت‌های مالی و جانی به همراه دارد. ایران همه‌ساله شاهد وقوع مخاطره سیلاب با شدت مختلف است و ازآنجایی‌که این کشور دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک بوده و بارش اندک و غالباً رگباری سالیانه آن ازلحاظ زمانی و مکانی توزیع یکنواختی ندارد.

این مقدار کم بارش نیز به دلیل شرایط خاص اقلیمی حاکم در ایران بیشتر در قالب‌های بارش‌های رگباری کوتاه‌مدت و شدید با توجه به شرایط توپوگرافی و پوشش گیاهی در سطح زمین فرصت زیادی برای نفوذ در لایه‌های زیرین را نداشته و درنتیجه بسیار کم جذب زمین شده و بخش عمده‌ای از آن به‌صورت سیلاب‌های مخرب بر سطح زمین جاری می‌شود (لشکری، ۱۳۷۵)؛ بنابراین محققین به‌منظور کاهش و جلوگیری خسارات سیلاب اقدام به پیش‌بینی و پهنه‌بندی آن در مناطق مختلف می‌نمایند (استفان[1]، ۲۰۰۲). پهنه‌بندی خطر سیل در واقع ابزاری اساسی برای مدیریت کاهش خطرات سیل و راهکاری قانونی در دست دولت و مسئولان برای کنترل و مدیریت کاربری اراضی و برنامه‌های توسعه و حفاظت از محیط‌زیست است. با پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب می‌توان مناطق حساس و دارای پتانسیل خطر را شناسایی نمود و با ارائۀ راه‌حل‌ها، شیوه‌های کنترل و مدیریت مناسب تا حدی از وقوع سیلاب جلوگیری و خسارات ناشی از وقوع آن را کاهش داد. در این بین، نقشۀ پهنه‌بندی خطر سیلاب به‌منزلۀ ابزاری مؤثر در برنامه‌ریزی مسیر توسعۀ آینده شهری و همچنین شناخت نواحی‌ای که توسعۀ زیرساخت‌های تخلیۀ زهکشی سیلاب موردنیاز است، استفاده می‌شود (بوچله[2] ۲۰۰۶). مسئله تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل توسط محققان مختلفی بررسی شده است. دسترسی سریع به ماهواره بر پایه داده‌های سنجش‌ازدور و بهبود روش‌های تجاری، استفاده از اطلاعات جغرافیایی (GIS) را در تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل افزایش داده است؛ بنابراین GIS یک ابزار مفید برای بررسی وقایع چندبعدی مانند سیلاب است (آزادی و همکاران، ۱۳۹۹).

1 Stephan
2 Buchle

دامنه وسیعی از تکنیک‌های مدل‌سازی در ارزیابی بلایای طبیعی پیشنهاد و مورداستفاده واقع شده است. محققان مختلفی ارزیابی نقشه‌های سیلاب را توسط GIS انجام داده‌اند و اطلاعات مفیدی را در ارتباط با بعضی از روش‌های موجود جمع‌آوری نموده‌اند. روش‌های مختلف تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل مانند مدل‌های آماری و احتمالاتی در تحقیق‌های مختلف و موارد مطالعاتی مختلفی انجام شده است. در سال‌های اخیر تکنیک‌های پیشرفته‌تری در ارزیابی نقشه‌های حساسیت سیلاب توسط روش‌های محاسبات نرم و داده‌کاوی اجراشده است. جیمز و همکاران[1] (۱۹۸۰) ضمن برشمردن نیازهای مدیریتی به‌ویژه در اقلیم خشک، به پهنه‌بندی خطر سیل در ایالت یوتای امریکا اقدام کردند و بیان داشتند که به علت تغییرات مناطق سیل گیر از سیلی به سیل دیگر، باید توجه داشت که در مناطق نقشه بندی شده، خطرهای خیلی زیاد و یا خیلی کم نشان داده نشود. هیالمارسون [2] (۱۹۹۸) برای پهنه‌بندی خطر سیل در مناطق آریزونای غربی و شرقی با استفاده از خصوصیات هیدرولوژیکی و ژئومرفولوژیکی، به بررسی خطرهای تهدیدکنندهٔ عملیات مهندسی پرداختند. در پایان، با توجه به فرسایش کناری سواحل و بستر رودخانه‌ها و ته‌نشست رسوبات در هنگام وقوع و فروکش جریان سیل، ضوابط موردنظر در پهنه‌بندی منطقه موردبررسی و مناطق مشابه را ارائه کردند. مطالعات به‌روز دیگری نیز در حوضهٔ سیلاب صورت گرفته است که از آن‌ها می‌توان به پژوهش‌های هونگ و همکاران[3] (۲۰۱۸) در منطقه پویانگ چین با روش Fuzzy- WoE، مورفی [4] (۲۰۱۸) در ارتباط با پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهر تالارک فیلیپین بر مبنای روش‌های کیفی، تاریخی و تحلیلی و نیز پژوهش دیاکاکیس و همکاران[5] (۲۰۱۸) در ارتباط با فاکتورهای کنترل‌کنندهٔ توزیع فضایی سیلاب در نواحی مادر شهری و به‌صورت موردی رویداد ۲۰۱۳ آتن اشاره کرد که نتایج آن نشان داد که ارتباط قوی بین فاکتورها و دقت تخمین سیلاب با ضریب همبستگی ۰/۶۳ و نیز دقت پیش‌بینی ۸۲/۹ درصد وجود دارد.

دوی تین بیوو همکاران [6] (۲۰۱۹) در ارتباط با مدل‌سازی مکانی سیل در شمال ایران با استفاده از سنجش‌ازدور و GIS و مقایسه بین عملکردهای شواهد قطعی با مدل لجستیک رگرسیون مطالعه کرده‌اند، هدف از این مطالعه ارزیابی عملکرد مدل شواهد قطعی (EBF) هم به‌عنوان مدل فردی و هم ترکیبی با روش لجستیک رگرسیون، از فاکتورهای ارتفاع، زاویه شیب، انحنای شیب، شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص قدرت توان جریان، فاصله از رودخانه، باران، زمین‌شناسی و شاخص طبیعی پوشش گیاهی (NDVI) برای منطقه است. پس از به دست آوردن ۱۵۱ نقطه از ۲۱۱ نقطه سیلاب ثبت‌شده، برای آموزشی مدل و تهیه نقشه‌های حساسیت به سیل استفاده شده است. برای ارزیابی عملکرد مدل‌ها از سطح زیر نمودار AUC به‌دست‌آمده از منحنی ROC استفاده گردید. با توجه به معیار ارزیابی

1 James et al
2 Hyalmarson
3 Hong et al
4 Murphy
5 Diakakis et al
6 Duie et al

مورداستفاده در این مطالعه (ROC) و با توجه به داده‌های اعتبارسنجی نتایج AUC نشان که EBF، از LR ،EBF LR و موفقیت EBF LR به ترتیب ۹۴/۶۱ درصد، ۶۹/۹۴ درصد، ۸۶/۴۵ درصد و ۳۱/۵۶ درصد بوده است. نتایج نشان داد که مدل EBF بالاترین دقت را در پیش‌بینی حساسیت به سیل در حوضه آبریز شمال ایران داشت که ۱۵٪ از کل منطقه در کلاس‌های حساسیت زیاد و بسیار بالا قرار داشت و ۶۲٪ نیز در کلاس‌های حساسیت بسیار کم و کم قرار دارد.

تای‌فام و همکاران[1] (۲۰۲۰) به ارزیابی حساسیت سیلاب با استفاده از مدهای آماری پرداختند و آن‌ها برای مدل-سازی از هشت عامل (فاصله از رودخانه‌ها، جهت شیب، ارتفاع، شیب، بارندگی، خاک ، کاربری زمین و سنگ‌شناسی) استفاده کردند جایی که فاصله تا رودخانه‌ها مهمترین عامل برای مدل سازی انتخاب شد سیل در این منطقه. عملکرد مدل‌ها با استفاده از اندازه‌گیری‌های آماری و منحنی (ROC (AUC مورد اعتبارسنجی قرار گرفت و نتایج این مطالعه نشان داد که مدل ABM-CDT با (AUC = 0.957) با از نظر دقت بهترین قابلیت پیش‌بینی را دارد. امیراحمدی و همکاران (۱۳۸۸) با استفاده از روش شبیه‌سازی هیدرولوژیکی HEC-HMS سیلاب را در دشت کرون موردبررسی قرار داده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که مشارکت زیر حوضه‌ها در سیل خروجی لزوماً متناسب با دبی اوج زیر حوضه‌ها نمی‌باشد. مامی‌زاده و همکاران (۱۳۹٤) به پهنه‌بندی سیلاب رودخانه چرداول (چناره) با استفاده از مدل HEC-RAS در محیط GIS، در دوره بازگشت‌های مختلفی پرداختند. نتایج نشان داد احتمال سیل‌گیری اراضی حاشیه به علت عریض بودن بستر کانال در اکثر نواحی به‌طور نسبی کم است. این مسئله حتی در سیل‌های با دوره بازگشت زیاد هم مشاهده می‌شود. پژوهش-های مرتبط دیگری در داخل ایران نیز صورت گرفته از جمله: سیستانی و همکاران (۱۳۹٦) پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبریز گابریک را با استفاده از روش مختلف انجام دادند و پارامترهای مؤثر در وقوع سیلاب شناسایی و با به-کارگیری مدل AHP در سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه‌ای با دقت بالا تهیه کردند. نتایج حاصل از این پهنه‌بندی گویای آن است که مناطق با خطر بالا و بسیار بالا مجموعاً ۲۳/٤ درصد مساحت حوضه را تشکیل داده که نشان از سیلابی بودن پهنه‌های وسیعی به‌خصوص در مناطق پست نیمه جنوبی است.

عسگری و همکاران (۱۳۹۷) به بررسی توان سیل‌خیزی در حوضه آبریز جعفرآباد پرداختند نتایج نشان داد که زیر حوضه‌ها نقش اساسی در سیل‌خیزی این حوضه داشته که زمین‌های وسیع کشاورزی پایین‌دست را متأثر می‌کنند. پروین (۱۳۹۹) در پژوهشی به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب‌های ناگهانی بر اساس عوامل فیزیوگرافی و شاخص‌های مورفومتریک (مطالعه موردی حوضۀ قصرشیرین)پرداخت ننایج نتایج نشان داد، که بر اساس روش محاسبه درجه خطر ۹۳٪ مساحت حوضه قصرشیرین دارای پتانسیل خطر زیاد و شدید سیلاب ناگهانی است و بر اساس مدل MFFPI به ترتیب۸۰٪ و ۲۰٪ مساحت این حوضه دارای پتانسیل خطرزیاد، خیلی‌زیاد و متوسط و

1 Thai Pham et al

پتانسیل خطرکم و خیلی‌کم می‌باشد. در پژوهشی دیگر مددی و همکاران (۱۳۹۹) به پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبریز قوری چای کورائیم در استان اردبیل پرداختند. نتایج نشان داد حدود ۱۸ درصد از مساحت حوضه آبخیز مطالعاتی در کلاس‌های با خطر زیاد و بسیار زیاد واقع شده‌اند.

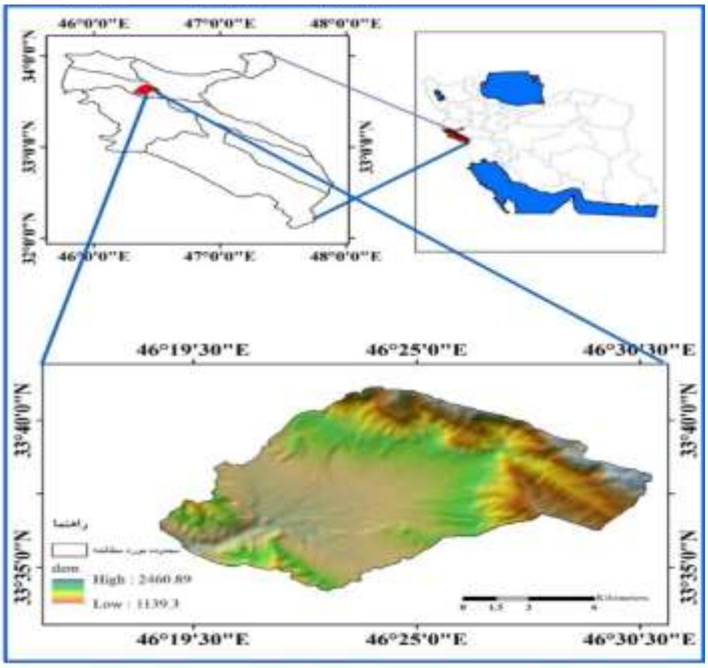
خطر سیلاب در بستر دره‌های اصلی و اراضی پایین‌دست حوضه مورد مطالعه به دلایل ژئومورفومتریکی از قبیل شکل‌گیری و توسعه دشت‌های سیلابی، ارتفاع نسبی پایین، مقعر بودن سطح زمین و آهنگ سریع حرکت رواناب‌های بالادست از پتانسیل رخداد بالایی برخوردار می‌باشد. بعلاوه، مکان‌گزینی مناطق مسکونی در دشت‌های سیلابی پایین-دست حوضه خطر وقوع سیلاب در این پهنه‌ها را افزایش داده است.

رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی به بررسی حساسیت سیل‌خیزی حوضه‌های آبریز با استفاده از شاخص‌های هیدروژئومورفیک حوضه آبریز الندچایپرداختند. آن‌ها در پژوهش خود دریافتند که در بین پارامترهای شبکه زهکشی چهار پارامتر بافت زهکشی، نسبت بافت، تراکم زهکشی و نسبت انشعاب به ترتیب با ضرایب ۱۶/۹۶، ۱۳/۸٤، ۱۳/٤۹ و ۱۲/٤٦ درصد و سه پارامتر مساحت، ضریب فشردگی و نسبت مدور بودن به ترتیب با ضرایب ۲۹/٦۳، ۲۷/۷۸ و ۲۰/۳۷ درصد در بین پارامترهای شکلی و دو پارامتر برجستگی و شیب با ضرایب ٤۳/۷۵ و ۳۱/۲۵ درصد در بین پارامترهای برجستگی بیشترین اهمیت را داشته‌اند.

همان‌طور که بیان گردید، هرساله سیل‌های فراوانی در ایران رخ می‌دهد که باعث خسارات مالی و حتی تلفات جانی شده است که وجود این خسارات ناشی از نبود اطلاعات از مناطق سیل‌گیر و همچنین عدم اقدامات اساسی جهت جلوگیری از سیل می‌باشد. بنابراین با توجه به این موارد در این پژوهش از مدل تابع شواهد قطعی (EBF) برای تهیه نقشه حساسیت خطر سیلاب در شهر ایلام در راستای رویکرد مدیریتی مبتنی بر شرایط محیطی استفاده شده است.

۲- منطقه مورد مطالعه

شهر ایلام بین موقعیت جغرافیایی بین ″۳٦ ′۱۸ °٤٦ تا ″٤٤ ′۳۰ °٤٦ طول شرقی و ″۰۷ ′۳٤ °۳۳ تا ″۱۰ ′٤۱ °۳۳ عرض شمالی واقع شده است. منطقه موردمطالعه در جنوب غرب ایران واقع شده است (شکل ۱). پهنه شهر دارای مساحت حدود ۲۰ کیلومترمربع است. ایلام در داخل یک دشت میانکوهی واقع‌شده و از اطراف به‌وسیله ارتفاعات، محصور گردیده است. این شهر در ارتفاع ۱۳٦۳ متری از سطح دریا قرار دارد. به لحاظ ژئومورفیک و چشم‌انداز نیز یک فرم مخروطه‌افکنه‌ای دارد که با توجه به ماهیت مخروطه‌افکنه‌ها و ناپایداری جریان‌های موجود بر سطح آن‌ها از منظر فرایند سیلاب و درنهایت مخاطرات مرتبط با آن بسیار حساس و آسیب‌پذیر هستند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی

۳- مواد و روشها

۳-۱- پارامترهای مؤثر و تعریف عملیاتی آنها در پهنه مطالعاتی

برای تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیلاب و یا به‌طورکلی تولید مدلی برای ارزیابی در معرض آسیب بلایای طبیعی، مجموعه‌ای از فاکتورهای مؤثر باید تعریف گردد. مجموعه فاکتورهای مؤثر بر سیلاب توسط ۱۲ فاکتور شامل شیب، جهت شیب، انحنای شیب[1]، طبقات ارتفاعی، فاصله از رودخانه، تراکم آبراهه، کاربری اراضی، بارندگی، لیتولوژی، نوع خاک، شاخص رطوبت توپوگرافی[2]، شاخص قدرت توان جریان[3] ساخته شد. این داده‌ها از منابع مختلف جمع‌آوری و با پیکسل سایز ۱۰ متر بر اساس DEM منطقه تبدیل شدند. شرح عوامل تهیه شده به صورت زیر می‌باشد:

۳-۱-۱- شیب

نسبت فاصله قائم (با اختلاف ارتفاع) دو نقطه با فاصله افقی میان همان دو نقطه تعریف می‌شود. این بدان معنی است که نیروی جاذبه زمین در به حرکت درآوردن رواناب تأثیر داشته و آن را تشدید می‌کند بنابراین فاکتور شیب در هیدرولوژی بسیار مهم و تأثیرگذار است. نقشه شیب زمین به دلیل تأثیر رابطه مستقیم بر فرصت نفوذ و رواناب

1 Curvature
2 Topographic wetness index (TWI)
3 Stream power index (SPI)

سطحی، یکی از عوامل مهم در وقوع سیل به شمار می‌رود. به‌منظور تهیه این نقشه با تکیه‌بر مدل رقومی (باقدرت تفکیک ۱۰ متر) و نرم‌افزار ArcGIS10.3 استفاده شد. نقشه به‌دست‌آمده به ۵ کلاس طبقه‌بندی گردید (شکل ۲).

۳-۱-۲- انحنای شیب

فاکتور مهم دیگر که تأثیر بالایی بر وقوع سیل دارد. انحنای شیب می‌باشد. انحنای شیب بیانگر شکل توپوگرافی است به طوری که تقعر مثبت بیانگر سطحی است که پیکسل‌ها در آن به صورت محدب (Convex, Coves, Hollows)، تقعر منفی بیانگر سطحی است که پیکسل‌ها در آن به صورت مقعر (Concave, Noses) و مقدار صفر آن بیانگر سطحی است که شیب نداشته و به صورت مستقیم (Flat, Straight) می‌باشد (قاسمیان، ۱۳۹٦). این فاکتور به پنج کلاس تقسیم‌بندی گردید که در شکل (۲) نشان داده شده است.

۳-۱-۳- ارتفاع

سومین فاکتور مؤثر که برای تحقیق حاضر در نظر گرفته شده است. طبقات ارتفاعی است. این فاکتور سبب تغییر در ویژگی‌های آب و هوایی شده درنتیجه باعث تفاوت در پوشش گیاهی، خاک و سایر پارامترهای محیطی می‌شود. ارتفاع همیشه نقش مهمی در نقشه حساسیت سیل دارد. نقشه طبقات ارتفاع زمین بر اساس مدل رقومی ارتفاع (باقدرت تفکیک ۱۰ متر) و نرم‌افزار ArcGIS10.3 تهیه شد. در پنج کلاس تقسیم‌بندی گردید که در (شکل ۲) نشان داده شده است.

۳-۱-٤- جهت شیب

جهت شیب فاکتور مهمی در تجزیه‌وتحلیل پایداری ژئومورفولوژیکی می‌باشد چراکه برخی از پارامترهای اقلیمی همچون میزان دریافت تابش، باد (خشک، مرطوب) شدت بارش و رطوبت خاک تأثیر دارد. یکی از کاربردهای نقشه جهت شیب تعیین جریان حرکت آب است نقشه جهت شیب، این نقشه با تکیه‌بر مدل رقومی (باقدرت تفکیک ۱۰ متر) و نرم‌افزار ArcGIS10.3 تهیه و به ۸ کلاس تقسیم‌بندی گردید که در (شکل ۲) نشان داده شده است.

۳-۱-۵- شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)

TWI در واقع تعیین‌کننده تأثیر توپوگرافی بر روی میزان سطوح اشباع جهت تولید رواناب است و یکی از شاخص‌های مفید در بررسی پتانسیل سیل به شمار می‌رود. شاخص رطوبت توپوگرافی بر اساس رابطه زیر تعریف می‌گردد، برای تهیه این نقشه از نرم‌افزار SAGA GIS 2 استفاده شد. نقشه حاصل به پنج کلاس تقسیم گردید (شکل ۲).

رابطه (۱)
$$\mathrm{TWI} = \mathrm{Ln}\left(\frac{\mathrm{A_S}}{\tan\beta}\right)$$

۳-۱-۶- شاخص قدرت توان جریان

SPI یکی از پارامترهای مهم در پتانسیل سیل‌خیزی حوضه‌های آبخیز به شمار می‌رود. شاخص توان آبراهه با توجه به رابطه (۲) تعریف می‌گردد. برای تهیه این نقشه نیز از نرم‌افزار Arc GIS10.3 تهیه و به پنج کلاس طبقه‌بندی شدند (شکل ۲).

رابطه (۲)
$$SPI = A_S tan\beta$$

۳-۱-۷- کاربری اراضی

کاربری اراضی یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تشکیل رواناب سطحی و پتانسیل سیل است. لایه کاربری اراضی نیز بر اساس کاربری‌های مختلف شهری در ۷ کلاس (زراعی, علفزار، مراتع درجه ۱، مراتع درجه ۲، اراضی بایر، مناطق سنگلاخی و مناطق مسکونی) تقسیم‌بندی شدند (شکل ۲).

۳-۱-۸- نوع خاک

خاک‌شناسی نقش مهمی را در توزیع رواناب سطحی و زیرسطحی ایفا می‌کند. ویژگی‌های سنگ‌شناسی و خاک‌شناسی در میزان نفوذپذیری آب در درون زمین و یا آبدهی مستقیم و درنتیجه تعادل جریان رودخانه و با سیل‌خیزی حوزه تأثیر بسزایی دارد لایه خاک از نقشه بافت خاک با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ استخراج گردید. Arc GIS10.3 تهیه شد. این داده از سازمان منابع آبراهه‌های موجود در حوضه آبریز، به‌طورکلی عمل تخلیه جریان‌های سطحی را انجام می‌دهند و با فاصله گرفتن از آبراهه‌ها، خطر ایجاد سیلاب و سیل‌خیزی کاهش می‌یابد (ملکیان و همکاران، ۱۳۹۱).

۳-۱-۹- فاصله از رودخانه

فاصله از رودخانه‌های مجاور با استفاده از داده‌های شرکت سهامی آب منطقه‌ای بر اساس لایه رقومی شبکه جریان حوضه آبخیز استان ایلام در نرم‌افزار ArcGIS10.3 تهیه و در پنج کلاس طبقه‌بندی گردید (شکل ۲).

۳-۱-۱۰- تراکم آبراهه

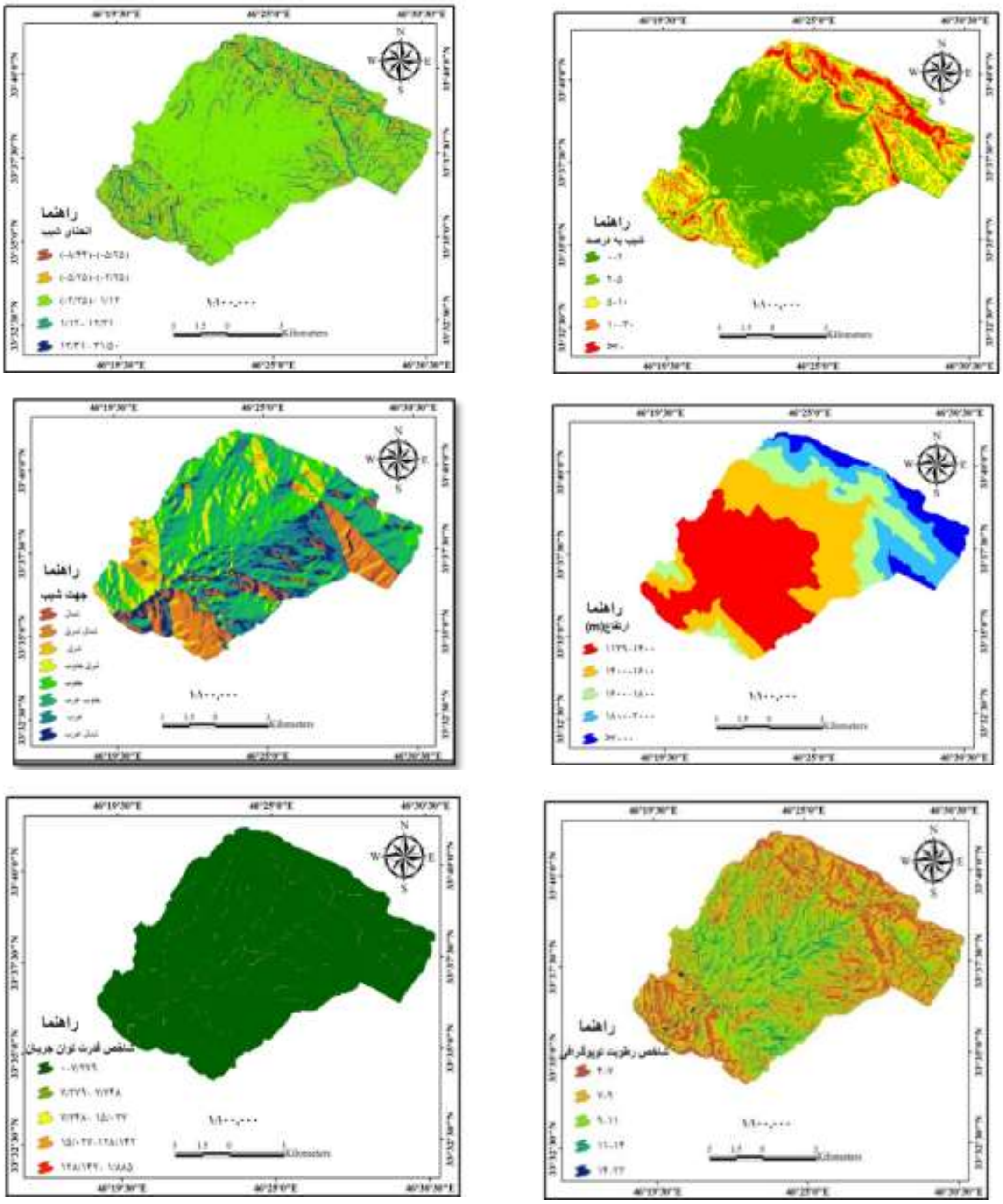
نقشه مجاور بر اساس لایه رقومی شبکه جریان حوضه آبخیز استان ایلام در نرم‌افزار ArcGIS10.3 تهیه گردید و با دستور "Line density" در محیط نرم‌افزار ARC GIS ترسیم و جهت مدل‌سازی به پنج کلاس طبقه‌بندی گردید (شکل ۲).

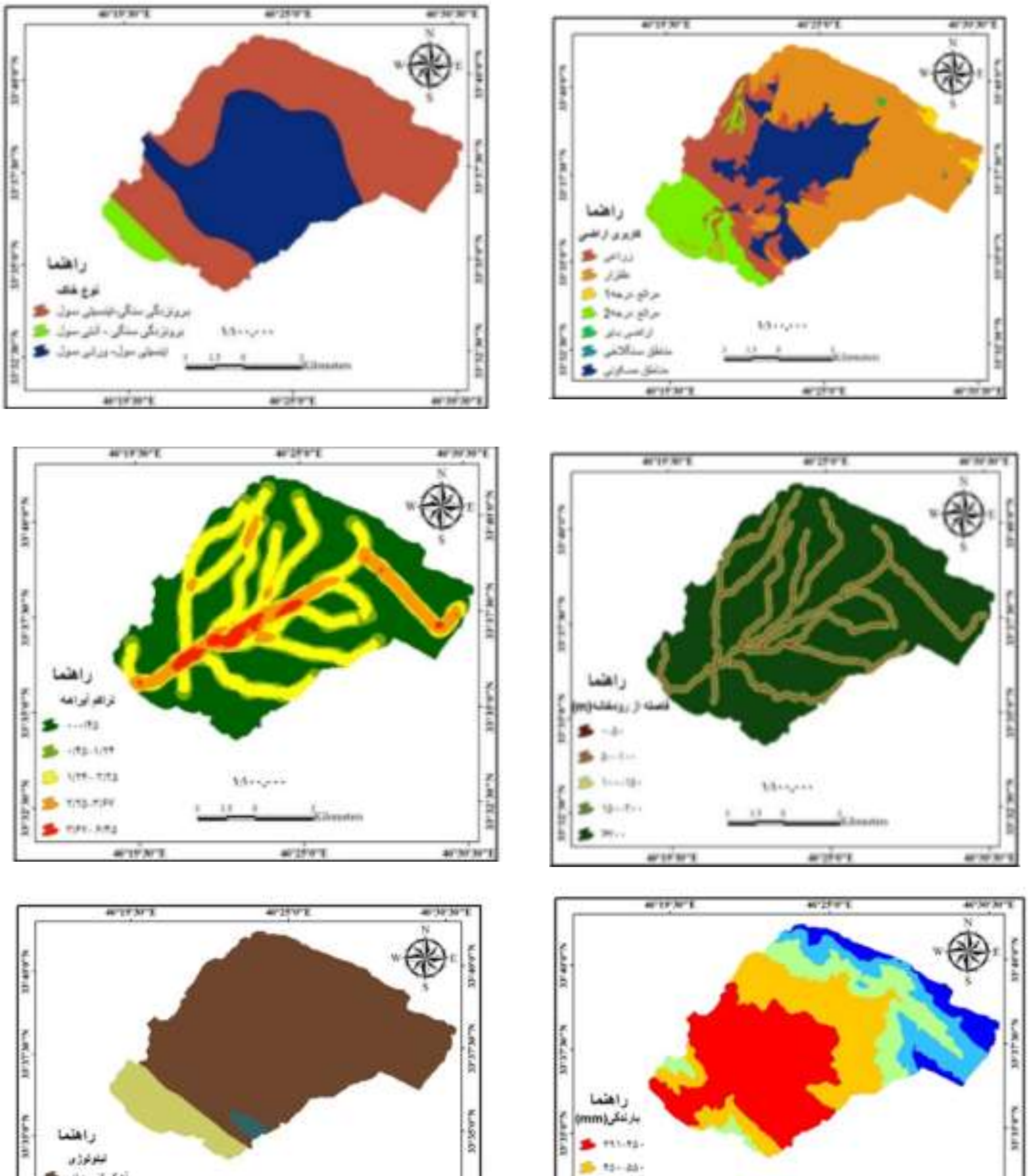
۳-۱-۱۱- بارندگی

برای تشکیل لایه بارندگی، از داده‌های ۲۵ ساله (۱۳۹۵-۱۳۷۰) ایستگاه باران‌سنجی داخل و خارج محدوده مطالعاتی استفاده شد. از روش‌های درون‌یابی شامل کریجینگ برای درون‌یابی نقشه بارندگی استفاده شد که از روش کریجینگ ساده به دلیل داشتن کمتر مقدار RMSE و MAE جهت تهیه نقشه بارندگی استفاده شد. نقشه منطقه پس از درون‌یابی به ۵ کلاس طبقه‌بندی شد (شکل ۲).

۳-۱-۱۲- لیتولوژی

لیتولوژی یا سنگ‌شناسی بر روی نفوذپذیری و ظرفیت نفوذ آب در خاک بسیار مؤثر می‌باشد. هرچه نفوذپذیری و خلل سنگ کمتر باشد در این صورت خطر سیل گیری افزایش می‌یابد. به‌منظور استخراج لایه لیتولوژی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ استفاده گردید (شکل ۲).


راهنما
شیب به درصد
راهنما
انحنای شیب
راهنما
ارتفاع(m)
راهنما
جهت شیب
راهنما
شاخص رطوبت توپوگرافی
راهنما
شاخص قدرت توان جریان
Kilometers



شکل ۲- نقشه فاکتورهای مؤثر بر وقوع سیل در شهر ایلام

۳-۲- مدل مورد استفاده

۳-۲-۱- مدل تابع شواهد قطعی (EBF)

این مدل شامل پارامترهای: Bel یا درجه اطمینان، Dis درجه عدم اطمینان، Unc درجه عدم قطعیت و Pls درجه معقولیت در محدوده‌ی بین صفر تا یک می‌باشد (پرادهان و همکاران[1]، ۲۰۱٤). بخش اصلی این تئوری توسط درجه اطمینان و درجه معقولیت ارائه می‌شود، به همین خاطر درجه معقولیت بزرگ‌تر یا مساوی درجه اطمینان است. داده استخراج‌شده از EBFs نه‌تنها همبستگی مکانی بین فاکتورهای مؤثر و رخداد سیل را بلکه همبستگی مکانی بین کلاس‌های هر یک از فاکتورهای مؤثر را برآورد می‌کند (جبورو همکاران[2]، ۲۰۱٤). پارامترهای روابط مدل توسط معادلات (۳تا۷) برآورد می‌گردد: معادلات مذکور برای تعریف ادغام لایه‌های Bel، Dis، Pls و Unc تعریف می‌شوند.

$$Belief(Bel) = \frac{Bel_1+Bel_2+\cdots\ldots+Bel_n}{\beta}$$ رابطه (۳)

$$Disbelief(Dis) = \frac{Dis_2+Dis_2+\cdots.+Dis_n}{\beta}$$ رابطه (٤)

رابطه (۵)

$$\mathrm{Uncertainty(Unc)} = \frac{\sum_{i=2}^{n}(\mathrm{Unc}_{i-1}\mathrm{Unc}_i + \mathrm{Bel}_{i-1}\mathrm{Unc}_i + \mathrm{Bel}_i\mathrm{Unc}_{i-1} + \mathrm{Dis}_{i-1}\mathrm{Unc}_i + \mathrm{Dis}_i\mathrm{Unc}_{i-1}}{\beta}$$

$$\text{Plausibility (Pls)} = \text{Bel} + \text{Unc}$$ رابطه (٦)

$$\beta = 1 - \sum_{i-2}^{n}(Bel_{i-1}Dis_i - Dis_{i-1}Bel_i)$$ رابطه (۷)

Bel_n درجه پایین‌تر از اعتماد برای هر نوع عامل یا محدوده است. Di_n درجه عدم اعتماد برای هر نوع عامل یا محدوده است. Unc_n درجه عدم قطعیت هر نوع عامل یا محدوده است. N تعداد عوامل است. یکی از ویژگی‌های مدل EBF این است که Bel، Dis و Unc در محدوده [۱، ۰] هستند. مجموع آن؛ و برابر با یک است. بنابراین ؛ Unc برابر یک باشد، Bel و Dis صفر می‌شوند و درصورتی‌که مجموع Bel و Dis برابر یک شود درجه Unc برابر صفر است.

1 Pradhan et al
2 Jebur et al

۳-۲-۲- اعتبارسنجی مدل و نقشه‌های پیش‌بینی

اعتبار سنجی گویای ارزش پیش‌بینی و میزان انطباق مدل است. با این هدف در این پژوهش مجموعه نقاط برداشت شده که ۱۲۶ مورد در قالب نقاط سیل گیر بودند به‌طور تصادفی به دو گروه ۷۰ درصد (۸۹ موقعیت سیلابی) برای مدل‌سازی و ۳۰ درصد (۳۷ موقعیت سیلابی) برای اعتبارسنجی تقسیم شدند؛ بنابراین در این مرحله از ۳۷ موقعیت سیلابی در محیط GIS به‌منظور ارزیابی عملکرد مدل از سطح زیر نمودار AUC به‌دست‌آمده از منحنی ROC استفاده گردید. منحنی ROC یک نمایش گرافیکی از موازنه بین نرخ خطای منفی و مثبت برای هر مقدار احتمالی از پیش‌بینی‌هاست (پورقاسمی و همکاران، ۱۳۹۲). مقدار سطح زیر منحنی AUC، یک شاخص کمی برای نمایش کارایی و قدرت پیش‌بینی مدل است (بهداروند و همکاران، ۱۳۹۳). دامنه مقادیر مختلف سطح زیر منحنی بین ۰/۵ (پیش‌بینی تصادفی) تا حداکثر ۱ (پیش‌بینی کاملاً صحیح) است (رحمتی و همکاران، ۲۰۱۶). همبستگی کیفی – کمی سطح زیر منحنی و ارزیابی تخمین به‌صورت (۱-۰/۹ عالی؛ ۰/۹-۰/۸ خیلی خوب؛ ۰/۸-۰/۷ خوب؛ ۰/۷-۰/۶ متوسط؛ ۰/۶-۰/۵ ضعیف) است (پرادهان، ۲۰۱۰).

٤- نتایج و یافته‌های پژوهش

بر اساس لایه‌های اطلاعاتی تهیه شده و نیز مدل آماری موجود پایگاه اطلاعاتی خوبی از سیلاب در پهنه ایلام حاصل گردید که در پهنه‌بندی نهایی خطر سیلاب در این محدوده نیز بسیار کارا بود که در قالب زیر مورد تحلیل قرار گرفته‌اند.

٤-۱- تعیین وزن پارامترهای مؤثر در پتانسیل سیل

با توجه به شرایط منطقه مطالعاتی و نیز موقعیت رخدادهای سیل و نیز نظر کارشناسی وزن‌دهی صورت گرفت. تجزیه و تحلیل‌های مقایسه‌ای بین موقعیت وقوع سیل‌های گذشته و پارامترهای محیطی مؤثر بر وقوع سیل انجام گرفت و بر اساس آن، وزن تأثیر هر پارامتر به دست آمد. نتایج شواهد قطعی که نشان‌دهنده رابطه بین رخداد سیلاب و فاکتورهای مؤثر در وقوع سیلاب می‌باشد در (جدول ۱) نشان داده شده است.

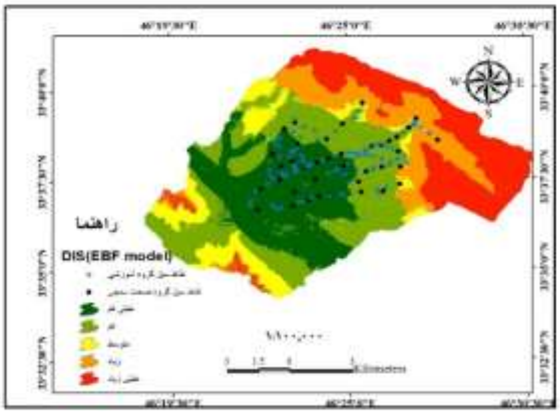
جدول ۱- تعداد پیکسل، تعداد نقاط سیل و امتیاز طبقات پارامترها درروش تابع شواهد قطعی

پارامتر	فاصله طبقات	Bel	Dis	Unc	Plausibility
جهت شیب	شمال	۰/۰۰۰	۰/۱۱۹	۰/۸۸۱	۰/۸۸۱
	شمال شرق	۰/۰۲۷	۰/۱۲۰	۰/۸۵۳	۰/۸۸۰
	شرق	۰/۰۰۰	۰/۱۱۷	۰/۸۸۳	۰/۸۸۳
	جنوب شرق	۰/۰۰۰	۰/۱۱۹	۰/۸۸۱	۰/۸۸۱
	جنوب	۰/۰۶۳	۰/۱۲۱	۰/٦٤۳	۰/۸۷۹

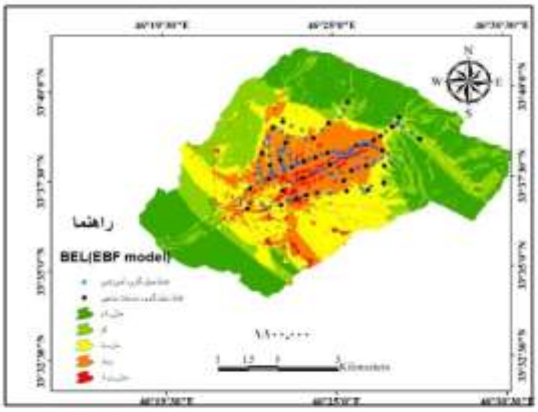
پارامتر	فاصله طبقات	Bel	Dis	Unc	Plausibility
	جنوب غرب	۰/۸۹۰	۰/۱۲۰	۰/۵۳۹	۰/۸۸۰
	غرب	۰/۲۷۶	۰/۰۸۲	۰/۷۱۲	۰/۹۰۳
	شمال غرب	۰/۳۶۴	۰/۰۹۷	۰/۷۱۲	۰/۸۹۵
شیب	۰–۲	۰/۹۸۹	۰/۰۱۰	۰/۰۰۱	۰/۹۹۰
	۲–۵	۰/۰۱۱	۰/۱۳۲	۰/۸۵۸	۰/۸۶۸
	۵–۱۰	۰/۰۰۰	۰/۱۴۸	۰/۸۵۲	۰/۸۵۲
	۱۰–۳۰	۰/۰۰۰	۰/۱۷۵	۰/۸۲۵	۰/۸۲۵
	۳۰«	۰/۰۰۰	۰/۱۵۶	۰/۸۴۴	۰/۸۴۴
ارتفاع	۱۱۳۹–۱۴۰۰	۰/۴۷۲	۰/۱۴۶	۰/۳۸۲	۰/۸۵۴
	۱۴۰۰–۱۶۰۰	۰/۵۰۵	۰/۱۵۹	۰/۳۳۶	۰/۸۴۱
	۱۶۰۰–۱۸۰۰	۰/۰۲۳	۰/۲۴۰	۰/۷۳۷	۰/۷۶۰
	۱۸۰۰–۲۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲۳۳	۰/۷۶۷	۰/۷۶۷
	۲۰۰۰«	۰/۰۰۰	۰/۲۲۱	۰/۷۹۷	۰/۷۷۹
نوع خاک	برون‌زدگی سنگی (اینسیتی سول)	۰/۰۸۸	۰/۶۱۶	۰/۲۹۶	۰/۳۸۴
	برون‌زدگی سنگی (آنتی سول)	۰/۰۰۰	۰/۳۲٤	۰/٦٧٦	۰/٦٧٦
	اینسیتی سول (ورتی سول)	۰/۹۱۲	۰/۰۶۱	۰/۰۲۷	۰/۹۴۰
فاصله از آبراهه	۰–۵۰	۰/۳۹۱	۰/۱۴۷	۰/۴۶۲	۱/۰۰۰
	۵۰–۱۰۰	۰/۴۱۶	۰/۱۳۶	۰/۴۴۸	۱/۰۰۰
	۱۰۰–۱۵۰	۰/۰۸۶	۰/۱۷۱	۰/۷۴۳	۱/۰۰۰
	۱۵۰–۲۰۰	۰/۰۶۵	۰/۱۷۷	۰/۷۵۸	۱/۰۰۰
	۲۰۰«	۰/۰۴۲	۰/۳۶۹	۰/۵۸۹	۱/۰۰۰
تراکم آبراهه	۰–۰/۰٤٥	۰/۰۱۱	۰/۳۳۲	۰/۶۵۷	۰/۶۶۸
	۰/۰٤٥–۱/۲٤	۰/۰۲۸	۰/۱۸۹	۰/۷۸۳	۰/۸۱۱
	۱/۲٤–۲/۲٥	۰/۰۴۲	۰/۱۶۳	۰/۷۵۹	۰/۸۳۷
	۲/۲٥–۳/٦٧	۰/۸۳۳	۰/۱۴۱	۰/۰۲۷	۰/۸۵۹
	۳/٦٧–٦/٤٥	۰/۰۸۷	۰/۱۷۶	۰/۷۳۷	۰/۸۲۴
کاربری اراضی	زراعی	۰/۱۳۹	۰/۱۵۲	۰/۷۰۹	۰/۸۴۸
	علفزار	۰/۰۶۶	۰/۲۲۱	۰/۷۱۳	۰/۷۷۹
	مراتع درجه ۱	۰/۰۰۰	۰/۱۴۱	۰/۸۵۹	۰/۸۵۹
	مراتع درجه ۲	۰/۰۰۰	۰/۱٦۰	۰/۸٤۰	۰/۸٤۰
	اراضی بایر	۰/۰۰۰	۰/۱٤۰	۰/۸٦۰	۰/۸٦۰
	مناطق سنگلاخی	۰/۰۰۰	۰/۱٤۰	۰/۸٦۰	۰/۸٦۰
	مسکونی	۰/۷۹۵	۰/۰۴۵	۰/۱۵۹	۰/۹۵۵
	۳۹۱–٤٥۰	۰/۴۷۲	۰/۱۴۶	۰/۳۸۲	۰/۸۵۴
بارندگی	٤٥۰–٥٥۰	۰/۵۰۵	۰/۱۵۹	۰/۳۳۶	۰/۸۴۱
	٥٥۰–٦٥۰	۰/۰۲۳	۰/۲۴۰	۰/۷۳۷	۰/۷۶۰

پارامتر	فاصله طبقات	Bel	Dis	Unc	Plausibility
	۷۵۰–٦۵۰	۰/۰۰۰	۰/۲۳۳	۰/۷۶۷	۰/۷۶۷
	۸۷۸–۷۵۰	۰/۰۰۰	۰/۲۲۱	۰/۷۷۹	۰/۷۷۹
انحنای شیب	(–۸/٤٤)–(–۵/۲۵)	۰/۳۰۹	۰/۳۸۷	۰/۳۰۴	۰/۶۱۳
	(–۵/۲۵)–(–۲/۰٦)	۰/۲۹۱	۰/۳۹۴	۰/۳۱۵	۰/۶۰۶
	۱/۱۲–(–۲/۰٦)	۰/٤۰۰	۰/۲۱۹	۰/۳۸۱	۰/۷۸۱
	۱/۱۲–٤/۳۱	۰/۰۲۹	۰/٤۳۷	۰/۵۳٤	۰/۵٦۳
	٤/۳۱–۷/۵۰	۰/۰۰۰	۰/۳۹۴	۰/۶۰۶	۰/۶۰۶
لیتولوژی	آهک قهوه‌ای	۱/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰۰	۱/۰۰۰
	آبرفت تفکیک نشده	۰/۰۰۰	۰/۵۲۶	۰/۴۷۴	۰/۴۷۴
	مارن تیره–شیل و آهک	۰/۰۰۰	۰/۴۷۴	۰/۵۲۶	۰/۵۲۶
شاخص رطوبت توپوگرافی	٤–۷	۰/۰۱۸	۰/۲۳۷	۰/۷۴۵	۰/۷۶۳
	۷–۹	۰/۰۴۷	۰/۲۶۲	۰/۶۹۱	۰/۷۳۸
	۹–۱۱	۰/۱۵۵	۰/۱۵۸	۰/۶۸۷	۰/۸۴۲
	۱۱–۱٤	۰/۲۵۲	۰/۱۶۰	۰/۵۸۸	۰/۸۴۰
	۱٤–۲۳	۰/۵۲۸	۰/۱۸۲	۰/۲۹۰	۰/۸۱۸
شاخص قدرت توان جریان	۰–۷/۲۷۹	۰/۱۴۳	۰/۰۹۸	۰/۷۵۹	۰/۹۰۲
	۷/۲۷۹–۷/۷٤۸	۰/۱۲۲	۰/۱۰۴	۰/۷۷۴	۰/۸۹۶
	۷/۷٤۸–۱۵/۰۲۷	۰/۰۴۱	۰/۱۱۸	۰/۸۴۱	۰/۸۸۲
	۱۵/۰۲۷–۱۲۸/۱٤۲	۰/۰۰۰	۰/۱۱۴	۰/۸۸۶	۰/۸۸۶
	۱۲۸/۱٤۲–۱/۸۸۵	۰/۱۸۲	۰/۱۰۸	۰/۷۱۰	۰/۸۹۲

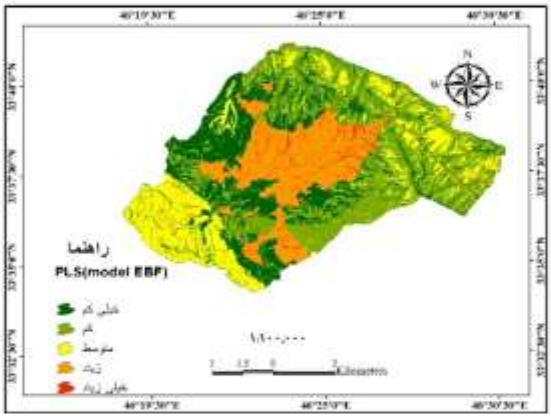
نقشه پتانسیل وقوع سیلاب با استفاده از مدل تابع شواهد قطعی در (شکل ۳) ارائه شده است. نقشه‌های حاصل از مدل EBF شامل درجاتی از قطعیت (Bel)، عدم قطعیت (Dis)، عدم اطمینان (Unc) و احتمال (Pls) در دامنه بین صفر و یک است و مجموع مقادیر قطعیت، عدم قطعیت و عدم اطمینان ۱ است. همان‌طور که مشاهده می‌شود ٤٤ درصد از منطقه در کلاس حساسیت متوسط تا خیلی زیاد قرار دارد. مساحت و درصد مساحت طبقات پتانسیل وقوع سیلاب در (جدول ۲) ارائه شده است.



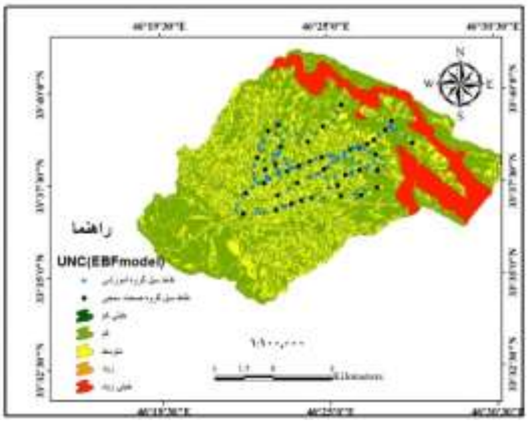
تابع عدم قطعیت



تابع قطعیت (نقشه خطر سیل)



تابع احتمال



تابع عدم اطمینان

شکل ۳- نقشه خطر سیلاب در شهر ایلام با استفاده از مدل شواهد قطعی

جدول ۲- مساحت و درصد مساحت طبقات خطر سیل و تعداد و درصد نقاط سیل در هر طبقه خطر

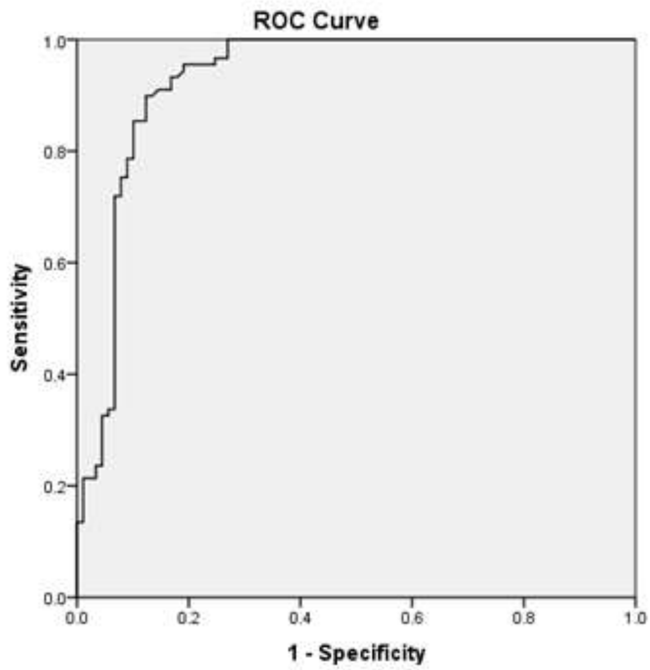
طبقات سیل	مساحت طبقات (هکتار)	درصد مساحت
خیلی زیاد	۳۸۹/۸	۲/۹
زیاد	۲۲۱۵/۱	۱۶/۸
متوسط	۳۱۲۸/۷	۲۳/۷
کم	۲۹۰۱/۸	۲۲
خیلی کم	٤٥٤۱/۳	۳٤/٤

٤-۲- اعتبارسنجی نقشه حساسیت به وقوع سیل

اعتبارسنجی نقشه‌های تهیه‌شده، گامی اساسی در توسعه و تعیین کیفیت آن‌ها می‌باشد و بدون آن مـدل‌هـا و نتـایج آن‌هـا فاقـد اهمیـت علمـی خواهنـد بـود . در ایـن تحقیـق از روش منحنـی (Receiver Operating (ROC Characteristics و مساحت زیر منحنی (AUC) آن جهت ارزیابی استفاده شـد. درصـورتی‌کـه AUC کمتـر از ۰/۵ باشد نشان‌دهنده عدم صحت مدل است و از ۰/۵ تا ۱ نشان‌دهنده صحت مدل، جهت پیش‌بینـی وجـود یـا عـدم وجود پتانسیل سیل‌خیزی است. مقدار AUC برای مدل مورد ارزیابی با توجه به داده‌هـای اعتبـار سـنجی در جـدول (۳) ارائه شده است؛ و همچنین منحنی ROC مدل مورد ارزیابی با توجه به داده‌های اعتبار سنجی در شـکل (۳) ارائـه شده است. نتایج نشان داد که برای میزان پیش‌بینی سطح زیر منحنی برابر با ۹۲/ درصد می‌باشد. پـس ایـن روش دارای نتیجه قابل‌قبول جهت تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیلاب در شهر ایلام می‌باشد.

جدول ۳- مقدار AUC مدل پیش‌بینی ریسک سیل‌خیزی

ردیف	مدل پیش‌بینی	مقدار AUC	
		داده‌های اعتبارسنجی	داده‌های آموزشی
۱	EBF	۰/۹۱۲	۰/۹۲۸



شکل ۳- منحنی ROC جهت اعتبار سنجی نقشه نهایی سیلاب شهر ایلام

۵- بحث و نتیجه‌گیری

سیل پرخسارت‌ترین عارضه مصیبت‌بار در جهان می‌باشد که تهدیدی جدی بـرای زنـدگی مـی‌باشـد. پـس تهیـه نقشه‌های حساسیت به وقوع سیلاب در مشخص کردن مناطق حساس به وقوع سیل ضروری و یکی از گام‌های اولیـه در کاهش خسارت می‌باشد و به‌علاوه آنالیز حساسیت به وقوع سیلاب یکی از محبوب‌ترین موضوعات مـورد تحقیـق می‌باشد. در این مورد روش‌های مختلفی توسط محققان برای کنترل و تخفیف سیلاب در دهه‌های اخیر به کـار گرفتـه شده است. از اهداف اصلی این تحقیق می‌توان به تهیه نقشه حساسیت به وقـوع سـیلاب در شـهر ایلـام توسـط مـدل شواهد قطعی، ارزیابی کارایی روش نامبرده در تهیه نقشه حساسیت به وقـوع سـیلاب و تعیـین مهم‌تـرین فاکتورهـای مؤثر در وقوع سیلاب در شهر ایلام اشاره نمود

با استفاده از نقشه‌های احتمال وقوع سیل به‌راحتی مناطقی را که دارای احتمال خطر بالا هسـتند شناسـایی کـرده تـا از وقوع خسارات جلوگیری نمود. برای این کار از ۱۲ عامل مؤثر و ۱۲٦ نقطه سیلابی ثبت‌شده، ۳۷ نقطـه بـرای مـدل-سازی و ۸۹ نقطه برای اعتبارسنجی مدل استفاده شد. یافته‌های این پژوهش حاکی از آن است کـه دقـت مـدل شـواهد قطعی (EBF) در شناسایی مناطق دارای استعداد سیل گیری در شهر ایلام ۹۱/۲ درصد است. ازآنجاکـه شـهر ایلـام در دشت میانکوهی واقع شده است و به دلیل اینکه اطراف آن را کوه‌هـا احاطـه کـرده و همچنـین شـیب زیـاد، روانـاب به‌سرعت تشکیل‌شده و در مناطق کم شیب باعث ایجاد آب‌گرفتگی و وقوع سیل مـی‌شـود؛ و در جاهـای توپـوگرافی اجازه دهد سطح وسیعی را به‌صورت سیل در برمی‌گیـرد. بیشـتر منـاطق مسـکونی در داخـل ایـن شـهر، در منـاطقی احداث شده است که دارای شیب کم هستند و به همین خاطر در صورت وقوع سیل موجب خسـارات زیـادی مـی-شود و هرچه به سمت شیب‌های بیشتر می‌رویم مقدار احتمال وقوع سیل کمتـر مـی‌گـردد کـه منطبـق بـا یافتـه‌هـای خسروی و همکاران (۱۳۹۱) می‌باشد.

برای فاکتور شاخص رطوبت توپوگرافی در کل، با افزایش مقدار این شاخص احتمال رخـداد وقـوع سـیل بیشـتر می‌گردد. علت انتخاب ارتفاع از سطح دریا به‌عنوان یکی از پارامترهای مؤثر در وقـوع سـیلاب آن اسـت کـه سـیل در ارتفاعات پایین‌تر از سطح دریا اتفاق می‌افتد و در ارتفاعات بالا احتمال رخداد سیل بسیار کم است. بـا بررسـی فـاکتور بارندگی می‌توان به این نتیجه رسید که با افزایش ارتفاع، احتمال بارندگی بیشـتر مـی‌گـردد و از طـرف دیگـر احتمـال وقوع سیل در ارتفاعات بالا غیرممکن است، پس در شهر ایلام در عمل با افزایش بارندگی احتمال وقـوع سـیل کـاهش می‌یابد به دلیل کوهستانی بودن منطقه می‌باشد. فاکتور مؤثر دیگر، فاصله از رودخانه می‌باشد کـه بـا افـزایش فاصـله از رودخانه احتمال وقوع سیل کاهش می‌یابد. کاربری اراضی از دیگر فاکتورهای مؤثر در وقوع سیل مـی‌باشـد، زیـرا کـه نوع کاربری اراضی بر روی نفوذ رواناب و یا تشدید سرعت آن مؤثر می‌باشد. در فاکتور زمین‌شناسـی بـه دلیـل اینکـه هر سازنده و هر سنگی دارای نفوذپذیری متفاوت می‌باشد، درنتیجه سازندهای یا نفوذپذیری کـم، دارای تـأثیر مسـتقیم

بر روی تشکیل و تشدید رواناب و درنتیجه وقوع سیل هستند؛ و فاکتور مؤثر دیگر انحنای زمین می‌باشد و به پنج کلاس تقسیم شد که کلاس دوم دارای بیشترین تأثیر بر روی رخداد سیل بودند.

نتایج و اطاعاتی که از این تحقیق می‌توان گرفت برای بسیاری از ارگان‌های دولتی شامل شرکت‌های سهامی آب منطقه‌ای، ادارات منابع طبیعی و آبخیزداری، برنامه‌ریزها جهت برنامه‌های هشدار سیل و جلوگیری از وقوع خسارات در سیل‌های آینده شهر ایلام که هر چندین ساله شاهد وقوع سیل‌های خطرناک هستیم، مفید و ضروری خواهد بود. همچنین نتایج نشان داد که سیل‌خیزی شهر ایلام ناشی از عوامل محیطی شامل شیب زیاد و تغییر کاربری اراضی است که بر اساس نقشه‌ی پیش‌بینی خطر سیل ارائه‌شده، می‌توان در آینده اقدامات مدیریتی مناسبی را جهت کاهش خسارت‌ها و تلفات ناشی از سیل انجام داد.

کتابنامه

آزادی، فهیمه؛ صدوق، حسن؛ قهرودی، منیژه؛ شهابی، هیمن؛ ۱۳۹۹. پهنه‌بندی حساسیت خطر سیل در حوضه آبخیز رودخانه کشکان با استفاده از دو مدل WOE و EBF . *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۹(۱): ٦۰-٤٥ .

پروین، منصور؛ ۱۳۹۹. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب‌های ناگهانی بر اساس عوامل فیزیوگرافی و شاخص‌های مورفومتریک (مطالعه موردی حوضه‌ی قصرشیرین). *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*.۳۲: ۲۳-۳٥.

رضایی مقدم، محمد حسین؛ حجازی، اسدالله؛ کامران، خلیل ولیزاده؛ رحیم پور، توحید؛ ۱۳۹۹. بررسی حساسیت سیل‌خیزی حوضه‌های آبریز با استفاده از شاخص‌های هیدروژئومورفیک (مطالعه موردی: حوضه آبریز الندچای، شمال غرب ایران). *پژوهش‌های ژئومورفولوژی*. ۹(۲): ۲۱٤-۱۹٥.

سیستانی، بدوئی؛ مسعود، نگارش؛ حسین، فتوحی؛ صمد؛ ۱۳۹٦. پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبریزگابریک. *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ٦(۲۲): ۱۸۲-۱٦۳.

عسگری، شمس اله؛ صفاری، امیر؛ فتحی، حجت‌الله؛ ۱۳۹۷. بررسی توان سیل‌خیزی در حوضه آبریز جعفرآباد. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. ۱۸(٥۰): ۹۰-۷۷.

علیزاده، امین؛ ۱۳۹۰. *اصول هیدرولوژی کاربردی*، مشهد: انتشارات دانشگاه امام رضا (ع)، چاپ هفدهم، ص۹۲۸.

قاسمیان، بهاره؛ عابدینی، موسی؛ روستایی، شهرام؛ شیرزادی، عطالله؛ ۱۳۹۷. ارزیابی و مقایسه کارایی الگوریتم‌های یادگیری ماشین به منظور تهیه نقشه حساسیت زمین‌لغزش‌های سطحی اطراف شهر کامیاران، رساله دکتری، دانشگاه محقق اردبیلی.

لشکری، حسن؛ ۱۳۷٥. بررسی سینوپتیکی بارش‌های شدید جنوب و جنوب‌غرب ایران. رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.

مامی‌زاده، جعفر؛ همتی، موسی؛ قادری، جمیل؛ ۱۳۹٤. پهنه‌بندی سیلاب رودخانه چرادول (بازه‌ی چناره)، با استفاده از مدل HEC-RAS در محیط GIS. *مجله علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*. ۹(۲۹): ۷٥-۷۱.

مددی، عقیل؛ اصغری، صیاد؛ بادامکی، مهدی؛ احسان، قلعه؛ ۱۳۹۹. پهنه‌بندی خطر سیلاب در حوضه آبریز قوری چای کورائیم در استان اردبیل. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی*. ۹(۲): ۹۷-۸۱.

میراحمدی، ابوالقاسم؛ شیران، مهناز؛ ۱۳۸۸. کاربرد مدل HEC-HMS در تحلیل حساسیت متغیرهای ژئومورفولوژی مؤثر بر سیلاب دشت کرون. *فصلنامه جغرافیا و توسعه*. ۷(۱۶): ۱۷۳-۱۵۳.

Buchele, B. Kreibich, H. Kron, A. Thieken, A. Ihringer, J. Oberle, P. Merz, B. Nestmann, F., 2006. Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks, Natural Hazards Earth System, 6: 485-503.

Diakakis, M. Deligiannakis, G. Pallikarakis, A. Skordoulis, M., 2018. Factors controlling the spatial distribution of flash flooding in the complex environment of a metropolitan urban area. The case of Athens flash flood event, International Journal of Disaster Risk Reduction, 18:171- 180.

Hong, H. Tsangaratos, P. Ili, I. Liu, J. Zhu, A. X. Chen, W., 2018. Application of fuzzy weight of evidence and data mining techniques in construction of flood susceptibility map of Poyang County, China, Science of the Total Environment, 625: 575-588.

Hyalmarson, H. W., 1998. Flood Hazard Zonation in Arid land, Wesley Publishers.

James, M. D. Larson, M. D. G lover, T, F., 1980. Floodplain Management Needs Preculier to Arid Climates, Water Resources Bulletin, 16: 1020-1029.

Jebur, M. Pradhan, B. Tehrany, M., 2014. Manifestation of LiDAR-derived parameters in the spatial prediction of landslides using novel ensemble evidential belief functions and support vector machine models in GIS, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 8: 674 – 690

Murphy, P.M., 2018. Flood Hazard Zoning of Tarlac City: Towards the Development of Flood Overlay Zones and Provision, Procardia Engineering, 212: 69-76.

Pham, B.T. Avand, M. Janizadeh, S. Phong, T.V. Al-Ansari, N. Ho, L.S. Das, S. Le, H.V. Amini, A. Bozchaloei, S.K. Jafari, F., 2020. GIS based hybrid computational approaches for flash flood susceptibility assessment, Water, 12: 683.

Stephan, C., 2002. Hydrologic investigation by the U.S Geological Survey Following the 1996 and 1997 Floods in the upper Yellowstone River, Montana, American water Resources Association 19th Annual Montana, Section one:1-18.

Tien Bui, D. Khosravi, K. Shahabi, H. Daggupati, P. Adamowski, J.F. Melesse, A.M. Thai Pham, B. Pourghasemi, H.R. Mahmoudi, M. Bahrami, S. Pradhan, B., 2019. Flood spatial modeling in northern Iran using remote sensing and GIS: A comparison between evidential belief functions and its ensemble with a multivariate logistic regression model, Remote Sensing, 11: 1589.

Tingsanchali, T., 2012. Urban flood disaster management. Procedia engineering, 32: 25-37.

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ سی و هشتم، تابستان ۱۴۰۰

صص ۴۱- ۲۱

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.68682.10160

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی ناشی از زلزله ازگله (۲۱ آبان ۱۳۹۶،Mw=7.3) در استان‌های ایلام و کرمانشاه با مدل ویکور

فتح‌الله نادری– دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

صمد فتوحی[1]– دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

حسین نگارش– استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

مرضیه خلیلی– استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۴ **تاریخ بازنگری:** ۱۴۰۰/۲/۱۲ **تاریخ تصویب:** ۱۴۰۰/۲/۱۸

چکیده

هدف اصلی این پژوهش مطالعه و پهنه‌بندی ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی حاصل از زمین‌لرزه ازگله در ایلام و کرمانشاه با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه ویکور است. منطقه تحت تأثیر این زلزله بسیار مستعد وقوع انواع حرکات و ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی است. دلایل آن، وجود چین‌خوردگی‌های جوان زاگرس همراه با عملکرد گسل‌های قطع کننده آن‌هاست که خردشدگی‌های شدیدی را در منطقه ایجاد کرده‌اند. برای انجام این تحقیق ابتدا با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای و عملیات میدانی ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی شاخصی که در تشدید خسارات ناشی از زلزله مؤثر بوده‌اند شناسایی و تعیین موقعیت شدند. عمده‌ترین این ناپایداری‌ها شامل زمین‌لغزش‌ها، ریزش‌ها و بهمن‌های سنگی، جریان‌ها، گسیختگی‌های تاج تپه‌ها و فرونشست زمین که منجر به مسدود شدن راه‌ها، تخریب منازل مسکونی، آلودگی منابع آب‌وخاک، تخریب اراضی کشاورزی، باغات و ... شده است. سپس با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه VIKOR اقدام به پهنه‌بندی ناپایداری‌ها در ۵ طبقه گردید. به‌منظور صحت سنجی، نقشه پهنه‌بندی با نقشه توزیع ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی شاخص در اثر زمین‌لرزه انطباق داده شد. نتایج نشان داد که دو طبقه ناپایداری زیاد و خیلی زیاد خیلی زیاد و طبقه خطر زیاد مجموعاً با مساحتی بالغ بر ۶۵۵۸ کیلومترمربع یعنی بیش از ۲۸

---

[1] نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۷۳۱۲۶۸۸

Email: fotohi@gep.usb.ac.ir

درصد از منطقه مطالعاتی را به خود اختصاص داده‌اند و از بین عوامل مؤثر در وقوع ناپایداری‌ها، عوامل زمین‌شناسی، فاصله از گسل و شیب به ترتیب با ۰/۲۳، ۰/۲۲ و ۰/۱۵ امتیاز بیشترین تأثیر در ایجاد ناپایداری‌های منطقه را دارا هستند. نتیجه انطباق نقشه پهنه‌بندی با نقشه توزیع ناپایداری‌های بیانگر انطباق بیشتر ناپایداری‌ها ازجمله زمین‌لغزش‌ها، ریزش‌های سنگی و فرونشست‌ها با طبقات خطر بالاست.
کلیدواژه‌ها: ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی، روش ویکور، زمین‌لرزه ازگله، ایلام، کرمانشاه.

۱- مقدمه

ایران به‌عنوان یکی از کشورهای زلزله‌خیز شناخته شده است که بیشترین قربانیان را هم در رابطه با زلزله دارد. در ۱۵ سال اخیر لرزش‌های مختلفی با ریشترهای کم و زیاد ایران را لرزانده است. از زلزله بم که با بزرگای ٦/٥ ریشتر در سال ۱۳۸۲ رخ داد و حدود ۳۰ هزار نفر کشته داشت تا زلزله مردادماه سال ۹۱ آذربایجان شرقی با بزرگای ٦/٤ که شهرستان‌های اهر، ورزقان و هریس را لرزاند و ۳۰٦ نفر کشته، بیش از ۵ هزار نفر مجروح و تلفات جانی و خسارات زیادی را به دنبال داشت. مناطق خطرناک از نظر رخداد زمین‌لرزه در پیرامون گسل‌های فعال ایران هستند. این گسل‌ها بیشتر در نواحی مرز بین کوه‌ها و دشت‌های ایران قرار گرفته‌اند. در راستا و مرزهای ساختار در نواحی البرز، زاگرس، کپه داغ، ایران مرکزی، حاشیه‌های کویر مرکزی ایران، آذربایجان، لوت و مکران مهم‌ترین گسل‌های فعال ایران را می‌توان مشاهده کرد. از مهم‌ترین تحقیقات صورت گرفته در ارتباط با موضوع موردمطالعه می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

قهرودی تالی و همکاران (۱۳۹۱)، پتانسیل تخریب لرزه‌خیزی با به‌کارگیری مدل‌های چندشاخصه در منطقه یک شهر تهران را بررسی نمودند. اسفندیاری درآباد و همکاران (۱۳۹۱)، ضریب آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش تاپسیس در محیط GIS در شهر اردبیل را مدل‌سازی کردند. صفاری و همکاران (۱۳۹۲)، شاخص‌های مورفوتکتونیک و زمین‌لرزه در مناطق پرخطر استان خوزستان موردمطالعه و بررسی قرار دادند. نصیری (۱۳۹۵)، در تحقیقی خطر زمین‌لرزهٔ منطقه شهری ارومیه را با استفاده از مدل تجربی سابتا مورد پهنه‌بندی قرار دادند. صادقی و همکاران (۱۳۹٦)، میزان آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر زلزله در شهر گرگان را تحلیل و برآورد نمودند. همچنین به‌منظور ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهر گرگان با توجه به شرایط و مشخصات ساختمان‌ها از بین روش‌های کیفی مختلف موجود، روش ارزیابی آسیب‌پذیری آریا انتخاب نمودند. اسدی و همکاران (۱۳۹٦)، رابطهٔ بزرگای زمین‌لرزه با استفاده از مدت دوام امواج کدا در پهنهٔ زاگرس و جنوب غربی ایران مرکزی را برآورد کردند و نشان دادند که همخوانی خوب و قابل قبولی بین بزرگای محاسبه شده در این تحقیق و بزرگای محلی برای فاصلهٔ کمتر از ۲۰۰ کیلومتر برقرار است. همچنین از مهم‌ترین این مطالعات انجام شده در خارج کشور در رابطه با

موضوع موردمطالعه می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: نگارش و خسروی[1] (۲۰۰۸)، زلزله بم تجزیه‌وتحلیل قرار دادند و شواهد ژئومورفولوژیکی آن را موردبررسی قرار دادند. هارا[2] (۲۰۰۷)، در تحقیقی طول تابش انرژی فرکانس با فرکانس بالا و کاربرد آن برای تعیین بزرگی زلزله‌های کم عمق را اندازه‌گیری نمود. پالیزوان[3] (۲۰۱٦)، مکانیسم گسل کواترنر در غرب کرمانشاه و رابطه آن با لرزه‌خیزی محلی را موردمطالعه قرار دادند. کایستا و همکاران[4] (۲۰۱۷)، زلزله‌های با عمق زیاد عمیق (۷۰ تا ۳۰۰ کیلومتر) و متوسط و کم عمق (۷ تا ۷۰ کیلومتر) در منطقه هندوکوش در مرز افغانستان–پاکستان را با روش مقایسه‌ای مورد آنالیز قرار دادند در این روش از داده‌های لرزه‌ای ۳۸۲۰ زمین‌لرزه در محدوده مطالعاتی استفاده نمودند و نشان دادند که توزیع فراوانی در زلزله‌های کم عمق و متوسط بیشتر از زلزله‌های عمیق است. سلیمانی آزاد و همکاران[5] (۲۰۱۷)، گزارش مقدماتی تحقیقات زمین‌شناسی زمین‌لرزه ازگله کرمانشاه را انجام دادند. یانگ و همکاران[6] (۲۰۱۸)، چالش‌های زلزله‌شناسی در کاهش خطر زلزله: بازتاب در زلزله ونچوان چین را بررسی نمودند. ماریا و همکاران[7] (۲۰۱۸)، آمادگی در مقابله با بلایای طبیعی با استفاده از روش‌های ارزیابی–خطر مهندسی زلزله را در کشور ترکیه بررسی نمودند. آن‌ها با استفاده از داده‌های زمین‌لرزه تاریخی ترکیه، روش جدیدی برای محاسبه احتمال وقوع زمین‌لرزه و فراوانی آن را ابداع نمودند. استاتیس[8] (۲۰۱۸)، شدت زلزله‌های تاریخی، بزرگی زلزله و اثرات دینامیکی خاک در زلزله ۱۷۵۰ کرواسی را مطالعه و بررسی نمودند که نتایج نشان داد که این زلزله با یک رانش بزرگ همراه بوده است که باعث افزایش شتاب متوسط آن شده است. جیان کی و همکاران[9] (۲۰۱۸)، توزیع و خصوصیات لرزه‌های زمین‌لغزش ناشی از زمین‌لرزه سال ۱۹۲۰ هایوان در شمال غربی چین را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تحقیقات میدانی موردمطالعه و بررسی نمودند که نتایج تحقیق نشان داد که زمین‌لغزش‌های ناشی از زلزله در قسمت‌های غربی و در فاصله ٤٠ تا ٥٥ کیلومتر از گسل هایوان متمرکز شده است و عمدتاً موازی با گسل‌ها هستند. جان زی و همکاران[10] (۲۰۱۸)، حرکت رسوب و پاسخ دیواره کانال‌ها نسبت به تغییرات بارندگی پس از یک زلزله بزرگ را مدل‌سازی کردند و از مدل لیس فلود جهت شبیه‌سازی حرکت رسوب استفاده نمودند که نتایج نشان داد که عملکرد رسوبات می‌تواند به‌طور معنی‌داری در رانندگی‌هایی که بعد از زلزله ایجاد می‌شوند نسبت به راندگی‌های معمولی شدیدتر باشند.

1 Negaresh & Khosravi
2 Hara
3 Palizvan
4 Khaista et al
5 Solaymani Azad et al
6 Yong et al
7 Maria et al
8 Stathis
9 Jianqi et al
10 Jun et al

از مهم‌ترین تحقیقات صورت گرفته راجع به مدل ویکور در زمینه مخاطرات و ناپایداری‌های دامنه‌ای می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

سپهر و همکاران (۱۳۹۲)، نقشه حساسیت پذیری زمین‌لغزش دامنه‌های شمالی بینالود بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی توافقی ویکور تهیه کردند که نتایج این تحقیق نشان داد که زیر حوضه‌های گلمکان، اسجیل و اندرزی بیشترین حساسیت پذیری و زیر حوضه‌های خیرآباد، اقبال و چایش دارای کمترین حساسیت پذیری به وقوع زمین‌لغزش هستند. مددی و همکاران (۱۳۹٤) در تحقیقی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل ویکور در حوضه آبخیز آق لاقان چای مورد ارزیابی و پهنه‌بندی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که استفاده از مجموعه‌های فازی و روش ویکور به‌عنوان یکی از روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره، از دقت نسبی بالایی جهت مطالعهٔ زمین‌لغزش حوضه آق لاقان چای برخوردار است. مددی و همکاران (۱۳۹٤)، در تحقیقی دیگر ارزیابی و پهنه‌بندی خطر ریزش با استفاده از مدل VIKOR در حوضه آبخیز آق لافان چای را انجام دادند که نتایج مطالعه نشان می‌دهد که حوضه آق لاقان چای دارای توان بسیار بالا از لحاظ رخداد حرکات ریزشی است. لذا انجام اقدامات حفاظتی، آبخیزداری و مدیریتی در حوضه مطالعاتی ضروری به نظر می‌رسد. انتظاری و همکاران (۱۳۹٥)، در ارزیابی خطر ریسک زمین‌لغزش حوضه طالقان رود بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی ویکور، به این نتیجه رسیدند که با توجه به نقشه حساسیت پذیری زیر حوضه‌های طالقان رود کمتر از ٤٠ درصد مساحت حوضه مطالعاتی را زیر حوضه‌هایی با حساسیت پذیری پایین یا استعداد کم نسبت به وقوع زمین‌لغزش تشکیل می‌دهند. در مقابل ٦٠ درصد از مساحت حوضه را زیر حوضه‌هایی با شرایط حساسیت پذیری بالا و متوسط نسبت به وقوع زمین‌لغزش احاطه کرده است. بنی حبیب و چیت‌ساز (۱۳۹٥)، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره ویکور برای ارزیابی گزینه‌های مدیریت سیلاب را اجرا کردند که نتایج تحقیق نشان داد که با افزایش میزان پارامتر ویکور، حساسیت مدل نسبت به تغییر پارامتر ویکور افزایش یافته است. مدل ویکور بر خلاف مدل و زنده ساده حساسیت کمتری نسبت به تغییر وزن معیارها داشته ولی به معیارهای اقتصادی و فنی حساسیت بالایی داشته است. در این تحقیق به دلیل اهمیت بالای معیارهای اجتماعی مدل ویکور توصیه شده است. عابدینی و همکاران (۱۳۹٦)، پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهرستان مشکین‌شهر با استفاده از مدل ویکور را انجام دادند. نتایج مطالعه نشان داد، عوامل ارتفاع، لیتولوژی، بارش و شیب به ترتیب بیشترین تأثیر را بر ایجاد سیل در منطقه مطالعاتی دارند. همچنین، با توجه به نتایج به دست آمده به ترتیب ۲۳/۳۷ و ٥۲/٥٠ کیلومترمربع از مساحت محدوده، در طبقه بسیار پرخطر و پرخطر قرار دارند. شریفی کیا و همکاران (۱۳۹۷)، طبقه‌بندی زیر حوضه‌های آبخیز نکارود با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره ی TOPSIS, SAW و VIKOR را مورد بررسی قرار دادند. نتایج ارزیابی مدل‌ها نشان داد مدل VIKOR با دقت بیشتری نسبت به مدل‌های دیگر به اولویت بندی و طبقه‌بندی زیرحوضه ها پرداخته است. امیری و همکاران (۱۳۹۷)، در تحقیقی اولویت بندی

سیل خیزی زیرحوضه‌های آبخیز مهارلو در استان فارس با استفاده از پارامترهـای مورفومتریـک و مـدل تصـمیم‌گیری VIKOR انجام دادند نتایج تحقیق نشان داد که اولویـت بنـدی زیرحوضـه هـا بـا اسـتفاده از پارامترهـای مورفـومتری به‌منظور شناسـایی حوضـه‌های حسـاس بـه فرسـایش روشـی مناسـب و کـاربردی اسـت و اسـتفاده از پارامترهـای مورفومتری در حوضه‌های بدون آمار بسیار دقیق و مناسب است. حجازی و همکـاران (۱۳۹۸)، ارزیـابی و پهنه‌بنـدی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل ویکور در حوضه آبریز حاجیلرچـای را انجـام دادنـد. نتـایج پـژوهش نشـان دهنده این است که در حدود ۲۰/۲۲ درصد از مساحت حوضه حاجیلرچای، احتمال وقـوع زمین‌لغـزش خیلـی زیـاد بوده است. خدادادی و همکاران (۱۳۹۸)، تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک (لغزش و سـیل) اسـتان البـرز با استفاده از مدل‌های VIKOR-AHP و FR انجام دادند. طبق نتایج نهایی حاصـل از نقشـه‌های پهنه‌بنـدی هـر یـک از مخاطرات، ۳۳/۰۹ درصد سطح استان در پهنه با خطر زیاد زمین‌لغزش و ۲۱/۲۱درصد از سـطح اسـتان در پهنـه خطـر متوسط سیل قرار دارند که شناسایی و پهنه‌بندی مناطق دارای پتانسیل خطر وقوع این گونه مخاطرات اهمیـت بسـیاری دارد. هانگ[1] و همکاران (۲۰۰۹) یک مدل اصلاح شده VIKOR برای تصمیم‌گیری بـا چنـد معیـار بـا دیـدگاه نظریـه پشیمانی موردمطالعه و بررسی قرار دادند از نتایج مثال‌ها می‌توان نتیجـه گرفـت کـه مـدل پیشـنهادی بـرای مقابلـه بـا مشکلات واقع بینانه MCDM نسبت به مدل‌های VIKOR و پشیمانی مناسب‌تر است.

محدوده موردمطالعه به دلیل قرارگیری در میان کمربند چین خوردهٔ زاگرس، دارای گسل‌های فعال اسـت و علـاوه بر آن با سازندهای حساس به زمین‌لرزه هم مواجه است. این عوامل سبب شـدند کـه ایـن محـدوده در گسـترهٔ آینـدهٔ خود در برخی مناطق با خطر بالای زمین‌لرزه مواجه باشد که در صورت وقوع زمین‌لرزه، ناپایـداری‌هـای زمین‌شناسـی و ژئومورفولوژیکی نظیر زمین‌لغزش‌ها، ریزش‌ها و بهمن‌های سنگی، جریان‌های واریزه‌ای و گل روانه‌ها، فرونشسـت زمین و ایجاد فروچاله ها و ... ایجاد می‌شود که می‌تواند خسارات مضاعفی حتی به مراتـب بیشـتر از خـود زمین‌لـرزه ایجاد کنند؛ بنابراین مطالعه و بررسی علمی و شناسایی دقیق این ناپایداری‌ها ضرورت پیدا می‌کند تا با مطالعـه آن‌هـا از ساخت و سازهای غیر اصولی و احـداث تاسیسـات راه سـازی، سـاختمان سـازی، سـد سـازی و ... در ایـن منـاطق جلوگیری به عمل آید.

۲- مواد و روش‌ها

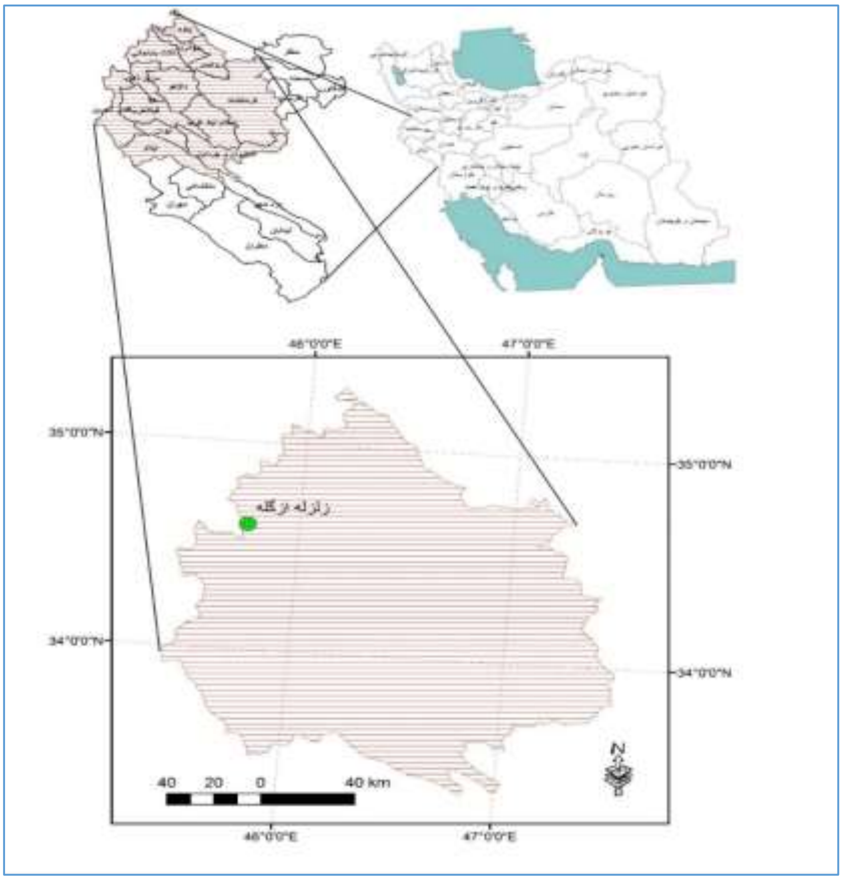
۲-۱- منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه در غـرب کشـور ایـران و در محـدوده دو اسـتان کرمانشـاه و ایلـام (محـدوده‌ای کـه بیشـترین خسارات و گسترده‌ترین ناپایداری‌ها در آن اتفاق افتاده اسـت) بـا وسـعتی معـادل بـا ٢٤,٤١٦ کیلومترمربـع قـرار دارد

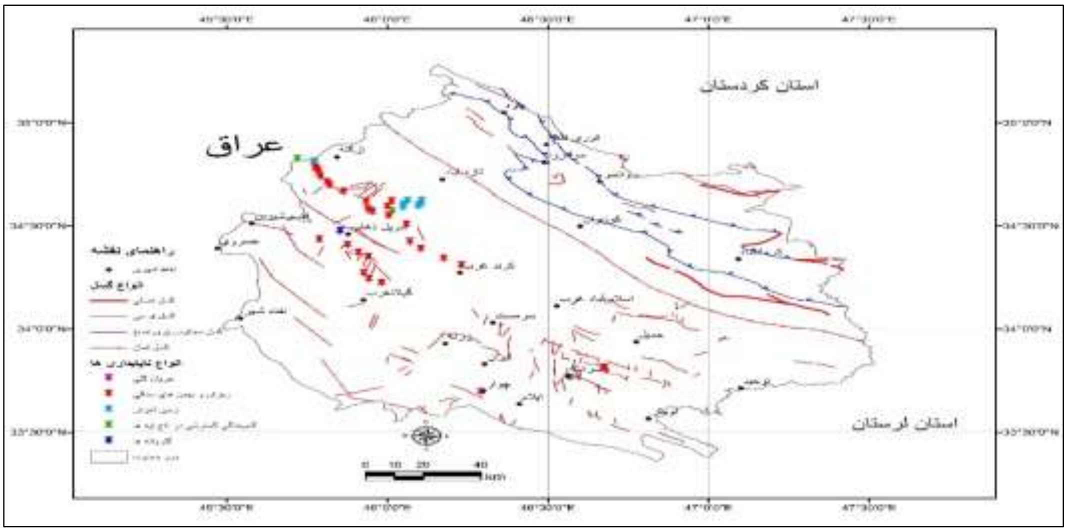
1 Huang et al

(شکل ۱). زمین‌لرزه ۲۱ آبان ۹٦ ازگله یکی از بزرگ‌ترین زمین‌لرزه‌های کشور محسوب می‌شود که بزرگای این زمین‌لرزه ۷/۳ درجه در مقیاس ریشتر بوده است. شبکه لرزه نگاری کشوری وابسته به موسسه ژئوفیریک دانشگاه تهران باتوجه به استفاده از ایستگاه‌های محلی به‌ویژه قرائت‌های فاز سه ایستگاه واقع در کشور عراق کانون زمین‌لرزه را در مختصات جغرافیایی ۳٤ درجه ٤٦ دقیقه و ۱۲ ثانیه عرض شمالی و ٤٥ درجه ٤٥ دقیقه و ۳٤ ثانیه طول شرقی گزارش کرد. بر اساس آخرین مکان یابی صورت گرفته، عمق کانون زمین‌لرزه حدود ۱۸ کیلومتر برآورد شده است. مطابق مدل اولیه تهیه شده توسط موسسه GSI کشور ژاپن و بر پایه تحلیل داده‌های InSAR میزان جابجایی بیشینه زمین حدود ۹۰ سانتیمتر به بالا و حدود ۵۰ سانتیمتر به طرف غرب در فاصله ۲۰ کیلومتری شمال غرب شهر سرپل ذهاب مشاهده گردید. تلفات جانی این زلزله ٤٤٤ نفر کشته و بالغ بر ۷۰۰۰ نفر مجروح و بیشترین تلفات انسانی از شهر سرپل ذهاب و روستای کوئیک می‌باشد (Solaymani Azad et al., 2017). گسل‌های اصلی زاگرس در منطقه وقوع زمین‌لرزه عبارتند از: ۱- گسل زاگرس مرتفع (HZF)[1] که این گسل کمربند زاگرس رورانده در شمال شرق را از کمربند زاگرس چین خورده در جنوب غرب جدا می‌سازد. ۲- گسل جبهه کوهستان (MFF)[2] که کمربند زاگرس چین خورده را از برونزدهای آهکی سازند آسماری در جنوب و جنوب غرب جدا می‌کند. این گسل یک گسل رانده کور یا به عبارتی گسلی که به سطوح زمین نمی‌رسد می‌باشد. علاوه بر این دو گسل، گسل معکوس اصلی زاگرس (MZRF)[3] و گسل اصلی جوان زاگرس (MRF)[4] نیز در منطقه وجود دارند (شکل ۲). با توجه به پردازش داده‌های رقومی ماهواره‌ای و شناسایی دقیق گسل‌ها منطقه زلزله زده، دو گسلی که مسبّب زمین‌لرزه غرب کشور بودند شناسایی شدند. گسل اول (F1) که گسل ازگله نامیده شده است، گسلی است با راستای تقریباً شمالی–جنوبی، به طول بیش از ٦ کیلومتر و از نوع راندگی با شیب کم به سمت شرق که مسبب اصلی این زلزله بوده است. در اثر جابجایی این گسل، گسل دوم (F2) در راستای شرقی–غربی و طول کمتر از ٤٥ کیلومتر دچار جابجایی شده است (صفایی، ۱۳۹٦).

1 High Zagros Fault
2 Mountain Front Fault
3 Main Reverse Zagros Fault
4 Main Reverse Fault



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه و کانون زمین‌لرزه



شکل ۲- نقشه گسل‌ها و ناپایداری‌های منطقه موردمطالعه و کانون اصلی زلزله ازگله (منبع: نقشه‌های زمین‌شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ کرمانشاه-قصرشیرین-باینگان-ایلام)

۲-۲-روش انجام پژوهش

به‌منظور پایش و بررسی پدیده‌های ژئومورفولوژیکی مـرتبط بـا زلزلـه سـرپل ذهـاب، بازدیـدهایی را در چنـدین مرحله از مناطق آسیب دیده انجام می‌گیرد. همچنین برخی مستندات موجود و گزارشات منتشر شده و منـابع رسـانه‌ای نیز در این بازه زمانی مورد بررسی قرار می‌گیرد. با توجه به ماهیت موضوع، روش تحقیق به صورت اسـتنادی، تجربـی و مشاهدات میدانی و توصیفی- تحلیلی است. داده‌های مورد نیاز به شیوهٔ کتابخانه‌ای جمع آوری می‌شـود. روش‌هـای گردآوری اطلاعات در این تحقیق شامل مطالعه کتابخانه‌ای، گزارش‌های صورت گرفته توسط پژوهشـگاه بـین المللـی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، موسسه لرزه‌نگاری کشوری وابسته به موسسه ژئوفیزیـک دانشـگاه تهـران، مشـاهدات و بازدیدهای میدانی. همچنین ابزارهای گردآوری اطلاعات نقشه‌های توپـوگرافی، نقشـه‌های زمین‌شناسـی و لرزه‌خیـزی، شیب سنج، GPS و پرسشنامه‌های تهیه شده توسط بنیاد مسکن، مسکن و شهرسازی و ....

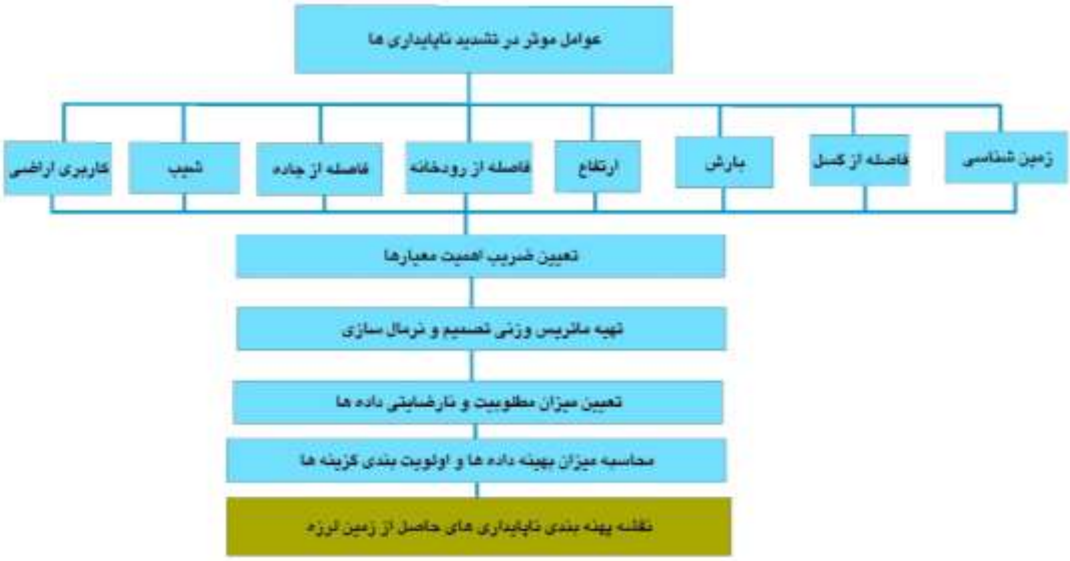
روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره به دو دسته تصمیم‌گیری چند هدفـه[1] و تصـمیم‌گیری چنـد شاخصـه تقسـیم می‌شوند. هـدف از تصـمیم‌گیری انتخـاب بهتـرین گزینـه یـا وزن دهـی بـه عوامـل تصـمیم‌گیری اسـت. هـر روش تصمیم‌گیری وظیفه خاصی دارد یکی هدف وزن دهی به معیارها، یکی هدفش رتبـه‌بنـدی گزینـه‌ها و دیگـری هـدف ارزیابی معیارها می‌باشد؛ که در اینجا به بررسی یک مورد از پرکاربردترین روش‌های تصـمیم‌گیری چنـد شاخصـه بـه نام " مدل ویکور" خواهیم پرداخت. این مدل یک مدل جبرانی از نوع سازشی است.

مدل ویکور (VIKORE)[2]

روش تصمیم‌گیری چند معیاره **ویکور** یکی از مـدل‌های تصـمیم‌گیری چنـدمعیاره بـرای انتخـاب بهتـرین گزینـه است. این مدل توسط اپریکویک به سال ۱۹۸٤ ارائه شد. تکنیک ویکور یک روش سازشی است و بـه تصـمیم‌گیـری پیرامون گزینه‌ها براساس معیارهای مختلف کمک می‌کنـد. منظـور از جـواب سازشـی نزدیکتـرین جـواب موجـه بـه جواب ایده آل است. کلمه سازش به یک توافق متقابل اطلاق می‌گردد. روش ویکـور از طریـق ارزیـابی گزینـه‌ها بـر اساس معیارها، گزینه‌ها را اولویت بندی یا رتبه بندی می‌کند. در تکنیک ویکـور معیارهـا وزن دهـی نمـی‌شـوند بلکـه معیارها از طریق روش‌های دیگر ارزیابی می‌شود و سپس گزینه‌ها بر اساس معیارهـا و بـا ترکیـب در ارزش معیارهـا، ارزیابی شده و رتبه بندی می‌شوند. در این مدل همواره چند گزینه مختلف وجود دارد که این گزینه‌ها بر اسـاس چنـد معیار به صورت مستقل ارزیابی می‌شوند و در نهایت گزینه‌ها بر اساس ارزش، رتبـه بنـدی مـی‌گردنـد. مراحـل روش ویکور به صورت خلاصه عبارت از:

1 Multi-Purpose Decision Making
2 Vlse Kriterijumsk Optimizacija Kompromisno Resenje

۱- تشکیل ماتریس تصمیم ۲- تعیین بردار وزن معیارها (به کمک یکی از روش‌های تصمیم‌گیری مانند AHP، نظر خبرگان و ...) ۳ - تعیین نقطه ایده آل مثبت و ایده آل منفی ٤- محاسبه مقدار مطلوبیت (Si) و مقدار تأسف (Ri) برای هر راهکار ٥- محاسبه شاخص ویکور (Qi) برای هر راهکار ٦- مرتب کردن راهکارها بر اساس مقادیر Si، Ri و Qi ۷- پیشنهاد راهکار سازشی با توجه به دو شرط: ۱) مزیت قابل قبول: به این معناست راهکار سازشی می‌بایست با راهکار بعدی خود تفاوت قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. ۲) ثبات قابل قبول در تصمیم‌گیری: به این معناست که راهکار سازشی انتخاب شده باید حداکثر مطلوبیت گروهی و حداقل تأثر فردی را داشته باشد. در صورتی که شرایط بالا برای راهکار سازشی بر قرار نباشد به جای یک راهکار یک مجموعه راهکار سازشی ارائه می‌شود (شکل ۳).



شکل ۲- نمودار روش مطالعاتی انجام گرفته برای رسیدن به نقشهٔ پهنه‌بندی ناپایداری‌ها

۳- نتایج و بحث

پس از تهیهٔ معیارهای انتخابی، ضریب اهمیت معیارهای مذکور از نقطه نظر درجه اهمیت در ناپایداری‌ها، به کمک الگوریتم تحلیل سلسله مراتبی AHP تعیین می‌گردد (جدول ۱).

جدول ۱- ضریب اهمیت معیارهای مؤثر در تشدید ناپایداری‌های منطقه مطالعاتی

عامل	زمین شناسی	فاصله از گسل	شیب	ارتفاع	منابع آب	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	کاربری اراضی
امتیاز	۰/۲۳	۰/۲۲	۰/۱٥	۰/۱۱	۰/۰۸	۰/۰٦	۰/۰٤	۰/۰۳

به‌منظور وزن دهی گزینه‌ها بر اساس نقش هر معیار در گزینهٔ مورد نظر (نقش هر عامل مـؤثر در ناپایـداری‌هـا)، از بازهٔ وزن‌دهی قطعی یک تا ده استفاده شده است؛ به گونه‌ای که وزن ۱ کمترین تأثیر و ۱۰ بالـاترین تـأثیر را در تشـدید ناپایداری‌ها نشان می‌دهد. پس از تعیین ضریب اهمیت معیارها، ماتریس تصمیم اوزان بـرای انجـام الگـوریتم ویکـور، براساس رابطهٔ (۱) تهیه شد. همانطور که مشخص است، هشت معیار در ارزیابی هفت گزینه نقـش دارنـد کـه معـرف ناحیه‌ها منطقهٔ مطالعاتی هستند.

مرحله اول: تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

در این بخش هر یک از نواحی بر اساس معیارهای مختلف ارزیابی می‌شود. مزیـت مـدل ویکـور ایـن اسـت کـه ارزیابی همه معیارها به بررسی کارشناسی نیاز ندارد بلکه می‌توان از داده‌های خام اسـتفاده مـی‌کـرد. تشـکیل مـاتریس تصمیم‌گیری بر اساس پارامترهای مؤثر را در منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد جدول (۲).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}}$$ رابطه (۱)

جدول ۲-تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری براساس معیارهای مؤثر در تشدید ناپایداری‌ها

معیار / مناطق	زمین شناسی	فاصله از گسل	شیب	ارتفاع	منابع آب	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	کاربری اراضی
کرمانشاه	٦	٦	٨	٥	٥	٥	٥	٥
جوانرود	٤	٥	٦	٥	٦	٦	٦	٦
ایلام	٨	٣	٥	٧	٤	٤	٤	٤
سرپل ذهاب	٥	٦	٧	٦	٨	٨	٨	٨
دالاهو	٦	٤	٢	٥	٧	٧	٧	٧
اسلام آباد غرب	٩	٥	٣	٤	٥	٥	٥	٥
گیلانغرب	٧	٢	٦	٦	٤	٤	٤	٤

مرحله دوم: نرمال کردن ماتریس تصمیم‌گیری

پس از انجام وزن دهی و تهیهٔ ماتریس وزنی، مقادیر ماتریس با استفاده از رابطـهٔ (۲) نرمـال شـدند. مقـادیر نرمـال شده یا به گفته‌ای ماتریس وزنی نرمال شده را نشان می‌دهد جدول (۳).

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} x_{ij}^2}}$$ رابطه (۲)

ابتدا همه مقادیر ماتریس به توان ۲ رسانده و مجموع هر ستون جمع می‌گردد و سپس جذر مجموع هر ستون گرفتـه شـده و در نهایت هر یک مقادیر بر جذر به دست آمده تقسیم می‌گردد (جدول ۳).

جدول ۳- نرمال سازی ماتریس تصمیم‌گیری گزینه‌ها (مرحله اول)

معیار / مناطق	زمین شناسی	فاصله از گسل	شیب	ارتفاع	منابع آب	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	کاربری اراضی
کرمانشاه	۳٦	۳٦	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
جوانرود	۱٦	۲۵	۳٦	۲۵	۳٦	۳٦	۳٦	۳٦
ایلام	٦٤	۹	۲۵	٤۹	۱٦	۱٦	۱٦	۱٦
سرپل ذهاب	۲۵	۳٦	٤۹	۳٦	٦٤	٦٤	٦٤	٦٤
دالاهو	۳٦	۱٦	٤	۲۵	٤۹	٤۹	٤۹	٤۹
اسلام آباد غرب	۸۱	۲۵	۹	۱٦	۲۵	۲۵	۲۵	۲۵
گیلانغرب	۳۰۷	۱۵۱	۲۲۳	۲۱۲	۲۳۱	۲۳۱	۲۳۱	۲۳۱
جمع	٤۹	٤	۳٦	۳٦	۱٦	۱٦	۱٦	۱٦

در مرحلهٔ بعد عدد هر ماتریس را تقسیم بر مجذور مجموع هر ستون کرده و در جدول (٤) نوشته می‌شود.

جدول ٤- نرمال سازی ماتریس تصمیم‌گیری گزینه‌ها (مرحله دوم)

معیار / مناطق	زمین شناسی	فاصله از گسل	شیب	ارتفاع	منابع آب	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	کاربری اراضی
کرمانشاه	۰/۳٤۲	۰/٤۸۸	۰/۵۳٦	۰/۳٤۳	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹
جوانرود	۰/۲۲۸	۰/٤۰۷	۰/٤۰۲	۰/۳٤۳	۰/۳۹۵	۰/۳۹۵	۰/۳۹۵	۰/۳۹۵
ایلام	۰/٤۵۷	۰/۲٤٤	۰/۳۳۵	۰/٤۸۱	۰/۲٦۳	۰/۲٦۳	۰/۲٦۳	۰/۲٦۳
سرپل ذهاب	۰/۲۸۵	۰/٤۸۸	۰/٤٦۹	۰/٤۱۲	۰/۵۲٦	۰/۵۲٦	۰/۵۲٦	۰/۵۲٦
دالاهو	۰/۳٤۲	۰/۳۲٦	۰/۱۳٤	۰/۳٤۳	۰/٤٦۱	۰/٤٦۱	۰/٤٦۱	۰/٤٦۱
اسلام آباد غرب	۰/۵۱٤	۰/٤۰۷	۰/۲۰۱	۰/۲۷۵	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹	۰/۳۲۹
گیلانغرب	۰/٤۰۰	۰/۱٦۳	۰/٤۰۲	۰/٤۱۲	۰/۲٦۳	۰/۲٦۳	۰/۲٦۳	۰/۲٦۳

مرحله سوم: وزن دار کردن ماتریس نرمال

بعد از نرمال سازی و تهیهٔ ماتریس نرمال وزنی، برای بدست آوردن مقادیر سودمندی و پشیمانی بر اساس الگوریتم بهینه سازی ویکور، مراحل زیر روی ماتریس وزنی نرمال انجام گرفت. جهت وزن دار کردن، مقادیر ماتریس نرمال هر یک از گزینه‌ها بر وزن معیارها (که قبلاً از روش‌های دیگر به دست آمده بود) ضرب می‌گردد (جدول ۵).

جدول ٥- وزن دار کردن ماتریس تصمیم‌گیری گزینه‌ها

معیار / مناطق	زمین شناسی	فاصله از گسل	شیب	ارتفاع	منابع آب	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	کاربری اراضی
a_{ij}	٠/٢٩	٠/٢٠	٠/١٦	٠/١٠	٠/٠٨	٠/٠٦	٠/٠٥	٠/٠٤
کرمانشاه	٠/٠٦٢	٠/١٠٧	٠/٠٥٤	٠/٠٨٦	٠/٠٨٢	٠/٤١١	٠/٧٤٠	١/٠٦٩
جوانرود	٠/٠٤١	٠/٠٩٠	٠/٠٤٠	٠/٠٨٦	٠/٠٩٩	٠/٤٩٣	٠/٨٨٨	١/٢٨٣
ایلام	٠/٠٨٢	٠/٠٥٤	٠/٠٣٣	٠/١٢٠	٠/٠٦٦	٠/٠٣٢٩	٠/٥٩٢	٠/٨٥٥
سرپل ذهاب	٠/٠٥١	٠/١٠٧	٠/٠٤٧	٠/١٠٣	٠/١٣٢	٠/٦٥٨	١/١٨٤	١/٧١١
دالاهو	٠/٠٦٢	٠/٠٧٢	٠/٠١٣	٠/٠٨٦	٠/١١٥	٠/٥٧٦	١/٠٣٦	١/٤٩٧
اسلام آباد غرب	٠/٠٩٢	٠/٠٩٠	٠/٠٢٠	٠/٠٦٩	٠/٠٨٢	٠/٤١١	٠/٧٤٠	١/٠٦٩
گیلانغرب	٠/٠٧٢	٠/٠٣٦	٠/٠٤٠	٠/١٠٣	٠/٠٦٦	٠/٣٢٩	٠/٥٩٢	٠/٨٥٥

مرحله چهارم: تعیین مقادیر بالاترین و پایین‌ترین ارزش ماتریس نرمال وزنی

بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین عدد هر ستون تعیین می‌گردد. در اینجا منظور از بزرگ‌ترین عدد، یعنی عددی که بیشترین ارزش مثبت را داراست و کوچک‌ترین، یعنی بیشترین ارزش منفی. پس اگر معیار ما از نوع منفی باشد، بزرگ‌ترین عدد برعکس می‌شود یعنی می‌شود کمترین مقدار و کوچک‌ترین می‌شود بیشترین مقدار و بالعکس جدول (٦). رابطه (٣)

$$f_i^* = \max_j f_{ij}\,; \quad f_i^- = \min_j f_{ij}$$

جدول ٦- بیشترین و کمترین مقادیر نرمال شدهٔ هر یک از معیارها

معیار	زمین شناسی	فاصله از گسل	شیب	ارتفاع	منابع آب	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	کاربری اراضی
f max	٠/٠٩٢	٠/١٠٧	٠/٠٥٤	٠/١٢٠	٠/١٣٢	٠/٦٥٨	١/١٨٤	١/٧١١
f min	٠/٠٤١	٠/٠٣٦	٠/٠١٣	٠/٠٦٩	٠/٠٦٦	٠/٣٢٩	٠/٥٩٢	٠/٨٥٥
$fi^{-}-fj^{*}$	٠/٠٥١	٠/٠٧٢	٠/٠٤٠	٠/٠٥٢	٠/٠٦٦	٠/٣٢٩	٠/٥٩٢	٠/٨٥٥

مرحله پنجم: تعیین شاخص مطلوبیت (S) و شاخص نارضایتی (R)

دراین مرحله با توجه به مقادیر مثبت و منفی محاسبه شده در مرحلهٔ قبل، فاصلهٔ هر گزینه از راه حل ایده آل و سپس حاصل جمع آن‌ها برای ارزش نهایی براساس رابطه ٤ محاسبه شد. به بیانی دراین مرحله مطلوبیت[1] و

1 Utility measure

نارضایتی[1] حاصل ازانتخاب یک گزینه، به منزلۀ رتبۀ برتر محاسبه می‌شود. مقادیرحـداقل بـرای هـر دو مقـدار معـرف کمترین فاصله از راه حل ایده آل (گزینه برتر) است که کمترین پشیمانی و بیشترین سودمندی را به همراه دارد.

$$S_j = \sum_{i=1}^{n} w_i \cdot \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-}; \qquad R_j = \max_i \left[w_i \cdot \frac{f_i^* - f_{ij}}{f_i^* - f_i^-} \right]$$

رابطه ٤:

f^* = بزرگ‌ترین عدد ماتریس نرمال وزنی برای هر سـتون fij = عـدد گزینـه مـورد نظـر بـرای هـر معیـار در ماتریس نرمال وزنی f^- = کوچک‌ترین عدد ماتریس نرمال زونی برای هر ستون W = ضریب AHP

طبیعتاً برای گزینه به ازای هر معیار یک شاخص مطلوبیت به دست می‌آید کـه مجمـوع آن‌هـا شـاخص نهـایی Sj گزینه را مشخص می‌کند. بزرگ‌ترین Sj هر گزینه به ازای هر معیـار، شـاخص نارضـایتی (Rj) آن گزینـه مـی‌باشـد. برترین و بدترین رتبه براساس ارزش Sj و Rj به دست می‌آید (جدول ۷).

جدول ۷- شاخص مطلوبیت (Sj) و شاخص نارضایتی (Rj)

معیار / مناطق	زمین شناسی	فاصله از گسل	شیب	ارتفاع	منابع آب	فاصله از رودخانه	فاصله از جاده	کاربری اراضی	Sj	Rj
a_{ij}	۰/۲۹	۰/۲۰	۰/۱٦	۰/۱۰	۰/۰۸	۰/۰٦	۰/۰۵	۰/۰٤	–	–
کرمانشاه	۰/۱۰۸	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۱٦۷	۰/۱۸۸	۰/۹۳۸	۱/٦۸۸	۲/٤۳۸	۵/۵۲۵	۲/٤۳۸
جوانرود	۰/۱۸۰	۰/۰۵۵	۰/۰۳۳	۰/۱٦۷	۰/۱۲۵	۰/٦۲۵	۱/۱۲۵	۱/٦۲۵	۳/۹۳۵	۱/٦۲۵
ایلام	۰/۰۳٦	۰/۱٦۵	۰/۰۵۰	۰/۰۰۰	۰/۲۵۰	۰/۲۵۰	۲/۲۵۰	۰/۲۵۰	۷/۲۵۱	۳/۲۵۰
سرپل ذهاب	۰/۱٤٤	۰/۰۰۰	۰/۰۱۷	۰/۰۸۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۲٤٤	۰/۱٤٤
دالاهو	۰/۱۰۸	۰/۱۱۰	۰/۱۰۰	۰/۱٦۷	۰/۰٦۳	۰/۳۱۳	۰/۵٦۳	۰/۸۱۳	۲/۲۳۵	۰/۸۱۳
اسلام آباد	۰/۰۰۰	۰/۰۵۵	۰/۰۸۳	۰/۲۵۰	۰/۱۸۸	۰/۹۳۸	۱/٦۸۸	۲/٤۳۸	۵/٦۳۸	۲/٤۳۸
گیلانغرب	۰/۰۷۲	۰/۲۲۰	۰/۰۳۳	۰/۰۸۳	۰/۲۵۰	۱/۲۵۰	۲/۲۵۰	۳/۲۵۰	۷/٤۰۹	۳/۲۵۰

مرحله ششم: محاسبه مقدار Q و رتبه بندی نهایی گزینه‌ها

درنهایت پس از محاسبۀ مقادیر سودمندی و پشیمانی شاخص ویکور (Q) برای هرگزینـه (نـواحی مطالعـاتی) بـه صورت مجزا و براساس رابطۀ (۵) محاسبه شد (جدول ۸).

$$Q_j = v \cdot \frac{S_j - S^-}{S^* - S^-} + (1-v) \cdot \frac{R_j - R^-}{R^* - R^-}$$

رابطه ۵:

1 - Regret measure

V = عدد ثابت ۰/۵؛ Sj = مجموع مقدار S برای هر گزینه؛ S^- = بزرگ‌ترین عدد شاخص S برای هر گزینه S^* = کوچک‌ترین عدد شاخص S برای هر گزینه؛ Rj = مقدار R برای هر گزینه R^- = بزرگ‌ترین عدد شاخص R برای هر گزینه؛ R^* = کوچک‌ترین عدد شاخص R برای هر گزینه

جدول ۸- مقادیر شاخص ویکور در نواحی منطقه مطالعاتی

مناطق	کرمانشاه	جوانرود	ایلام	سرپل ذهاب	دالاهو	اسلام آباد غرب	گیلانغرب
مقدار Q	۰/۲٦۲	۰/۵۰٤	۰/۰۱۱	۰/۲۸۹	۰/۰۷٤	۰/۰۳۳	۰/۰۰۰

در این مرحله بر اساس مقادیر Q محاسبه شده در گام قبل، گزینه‌ها رتبه بندی و تصمیم بهینه در ارتباط با انتخاب گزینه برتر (حساسیت پذیری بالاتر به زمین‌لغزش) انجام گرفت؛ به‌گونه‌ای که در این مرحله مقادیر S، R و Q در سه گروه برای هر گزینه تعیین و مشخص شد. درنهایت گزینه‌های که در هر سه گروه مناسب شناخته شد، با عنوان گزینه برتر انتخاب شد (جدول ۹).

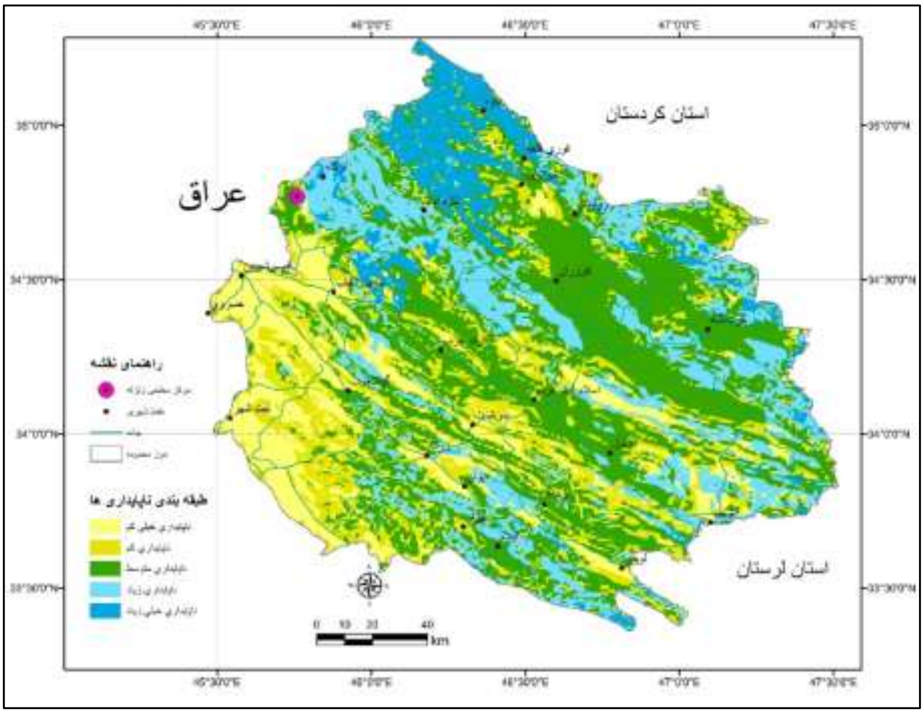
جدول ۹- رتبه بندی مقادیر Q، R و S برای هر یک از مناطق (نواحی) مطالعاتی

مناطق (نواحی)	شاخص مطلوبیت (Sj)	رتبه	شاخص نارضایتی (Rj)	رتبه	شاخص ویکور (Q)	رتبه
کرمانشاه	۵/۵۲۵	٤	۲/٤۳۸	۲	۰/۲٦۲	٤
جوانرود	۳/۹۳۵	۵	۱/٦۲۵	۳	۰/۵۰٤	۳
ایلام	۷/۲۵۱	۲	۳/۲۵۰	۱	۰/۰۱۱	٦
سرپل ذهاب	۰/۲٤٤	۷	۰/۱٤٤	۵	۱/۰۰۰	۱
دالاهو	۲/۲۳۵	٦	۰/۸۱۳	٤	۰/۷۵۳	۲
اسلام آباد غرب	۵/٦۳۸	۳	۲/٤۳۸	۲	۰/۲۵٤	۵
گیلانغرب	۷/٤۰۹	۱	۳/۲۵۰	۱	۰/۰۰۰	۷

پس از تعیین رتبۀ Q و دسته بندی مقادیر R و S برای تهیۀ نقشۀ پهنه‌بندی ناپایداری‌ها در منطقه مطالعاتی بر پایۀ مقادیر شاخص بهینه سازی ویکور (Q)، مناطق در ۵ کلاس کیفی (بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) طبقه‌بندی شدند (جدول ۱۰). در نهایت بر اساس طبقات حساسیت و مقادیر کمّی Q، نقشۀ پهنه‌بندی ناپایداری‌های ژئوموفولوژیکی منطقۀ مطالعاتی در محیط GIS تهیه گردید (شکل ٤).

جدول ۱۰- کلاس بندی کمّی وکیفی درجه ناپایداری

مقدار کمی ویکور (Q)	کلاس (طبقه)	درجه ناپایداری
> ۰/۸	I	بسیار کم
۰/۶ – ۰/۸	II	کم
۰/۴–۰/۶	III	متوسط
۰/۲–۰/۴	V	زیاد
<۰/۲	IV	خیلی زیاد



شکل ٤- نقشه پهنه‌بندی ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی منطقه با استفاده از روش ویکور

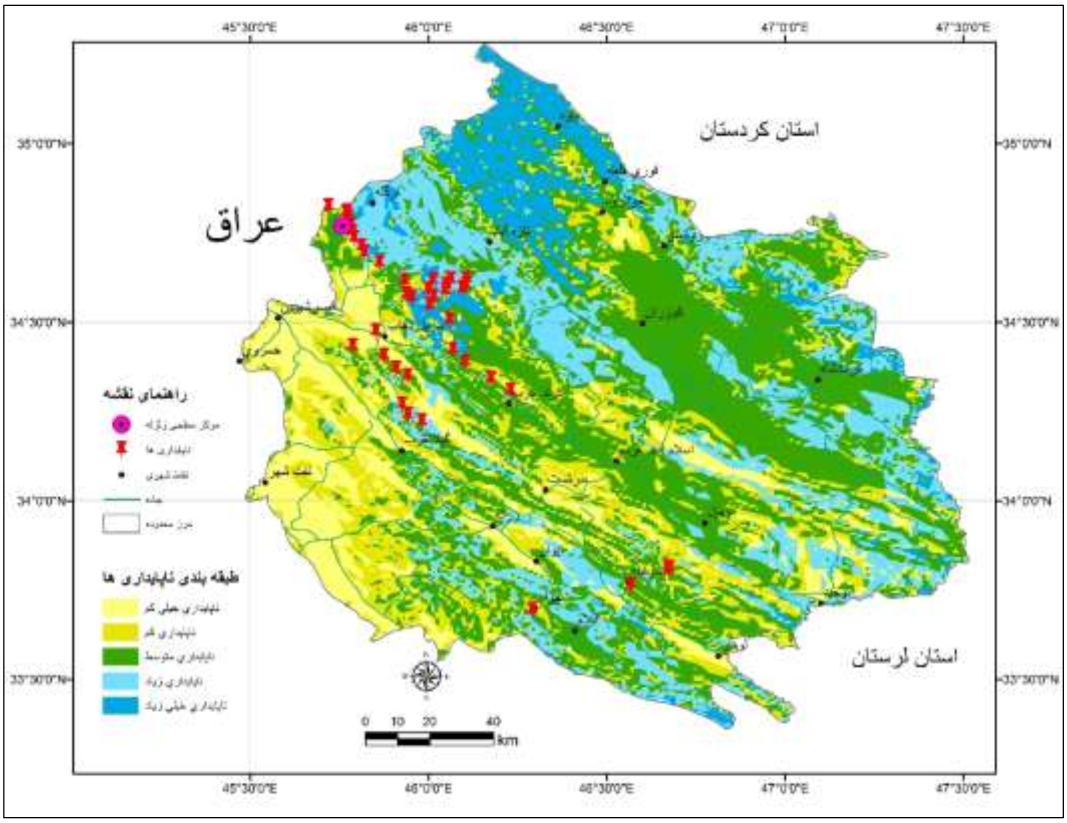
جدول ۱۱- مساحت و درصد پهنه‌های ناپایداری‌ها

مساحت پهنه (درصد)	مساحت پهنه (هکتار)	طبقهٔ ناپایداری	ردیف
۱۵/۲۹	۳۵۵۱	ناپایداری خیلی کم	۱
۱۸/۵۳	٤۳۰۳	ناپایداری کم	۲
۳۸/۷۰	۸۹۸۹	ناپایداری متوسط	۳
۱۹/۳۰	٤٤۸۲	ناپایداری زیاد	٤
۸/۱۸	۱۹۰۰	ناپایداری خیلی زیاد	۵
۱۰۰	۲۳۲۲۵	مجموع	

٤-۱- صحت سنجی نقشه پهنه‌بندی ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی منطقه

پس از تهیه نقشه پهنه‌بندی ناپایداری‌های حاصـل از زمین‌لـرزه بـا اسـتفاده از روش ویکـور، بـه‌منظور مـدیریت و برنامه‌ریزی بهتر مناطق آسیب دیده اقدام به انطباق نقشه پهنه‌بنـدی بـا نقشـه توزیـع ناپایـداری‌هـای ژئومورفولـوژیکی شاخص در اثر زمین‌لرزه گردید. نتایج این انطباق بیانگر این است که بیشتر ناپایداری‌ها ازجمله زمین‌لغزش‌هـا، سـقوط و ریزش سنگها در پهنهٔ خطر متوسط، پهنهٔ خطر زیاد و خیلی زیاد قرار دارند. نتایج انطباق پهنـه‌های خطـر در جـدول (۱۲) نشان داده شده است.

بنابراین از انطباق و همخوانی این دو نقشه می‌توان به صحت نقشه حاصله پی برد و همچنـین مشـخص شـد کـه مدل ویکور مورد استفاده در این پژوهش روش کاملاً مناسبی جهت پهنه‌بندی ناپایداری‌هـای ژئومورفولـوزیکی منطقـه موردمطالعه می‌باشد (شکل ٥).



شکل ٥- تطبیق نقشه‌های پهنه‌بندی با توزیع ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی منطقه مطالعاتی

بیش از ۱۸ مورد سقوط و ریزش سنگ‌ها، ۳ مورد زمین‌لغزش از نوع صفحه‌ای ازجملـه زمین‌لغـزش ملـه کبـود-قورچی باشی، پهنه لغزشی شمال داالهو (زمین‌لغزش پاالن علیا) و سنگ لغزش پاسگاه دار زنگنه در طبقـات ناپایـداری زیاد و خیلی زیاد اتفاق افتاده است.

جدول ۱۲- انطباق شاخص‌ترین اشکال ناپایداری با پهنه‌های ناپایدار در منطقه مطالعاتی

نوع ناپایداری	جریان مواد و گل	انواع زمین‌لغزش‌ها	گسیختگی تاج تپه‌ها	روانگرائی	سقوط و ریزش سنگها
درجه ناپایداری	**Debride and Mud Flow**	**Different Types of Sliding**	**Hills Crest Spreading**	**Liquefaction**	**falls/Rock Avalanches**
ناپایداری خیلی کم	۱	۰	۰	۱	۰
ناپایداری کم	۰	۰	۱	۰	۳
ناپایداری متوسط	۰	٤	۱	۰	۵
ناپایداری زیاد	۰	۲	۱	۰	۱۰
ناپایداری خیلی زیاد	۰	۱	۰	۰	۸
مجموع	۱	۸	۳	۱	۲۵

الف) گل روانه شهر چوار در استان ایلام

ب) زمین‌لغزش مله کبود-قورچی باشی

پ) ریزش سنگی دره بابایادگار

ت) شکاف‌های عرضی عمیق مله کبود-قورچی باشی

ث) گسیختگی تاج تپه‌ها جنوب شرق پاسگاه دارزنگنه

ج) ریزش سنگی دره بابایادگار

٤- جمع‌بندی

نتایج تحقیق نشان داد که از بین عوامل مؤثر در وقوع ناپایداری‌ها، عوامل زمین‌شناسی، فاصله از گسل و شیب به ترتیب با ۰/۲۳، ۰/۲۲ و ۰/۱۵ امتیاز بیشترین تأثیر و عوامل خاک و کاربری اراضی هر دو با ۰/۰۳ امتیاز کمترین تأثیر در ایجاد ناپایداری‌های منطقه را دارا هستند.

پس از تهیه نقشه پهنه‌بندی ناپایداری‌های حاصل از زمین‌لرزه با استفاده از روش ویکور، به‌منظور مدیریت و برنامه‌ریزی بهتر منطق آسیب دیده اقدام به انطباق نقشه پهنه‌بندی با نقشه توزیع ناپایداری‌های ژئومورفولوژیکی شاخص در اثر زمین‌لرزه گردید. نتایج بیانگر این است که بیشتر ناپایداری‌ها ازجمله زمین‌لغزش‌ها، سقوط و ریزش سنگها در پهنه خطر متوسط، پهنه خطر زیاد و خیلی زیاد قرار دارند.

بر اساس مدل ویکور با افزایش مقدار شاخص ویکور (Q)، توان و استعداد و یا به عبارتی حساسیت به ناپایداری کاهش می‌یابد و بالعکس با کاهش مقدار شاخص ویکور (Q)، توان و استعداد و یا به عبارتی حساسیت به ناپایداری افزایش پیدا می‌کند؛ بنابراین نواحی سرپل ذهاب، دالاهو و جوانرود با کمترین مقدار Q دارای بیشترین میزان آسیب‌پذیری به ناپایداری‌ها و نواحی گیلانغرب، ایلام و اسلام آباد غرب با بیشترین مقدار Q دارای کمترین میزان آسیب‌پذیری به ناپایداری‌ها هستند. از نظر طبقه‌بندی کمّی وکیفی درجه ناپایداری، نواحی سرپل ذهاب و دالاهو در طبقه ناپایداری خیلی زیاد، نواحی جوانرود و کرمانشاه در طبقه ناپایداری زیاد، ناحیه اسلام آباد در طبقه ناپایداری متوسط، ناحیه ایلام در طبقه کم و ناحیه گیلانغرب در طبقه ناپایداری بسیار کم قرار گرفته‌اند.

از انطباق نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش با نقشه پراکنش زمین‌لغزش‌ها می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از روش ویکور به‌عنوان یکی از روش‌های تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره، از دقت نسبی بالایی جهت مطالعه ناپایداری‌های

ژئومورفولوژیکی مناطق برخوردار است که با نتایج تحقیقات مددی و همکاران (۱۳۹٤)، سپهر و همکاران (۱۳۹۲)، امیری و همکاران (۱۳۹۷)، حجازی و همکاران (۱۳۹۸)، بنی حبیب و چیت ساز (۱۳۹۵)، انتظاری و همکاران (۱۳۹۵) و حجازی و همکاران (۱۳۹۸) که کارایی بالای مدل ویکور در تحقیقات خود را نشان دادند، مطابقت و همخوانی دارد.

به‌عنوان نتیجه اصلی از این مدل در پهنه‌بندی می‌توان گفت که روش ویکور با بهره‌گیری از توافق و نظر جمعی دقت و قدرت زیادی داشته و در عین سادگی روابط ریاضی قویی برای تصمیم‌گیری در اختیار دارد و در موارد متنوعی از تصمیم‌گیری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

کتابنامه

اسدی، سمانه؛ رحیمی، حبیب؛ رضاپور، مهدی؛ امیری فرد، روح الله؛ ۱۳۹٦. برآورد رابطهٔ بزرگای زمین‌لرزه با استفاده از مدت دوام امواج کدا در پهنهٔ زاگرس و جنوب غربی ایران مرکزی، *نشریه فیزیک زمین و فضا*، دوره ۳٤، شماره ۱، صص ۲۲-۱۵.

اسفندیاری درآباد، فریبا؛ غفاری گیلانده، عطا؛ لطفی، خداداد؛ ۱۳۹۱. مدل‌سازی ضریب آسیب‌پذیری شهرها در برابر زلزله با استفاده از روش تاپسیس در محیط GIS (مطالعه موردی: اردبیل)، *نشریه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*، شماره ۲، صص ۷۹-٤۳.

امیری، مهدیس؛ پورقاسمی، حمیدرضا؛ عرب عامری، علیرضا؛ ۱۳۹۷. اولویت بندی سیل خیزی زیرحوضه های آبخیز مهارلو در استان فارس با استفاده از پارامترهای مورفومتریک و مدل تصمیم‌گیری VIKOR، *نشریه اکوهیدرولوژی*، دوره ۵، شماره ۳، صص ۸۲۷-۸۱۳.

انتظاری، مژگان؛ خدادادی، فاطمه؛ رستمی، اکبر؛ ۱۳۹۵. ارزیابی خطر ریسک زمین‌لغزش حوضه آبخیز طالقان رود بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی توافقی ویکور، *نشریه جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره ۱۷، صص ۳٤-۵.

بنی حبیب، محمدابراهیم؛ چیت ساز، نسترن؛ ۱۳۹۵. مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره ویکور برای ارزیابی گزینه‌های مدیریت سیلاب، *نشریه مهندسی آبیاری و آب ایران*، دوره ٦، شماره ۲۵، صص ۸۲-٦۸

حجازی، سید اسدالله؛ روستایی، شهرام؛ رنجبریان شادباد، مریم؛ ۱۳۹۸. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل ویکور در حوضه آبریز حاجیلرچای، *فصلنامه جغرافیای طبیعی*، سال ۱۲، شماره ٤٤، صص ٦۵-۵۱.

خدادادی، فاطمه؛ انتظاری، مژگان؛ ساسان پور، فرزانه؛ ۱۳۹۸. تحلیل و پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک (لغزش و سیل) استان البرز با استفاده از مدل‌های VIKOR-AHP وFR ، *نشریه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی (پژوهش‌های جغرافیایی)*، دوره ۵۱، شماره ۱، صص ۱۹۹-۱۸۳.

سپهر، عادل؛ بهنیافر، ابوالفضل؛ محمدیان، عباسعلی؛ عبدالهی، ابوالفضل؛ ۱۳۹۲. تهیه نقشه حساسیت پذیری زمین‌لغزش دامنه‌های شمالی بینالود بر پایه الگوریتم بهینه‌سازی توافقی ویکور، *نشریه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*، سال دوم. شماره ۱، ٣٦-١٩.

شریفی کیا، محمد؛ شایان، سیاوش؛ یمانی، مجتبی؛ عرب عامری، علیرضا؛ ۱۳۹۷. طبقه‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز نکارود با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS, SAW و VIKOR، *نشریه اکوهیدرولوژی*، دوره ۵، شماره ۱، صص ۸۳-٦٩.

صادقی، نوشین؛ بزی، خدارحم؛ خواجه شاهکوهی، علیرضا؛ رضایی، حامد؛ ۱۳۹٦. تحلیل و برآورد آسیب‌پذیری مساکن شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: شهر گرگان)، *نشریه آمایش جغرافیایی فضا*، دوره ۷، شماره ۲۵، صص ۸۸-۷۳.

صفاری، امیر؛ حبیبی، علیرضا؛ غریب، محمدرضا؛ ۱۳۹۲. شاخص‌های مورفوتکتونیک و زمین‌لرزه (مطالعه موردی: مناطق پرخطر استان خوزستان، *دومین کنفرانس بین المللی مخاطرات محیطی*، تهران، دانشگاه خوارزمی.

عابدینی، موسی؛ پیروزی، الناز؛ آقایاری، لیلا؛ استادی، الناز؛ ۱۳۹٦. پهنه‌بندی خطر سیلاب در شهرستان مشکین شهر با استفاده از مدل ویکور، *نشریه جغرافیایی سرزمین*، دوره ١٤، شماره ٥٦، صص ٣٤-٢١.

قهرودی تالی، منیژه؛ پورموسوی، موسی؛ خسروی، سمیه؛ ۱۳۹۱. بررسی پتانسیل تخریب لرزه‌خیزی با به‌کارگیری مدل‌های چندشاخصه (مطالعه موردی: منطقه ۱ شهر تهران)، *نشریه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*، شماره ۳، صص ٦٨-٥٧.

مددی، عقیل؛ غفاری گیلانده، عطا؛ پیروزی، الناز؛ ١٣٩٤. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل ویکور (مطالعه موردی: حوضه آبخیز آق لاقان چای)، *نشریه پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی*، شماره ٤، صص ١٤١-١٢٤.

مددی، عقیل؛ غفاری، عطا؛ پیروزی، الناز؛ ١٣٩٤. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر ریزش با استفاده از مدل VIKOR (مطالعه موردی: حوضه آبخیز آق لافان چای)، *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، شماره ٦٠، صص ٨٠-٦٣.

نصیری، علی؛ ۱۳۹۵. پهنه‌بندی خطر زمین لرزهٔ منطقه شهری ارومیه، *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال شانزدهم، شماره ٤٠، صص ١٣٠-١١٣.

Hara, T., 2007. Measurement of the duration of high-frequency energy radiation and its application to determination of the magnitudes of large shallow earthquakes. *Earth Planets Space*. .۲۳۱-۵۹/۲۲۷

Huang, J. J, Tzeng, G. H., Liu, H. H., 2009. A Revised VIKOR Model for Multiple Criteria Decision Making - The Perspective of Regret Theory, *Communications in Computer and Information Science*, 35:761-768

Jianqi. Z., Jianbing. P., Chong. X., Zhenhong. L., Yifei. C., 2018. Distribution and characteristics of loess landslides triggered by the ۱۹۲۰Haiyuan Earthquake, Northwest of China. *Geomorphology*, Volume ۳۱۴,1-12

Jun. X., Ming. W., Kai. L., Tom J. C., 2018. Modeling sediment movement and channel response to rainfall variability after a major earthquake. *Geomorphology*, Volume ۳۲۰,-۱۸ .۳۲

Khaista. R., Wajid. A., Asghar. A., Aamir. A., Adnan. B., 2017. Shallow and intermediate depth earthquakes in the Hindu Kush region across the Afghan-Pakistan border. *Journal of Asian Earth Sciences*, Volume ۱۴۸, .۲۵۳-۲۴۱

Maria. B., Burcu. B., Huifu. X., 2018. Disaster preparedness using risk-assessment methods from earthquake engineering. *European Journal of Operational Research*, Volume ۲۶۹, Issue ۲,۴۳۵-۴۲۳

Negaresh. H., Khosravi. M., 2008. The Bam Earthquake Analysis and its Geomorphological Manifestations and Evidences. *Journal of Humanities the University of Isfahan*, Vol. ۳۰, No.۲, ۲۰-۱

Palizvan, M, R., 2016. Mechanism of Quaternary faulting in west of Kermanshah and the relationship with local seismicity. Master's thesis. *Institute for Advanced Studies in Basic Sciences*, Gava Zang, Zanjan, Iran

Solaymani Azad, S., Saboor, N., Moradi, M., Ajhdari, A., Youssefi, T., Mashal, M., Roustaie, M., 2017. Preliminary report on geological investigations of the Ezgaleh-Kermanshah earthquake (M~۷/۳),۱۲, West Iran, *Website report of the Geological Survey of Iran*

Stathis. C. S., 2018. Intensities of ancient earthquakes, earthquake magnitude and soil dynamics effects. Evidence from the ۱۷۵۰Croatia earthquake. *Geodesy and Geodynamics*, In press, corrected proof, Available online

Yong. C., JiuPeng H., Fei, P., 2018. Seismological challenges in earthquake hazard reductions: reflections on the Wenchuan. *Science Bulletin*, Volume ۶۳, Issue ۱۷, ۱۱۶۶-۱۱۵۹.

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارۀ سی و هشتم، تابستان ۱۴۰۰

صص ۵۸- ۴۳

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.68903.1019

مقاله پژوهشی

مدل‌سازی و پهنه‌بندی مناطق مستعد آتش‌سوزی در جنگل‌های زاگرس با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی بر پایه رگرسیون لجستیک

مهدی حیدری[1] – دانشیار گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

سینا عطار روشن– استادیار گروه محیطزیست، مرکز تحقیقات گردوغبار خلیج‌فارس، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

الهام جافریان– کارشناس جهاد کشاورزی، استان لرستان.

محمد عبیات– کارشناس ارشد مهندسی منابع طبیعی– محیطزیست ارزیابی و آمایش سرزمین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران (خوزستان)، اهواز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۲۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۲/۱۰ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۲/۲۲

چکیده

جنگل‌ها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین منابع طبیعی تجدیدشونده، نقش مهمی در پایداری زیست‌بوم‌ها ایفا می‌نمایند. یکی از مهم‌ترین آشفتگی‌های مؤثر بر اکوسیستم‌های جنگلی زاگرس، آتش‌سوزی جنگل است؛ بنابراین شناسایی مناطق بحرانی آتش‌سوزی به‌منظور کاهش خسارات احتمالی، امری لازم و ضروری است. هدف این تحقیق، بررسی میزان تأثیر متغیرهای مؤثر در ایجاد آتش‌سوزی و تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی است. ازاین‌رو متغیرهای مؤثر بر آتش‌سوزی شامل ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت، فاصله از مناطق مسکونی، فاصله از آبراهه‌ها و فاصله از جاده برای تعیین تأثیر هریک در آتش‌سوزی، بررسی شدند. نقشه ارتفاع از سطح دریا، شیب و جهت جغرافیایی با کمک مدل رقومی ارتفاع و نقشه‌های فاصله از مناطق مسکونی و فاصله از جاده از نقشه‌های رقومی ۱/۲۵۰۰۰ تهیه شد. همچنین مناطقی که طی سال‌های ۹۰- ۹۴ در آن‌ها آتش‌سوزی رخ داده بود، با دستگاه جی‌پی‌اس برداشت گردید. در این تحقیق از روش رگرسیون لجستیک برای بررسی تأثیر عوامل مختلف در آتش‌سوزی استفاده شد. نتایج نشان داد که ارتفاع از سطح دریا، فاصله از آبراهه و درصد شیب، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در آتش‌سوزی جنگل در منطقه بودند. مدل‌سازی براساس سه متغیری که ارتباط معنی‌داری با آتش‌سوزی جنگل در منطقه داشتند و

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۸۴۲۵۴۵۸ Email: m.heidari@ilam.ac.ir

ضرایب حاصل از روش رگرسیون لجستیک، انجام شد. نتایج اعتبارسنجی مدل با ضریب تبیین نگلکرک حدود ۰/۵۰۰ و ضریب منحنی راک ۰/۷۰۱ نشان از دقت، برازش و اعتبار مناسب مدل به دست آمده داشت. همچنین نتایج نشان داد که ۸۱ درصد از مساحت منطقه در مناطق بحرانی و خطرناک قرار دارد.

کلیدواژه‌ها: آتش‌سوزی، راک، رگرسیون لجستیک، مدل‌سازی.

۱- مقدمه

جنگل‌ها، زیباترین منابع طبیعی پیرامون ما هستند و نقش مهمی را در سلامت جسمی و روانی موجودات زنده ایفا می‌کنند. سلامتی جنگل در هر محل، شاخصی از شرایط اکولوژیکی متداول در آن ناحیه است (ژانگ و چن[1]، ۲۰۰۷). در میان عوامل مخرب، آتش‌سوزی به‌عنوان یکی از عوامل اصلی تخریب اکوسیستم‌های طبیعی شناخته شده که سالانه خسارت فراوانی را به این عرصه‌ها وارد می‌سازد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۹۷). اگرچه آتش‌سوزی‌های جنگلی، جزء جدایی‌ناپذیر این بوم‌سازگان‌ها هستند، اما عدم کنترل آن‌ها ممکن است باعث خسارات اقتصادی و محیطزیستی شدیدی شود. آتش‌سوزی علاوه بر خسارت‌های اقتصادی، آلودگی‌های محیطزیستی و تأثیر بر آب‌وهوای منطقه، در از بین بردن فون و فلور و چشم‌انداز جنگل نیز تأثیر بسزایی دارد و اثرات آن در هر سطحی از اکوسیستم احساس می‌شود (اسکندری، ۱۳۹٦؛ حیدری و همکاران، ۲۰۱۲).

یکی از زمینه‌های پژوهش برای کنترل آتش‌سوزی‌های جنگل، شناسایی نقاط بحرانی آتش‌سوزی در جنگل‌های منطقه است؛ زیرا عدم شناخت کافی این نقاط باعث وقوع و گسترش آتش در جنگل، تأخیر در مهار آن و وارد آمدن صدمه به حیات جانوران و گیاهان جنگل خواهد شد (فرامرزی و همکاران، ۱۳۹۳). طی سال‌های اخیر سامانه اطلاعات جغرافیایی[2] و سنجش‌ازدور[3] امکانات و ابزارهای دقیق‌تری را در اختیار پژوهشگران قرارداده تا آتش‌سوزی در جنگل‌ها را از جنبه‌های متعدد موردمطالعه قرار دهند (زرع‌کار و همکاران، ۱۳۹۲). استفاده از مدل‌سازی با کمک روش‌های هوشمند همانند تهیه نقشه‌های خطر به‌وسیله سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند کمکی به مدیران و دست‌اندرکاران عرصه جنگل جهت برنامه‌ریزی برای کاهش فراوانی صدمات و سطوح آتش‌سوزی باشد. در این راستا مطالعاتی صورت گرفته است؛ به‌طورمثال فرامرزی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای با هدف شناسایی نقاط بحرانی و حساس به حریق در پارک ملی گلستان با استفاده از روش رگرسیون لجستیک با درنظرگرفتن پارامترهای مؤثر بر آتش‌سوزی شامل شیب، جهت، ارتفاع، کاربری، شاخص پوشش‌گیاهی نرمال شده، فاصله از جاده و روستا، حضور گردشگر، شکارچی و دامدار، دما و رطوبت نقشه خطر جنگل را تهیه کردند. درنهایت نقشه خطر به‌دست‌آمده با آتش‌سوزی ۳۰۰۰ هکتاری منطقه شارلق در شهریورماه سال ۱۳۹۲ انطباق داشت.

1 Zhang & Chen
2 Goographic Information System (GIS)
3 Remote Sensing (RS)

چوویکو و سالا[1] (١٩٩٤) بـا اسـتفاده از سـامانه اطلاعـات جغرافیـایی و تکنیـک‌هـای سـنجش‌ازدور نقشـه خطـر آتش‌سوزی را در بخشی از سواحل اسپانیا تهیه کردند. براساس نتایج آن‌ها ٢٢ درصـد در منـاطق پرخطـر قـرار گرفتـه بودند و ٤٧ درصد از مناطق در محدوده کم‌خطر واقع شده‌اند. سکر[2] و همکاران (٢٠١١) رطوبت نسـبی و بارنـدگی را با شبکه عصبی مصنوعی و مکانیزم برداری پشتیبانی موردمطالعه قرار دادند و نشان دادنـد کـه بـرای پـیش‌بینـی رفتـار آتش‌سوزی دو متغیر موردبررسی جزء متغیرهای مهم و تأثیرگذارند. اسکندری (١٣٩٢) نقشه خطر آتش‌سوزی جنگـل را در دو نقطه از جنگل‌های شمال با اسـتفاده از دو روش تحلیـل سلسـله مراتبـی فـازی و همبسـتگی اسـتفاده کـرد. فاکتورهای مورد استفاده شامل چهار معیار اصلی و هفده زیرمعیار بود. نقشه‌های پتانسیل خطر تهیـه شـده بـا دو روش تحلیل سلسله مراتبی فازی و روش همبستگی تطابق زیادی با مناطق آتش‌سوزی‌های گذشته داشته اسـت. جنگل‌هـای زاگرس، از ذخیره‌گاه‌های با ارزش گونه‌های گیاهی و جانوری هستند که هرسـاله آتش‌سـوزی‌های زیـادی به‌صـورت عمدی و غیرعمدی در آن‌ها اتفاق می‌افتد و آسیب‌های زیادی به پوشش‌گیاهی این جنگل‌ها وارد می‌کند. بـا توجـه بـه اهمیت این موضوع، مدل‌سازی وقوع آتش‌سوزی براساس عوامل تأثیرگذار، راهکـار مناسـبی بـرای پـیش‌بینـی وقـوع آتش‌سوزی در این جنگل‌ها می‌باشد. این پژوهش در بخشی از جنگل‌های زاگرس در استان ایلام انجام شده است.

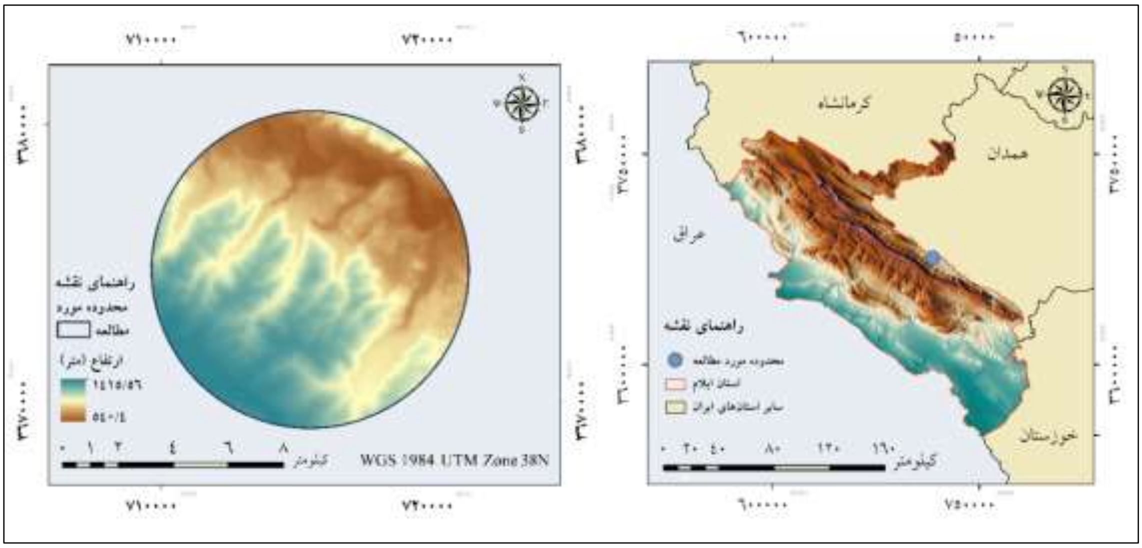
در محدوده استان ایلام، سالانه بیش از ١٠٠ مورد آتش‌سوزی جنگل می‌افتـد (آمـار آتـش‌سـوزی ٤ سـال سـازمان جنگل‌ها و مراتع کشور، ١٣٩٤)؛ بنابراین هدف پژوهش حاضر با توجـه بـه نقـش جنگـل‌هـای منطقـه در حفاظـت از آب‌وخاک و جلوگیری از فرسایش، تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگـل بـا اسـتفاده از سیسـتم اطلاعـات جغرافیـایی و روش رگرسیون لجستیک است که روشی مؤثر برای استخراج اهمیت عوامـل مـؤثر بـر بـروز و توسـعه آتـش‌سـوزی است. همچنین تعیین میزان تأثیرگذاری هر عامل در ایجاد و گسترش آتش‌سوزی در این پژوهش بررسی شده اسـت. بـا استفاده از نقشه خطر آتش‌سوزی و پهنه‌بندی این نواحی جهت تعیین میزان حساسیت مناطق مختلف بـه آتـش‌سـوزی می‌توان خطر وقوع آتش‌سوزی در نواحی با احتمال بالای آتش‌سوزی را کنترل کرد و به حفظ منـابع جنگلـی به‌وسـیله اقدامات پیشگیرانه لازم کمک کرد.

1 Chuvieco and Salas
2 Sakr

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه موردمطالعه

منطقه موردمطالعه در استان ایلام و شهرستان دره‌شهر در طول جغرافیایی ۷۱٦۲۷۵ و ۳٦٦٤۱۱٤ تا ۷۱٦۲۷۵ واقع شده است (شکل ۱). کمترین و بیشترین ارتفاع منطقه از سطح دریا به ترتیب ٥٤۰/٤ و ۱٤۱٥/٥٦ متر است. ایستگاه باران‌سنجی ایلام، آمار ۲۰ ساله بارندگی متوسط منطقه را ٦۲۱ میلی‌متر اعلام نموده است. متوسط درجه حرارت سالیانه منطقه نیز ۱۷/۱۲ درجه سانتی‌گراد است.



شکل ۱- موقعیت منطقه موردمطالعه

۲-۲- روش تحقیق

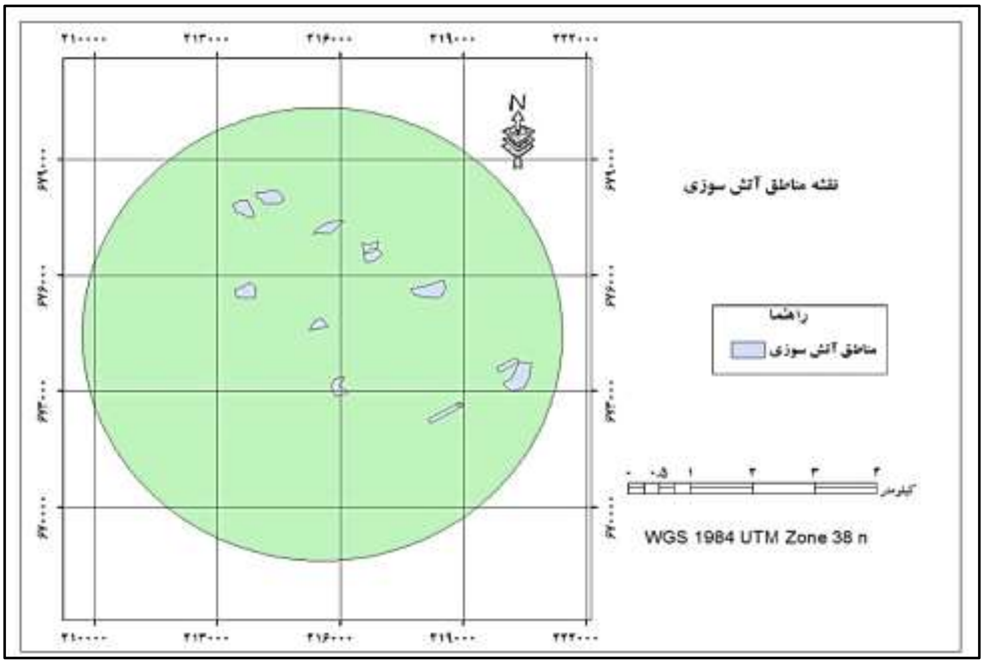
پس از بازدیدهای میدانی از منطقه، محدوده‌هایی که در آن در سال‌های ۱۳۹۱-۹٤ آتش‌سوزی اتفاق افتاده بود، به‌وسیله دستگاه جی‌پی‌اس برداشت شد. مسیرهای برداشت‌شده توسط جی‌پی‌اس به نرم‌افزار GIS منتقل و در محیط این نرم‌افزار به پلی‌گون تبدیل شدند. مساحت پلی‌گون براساس هکتار استخراج شد و بر طبق جدول ۱ و شکل ۲ مشخص شدند. سپس در ادامه محدوده بزرگ‌تری از منطقه دره‌شهر انتخاب و موردپژوهش قرار گرفت تا براساس مناطق آتش‌سوزی و مناطقی که آتش‌سوزی در آن‌ها اتفاق نیفتاده، نقشه خطر آتش‌سوزی تهیه شود. مساحت کل منطقه موردمطالعه ۱۰۷۸۰ هکتار برآورد شد. مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر روی آتش‌سوزی در جنگل، عوامل فیزیوگرافی می‌باشند که جهت ایجاد لایه‌های اطلاعاتی شناسایی شدند تا در تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی مورد استفاده

قرار گیرند. همچنین عوامل انسانی تأثیرگذار نیز شناسایی شدند تا در هرچه دقیق‌تر به دست آمدن نقشه خطر آتش‌سوزی استفاده شوند. عوامل انسانی فاصله از جاده‌ها و مناطق مسکونی هستند.

جدول ۱- مساحت مناطق آتش‌سوزی شده

شماره منطقه	۱	۲	۳	٤	٥	٦
مساحت (هکتار)	۱۲/٤	۱۷/٥	۷/۸	٥/۷	۲۳/۸	۷/۱
شماره منطقه	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
مساحت (هکتار)	۱۰/٥	۰/۸	۲۸/۹	۱٤/۲	٦/۸	۱۱/۱

نقشه مناطق آتش‌گرفته که به‌وسیله جی‌پی‌اس برداشت‌شده در شکل ۲ نمایش داده شده است، ۱۲ منطقه در محدوده موردمطالعه واقع بودند. مساحت مناطق آتش‌سوزی شده در جدول ۱ ارائه شده است.



شکل ۲- مناطق دچار آتش‌سوزی در منطقه موردمطالعه

در راستای اهداف پروژه پس از بررسی منابع متعدد و با توجه به بازدیدهای مقدماتی از منطقه عوامل تأثیرگذار در آتش‌سوزی که سیستم اطلاعات جغرافیایی قابل‌پردازش باشند، شناسایی و نسبت به جمع‌آوری داده‌های مربوط به این عوامل اقدام گردید. برای استخراج لایه‌های موردنظر نقشه‌های رقومی شده سه‌بعدی و دوبعدی منطقه

موردمطالعه با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ تهیه شد. مناطق موردمطالعه در برگ‌های II NW –۵٤٦۲ و II SW –۵٤٦۲ نقشه‌های توپوگرافی رقومی واقع هستند. از این نقشه‌ها خطوط توپوگرافی، روستاها، جاده‌ها و آبراهه‌ها استخراج شدند.

۲-۲-۱- پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی به‌وسیله رگرسیون لجستیک

یکی از مدل‌های آماری مناسب برای انجام پهنه‌بندی با استفاده از داده‌های موجود آتش‌سوزی که در بسیاری از تحقیقات مورد استفاده قرار گرفته، رگرسیون لجستیک است (میردیلمی و همکاران، ۱۳۹٤؛ دنگ و همکاران[1]، ۲۰۱۳؛ چانگ و همکاران[2]، ۲۰۱۳). رگرسیون لجستیک روشی آماری است که ارتباط بین مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل و پیوسته و یک متغیر وابسته گسسته را ارزیابی کرده و آن را به‌صورت مدل بیان می‌کند (ماهینی و ترنر[3]، ۲۰۱۱). در مورد تهیه نقشه احتمال وقوع حریق در جنگل، هدف رگرسیون لجستیک یافتن بهترین مدل برای تشریح روابط میان حضور و یا عدم حضور متغیر وابسته (آتش‌سوزی جنگل) و مجموعه گروه‌هایی از متغیرهای مستقل است (ایستمن[4]، ۲۰۰۲). در این پژوهش تجزیه رگرسیون براساس روش گام‌به‌گام پیش‌رونده انجام و براساس ضریب آماره‌ها نسبت به انتخاب بهترین مدل اقدام شد. ازآنجایی‌که عوامل مختلف (مانند شیب و ارتفاع از سطح دریا) دارای ارزش‌های متفاوتی هستند بهتر است ارزش تمامی عوامل بین صفر و ۱ استاندارد شود (لمکه و همکاران[5]، ۲۰۱۱). برای این‌که دامنه مقادیر لایه‌های مستقل مورد استفاده برای تهیه مدل احتمال پراکنش بین ۰ و ۱ قرار گیرد با استفاده از رابطه ۱ عمل استانداردسازی صورت گرفت:

$$X_{standard} = \frac{map - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، map نقشه ورودی (هرکدام از نقشه‌های تهیه شده برای مدل‌سازی)، X_{max} ماکزیمم و X_{min} مینیمم ارزش خام هر نقشه است. نقشه‌های عوامل فیزیوگرافی بعد از عمل استانداردسازی به‌عنوان متغیرهای پیشگو برای ایجاد مدل رگرسیون لجستیک مورد استفاده قرار گرفتند. مدل‌سازی توسط رگرسیون لجستیک و روش گام‌به‌گام (نسبت احتمال) با انتخاب ۷۰٪ از نمونه‌ها برای مدل‌سازی و ۳۰٪ نمونه‌ها جهت اعتبارسنجی مدل انجام گرفت. مدل رگرسیون لجستیک به‌صورت رابطه (۲) بیان می‌شود.

$$\log (P/(1+P)) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + \beta i X i \quad \text{رابطه (۲)}$$

1 Deng et al
2 Chang et al
3 Mahiny and Turner
4 Eastman
5 Lemke et al

βi: ایستگاه باران‌سنجی ایلام آمار ۲۰ ساله بارندگی متوسط منطقه را ٦۲۱ میلی‌متر اعلام نموده است. متوسط درجه حرارت سالیانه منطقه ۱۷/۱۲ درجه سانتی‌گراد با حداقل و حداکثر متوسط درجه حرارت ماهیانه به ترتیب ٤/٦۲ (دی) و ۲۹/۹۳ (مرداد) است.

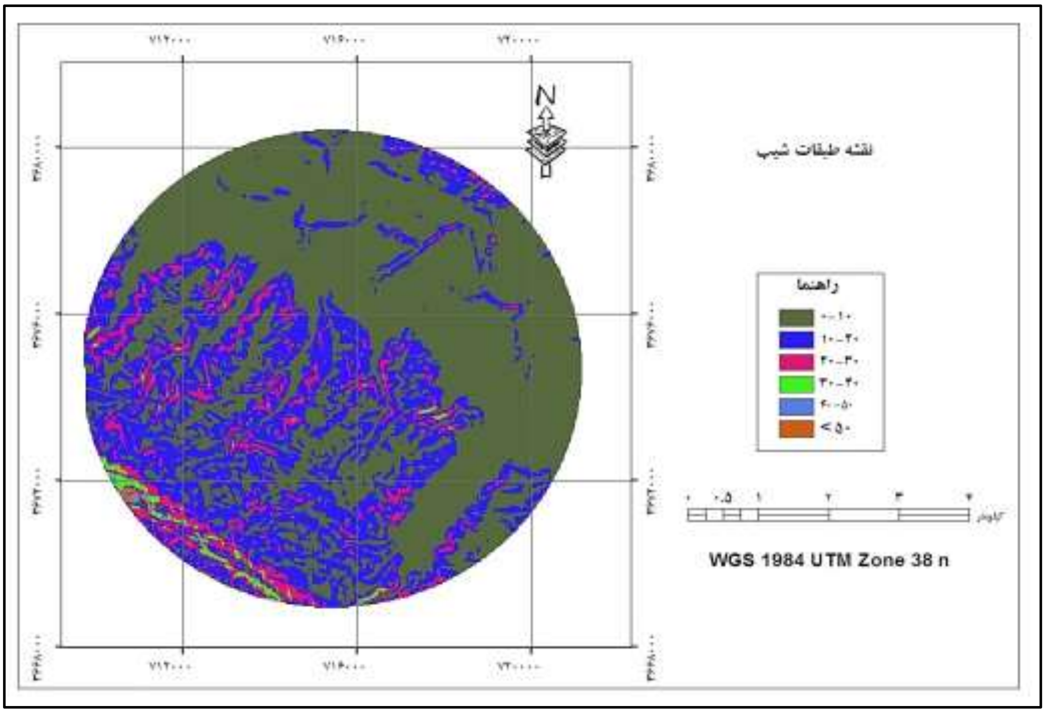
P (احتمال پراکنش گونه موردبررسی): در این پژوهش، اعتبارسنجی مدل‌های به‌دست‌آمده توسط ۳۰ درصد نمونه‌های باقی‌مانده، به‌صورت ارائه منحنی راک و آزمون هوسمر- لمشاو ارزیابی شد. آزمون معنی‌داری مدل به‌وسیله آزمون هوسمر- لمشاو و مقدار R^2 آماره نگلکرک[1] موردبررسی قرار گرفت.

۳- یافته‌ها

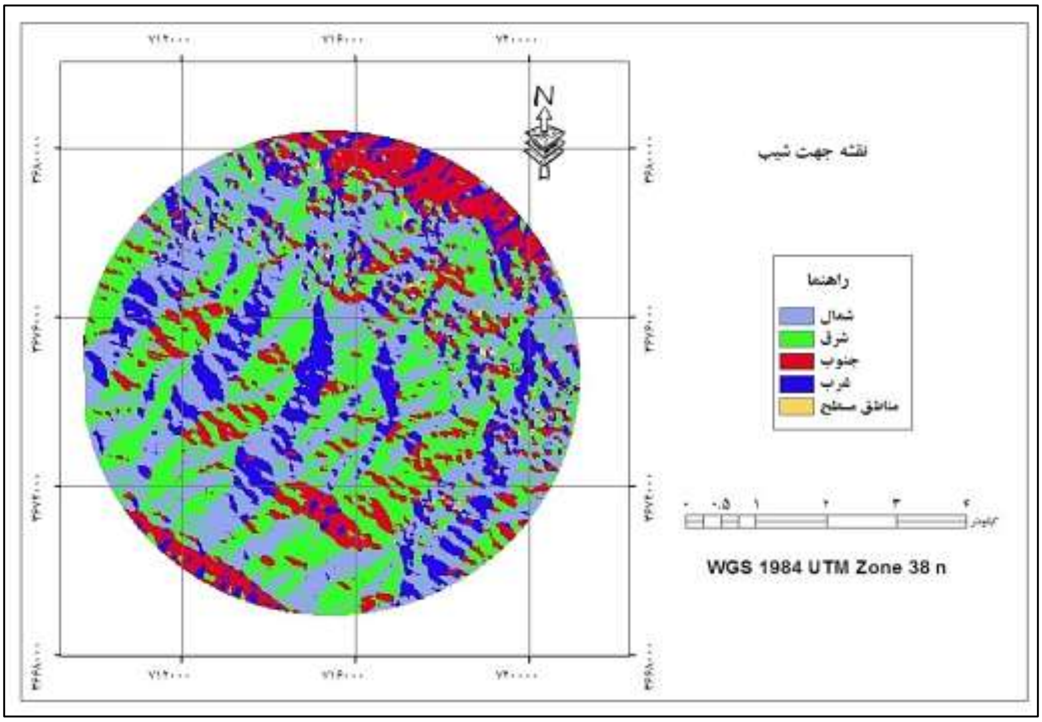
۳-۱- تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر در آتش‌سوزی

در منطقه موردمطالعه ٦۲ درصد از منطقه در کلاسه شیب ۰-۱۰ و ۱۰-۲۰ درجه قرار دارند و کمتر از ۱ درصد از این مناطق در شیب بالاتر از ۵۰ درجه قرار دارند (شکل ۳). بیشترین درصد از منطقه موردمطالعه در جهت جنوب قرار دارند و کمترین درصد مساحت در دامنه‌های غربی مشاهده گردید (شکل ٤). بیشترین آتش‌سوزی‌ها در طبقات ارتفاعی پایین‌دست مستقر هستند. براساس نتایج به‌دست‌آمده بیشترین منطقه آتش‌سوزی شده در ارتفاعات پایین‌تر از ۹۰۰ متر از سطح دریا مشاهده شد (شکل ۵). نقشه فاصله از آبراهه‌ها به میزان ٤۰۰ متر تهیه شد. نتایج نشان داد که بیشترین مساحت آتش‌سوزی‌های اتفاق افتاده در فواصل دورتری از آبراهه‌ها قرار دارند (شکل ٦). یکی دیگر از عوامل مؤثر پدیده آتش‌سوزی جنگل فاصله آن‌ها از مناطق مسکونی است. بیشترین مناطق آتش‌سوزی شده در نزدیکی مناطق مسکونی واقع شده‌اند (شکل ۷). نتایج حاصل از نقشه جاده‌ها نشان داد که بیشترین مناطق آتش-سوزی شده در کنار و نزدیکی جاده‌ها واقع هستند (شکل ۸).

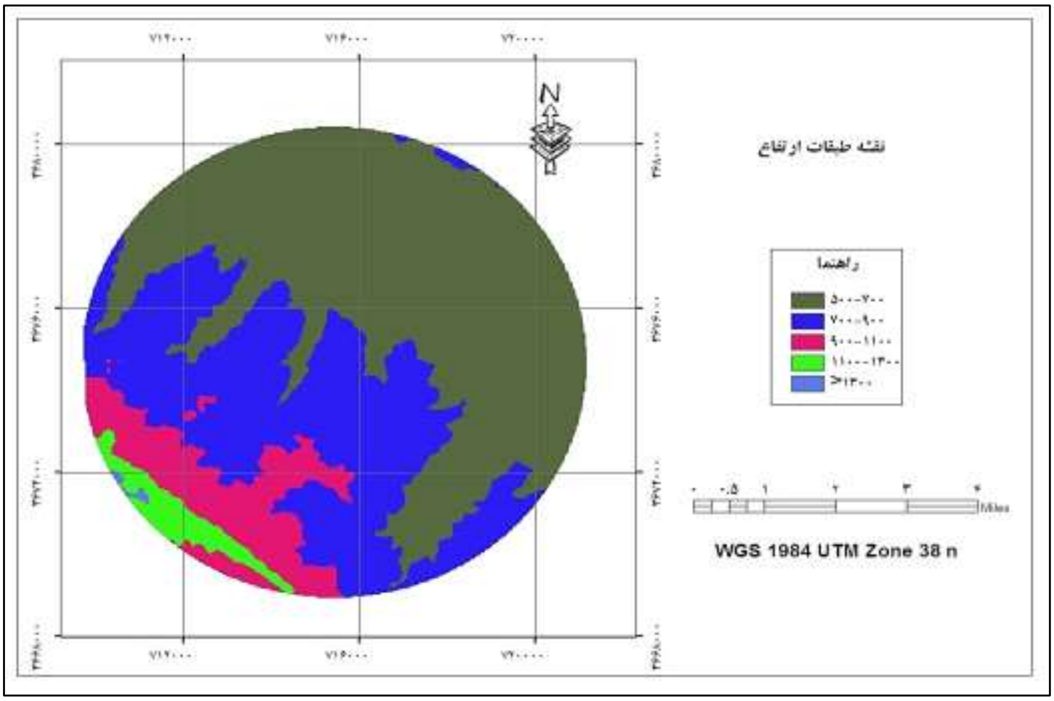
1 Nagelkerke



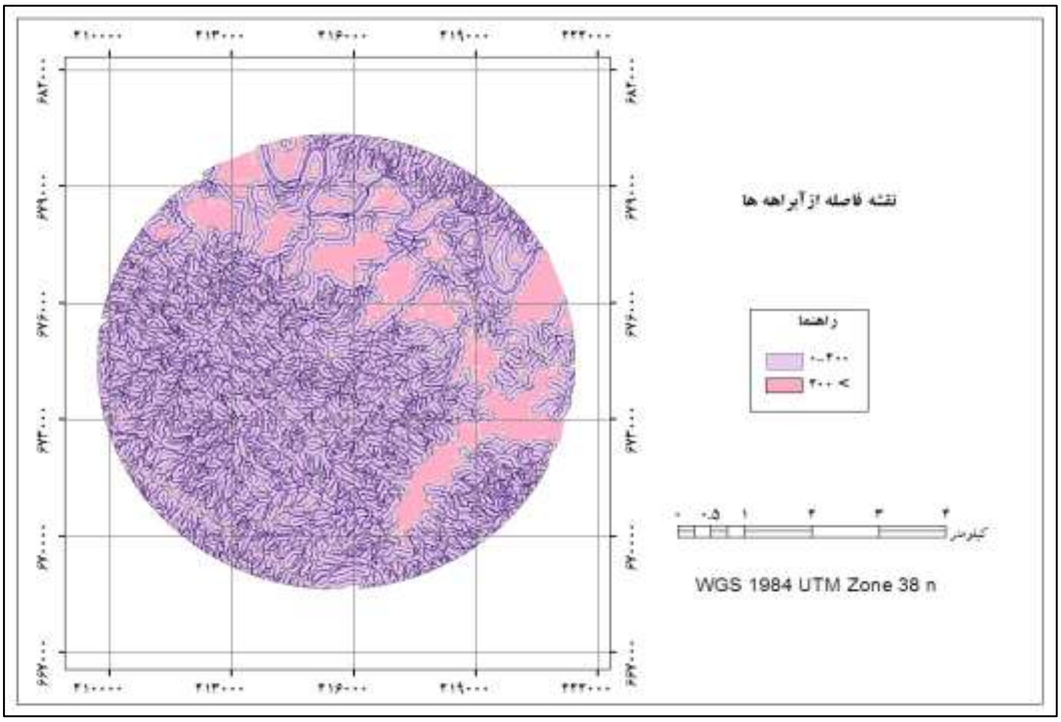
شکل ۳- نقشه طبقات شیب به درجه



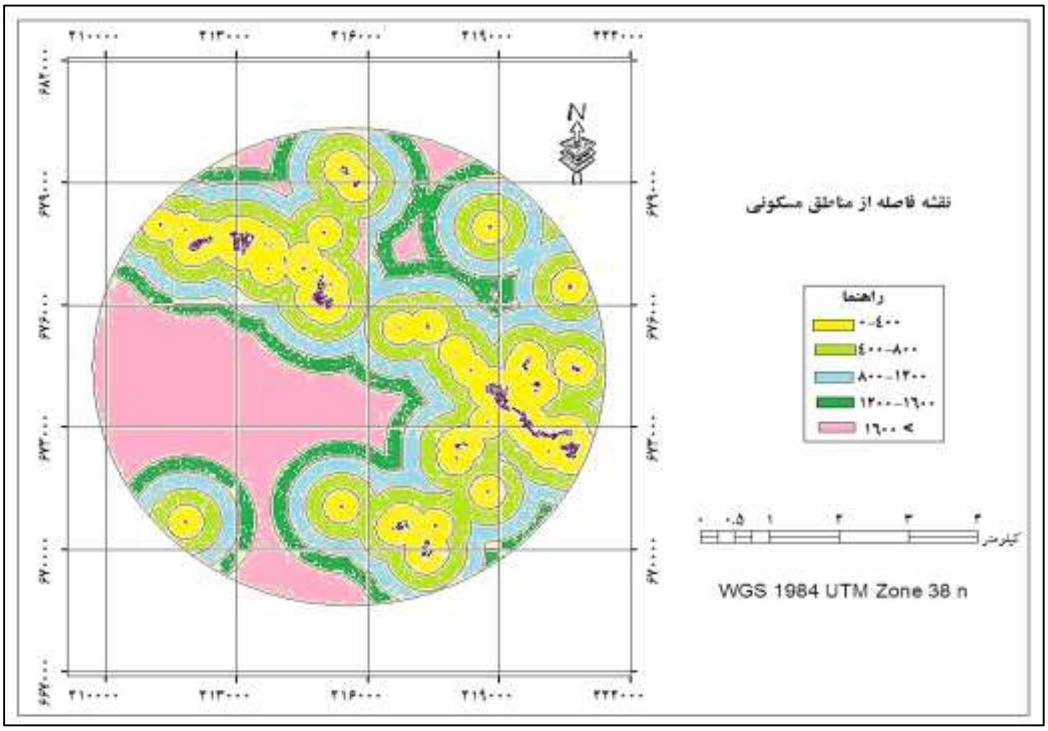
شکل ٤- نقشه طبقات جهت دامنه



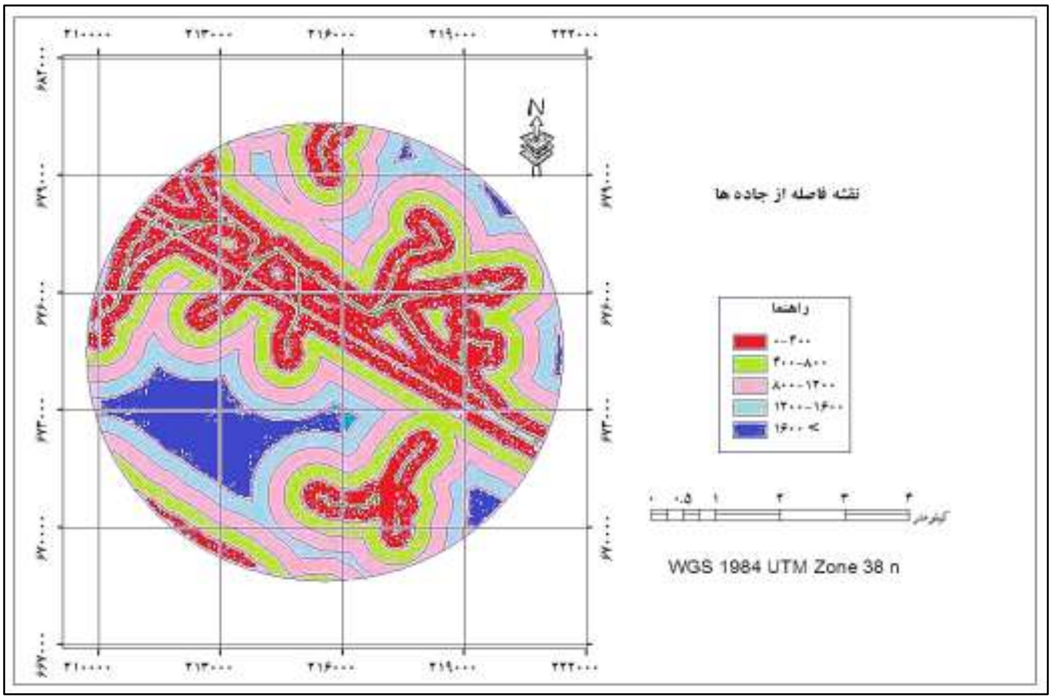
شکل ۵- نقشه طبقات ارتفاع از سطح دریا به متر



شکل ٦- نقشه فاصله از آبراهه به متر



شکل ۷- نقشه فاصله از مناطق مسکونی به متر



شکل ۸- نقشه فاصله از جاده به متر

۳-۲- مدل‌سازی به‌وسیله رگرسیون لجستیک

مدل‌سازی به‌وسیله رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی رویشگاه‌هایی که شرایط بکر و طبیعی دارند مناسب است. نتایج مدل‌سازی به‌وسیله رگرسیون لجستیک در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- ضرایب حاصل از مدل رگرسیون لجستیک

ضرایب	متغیرهای مستقل	
۵/۰۰۵	عدد ثابت	X0
-۱۱/۰۰۱	ارتفاع از سطح دریا	X1
۲/۲۵۰	فاصله از آبراهه	X2
۰/۲٤۷	شیب	X4

آماره والد: با توجه به آماره والد بهترین متغیرها برای مدل‌سازی ارتفاع از سطح دریا، بارندگی، شیب و فاصله از آبراهه‌ها تعیین شدند. در مرحله انتخاب بهترین متغیرها برای مدل‌سازی، اگر آماره والد معنی‌دار باشد (یعنی سطح معنی‌داری آن از ۰/۵۰ کوچک‌تر باشد) آن متغیر در مدل انتخاب می‌شود (جدول ۲).

جدول ۳- آماره والد و امتیاز متغیرهای مستقل

متغیرها	انحراف معیار	آماره والد	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
ارتفاع از سطح دریا	۰/۲۱۰	٦/۷٤٤	۱	<۰/۰۱
فاصله از آبراهه‌ها	۰/۳۹۷	۳۷/٤٦۸	۱	<۰/۰۱
شیب	۰/۲۲۲	۱/۲۲۵	۱	<۰/۰۱
ضریب ثابت	۰/۷٤٤	۱۹/۰٥٤	۱	<۰/۰۱

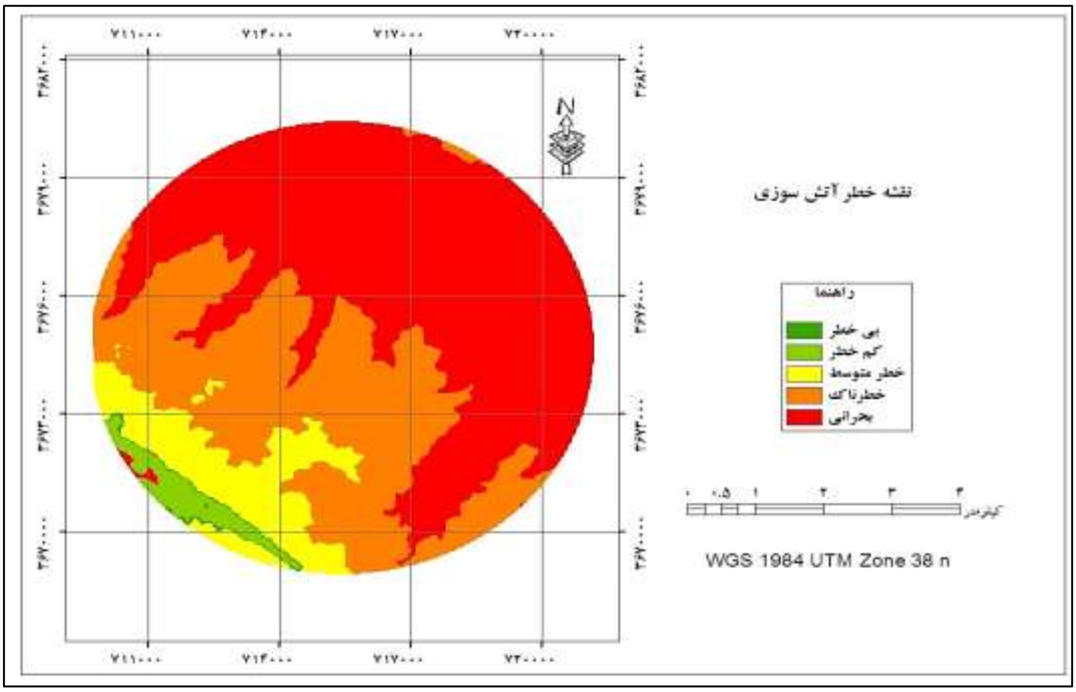
بنابراین با توجه به ضرایب ارائه شده در جدول ۳ و آماره والد، معادله رگرسیون لجستیک به‌صورت رابطه ۳ است. در این تحقیق از بین فاکتورهای فیزیوگرافی ارتفاع از سطح دریا با ضریب ۱۱/۰۰۱ بیشترین ارتباط را به‌صورت منفی با مناطق آتش‌سوزی شده داشت. فاکتور بارندگی ۸/۲۲۲ فاصله از آبراهه با ضریب ۲/۲۵۰ و شیب با ضریب ۰/۷٤٤ هرکدام به ترتیب اهمیتشان در تهیه نقشه نهایی خطر آتش‌سوزی در نقشه‌های از پیش تعیین‌شده ضرب شدند.

رابطه (۳)
$$log(P/(1+P)) = 5.005 - 11.001X1 + 2.250X2 - 8.222X3 + 0.247X4$$

جدول ٤- مساحت پهنه‌های احتمال آتش‌سوزی در هر کلاس خطر

کلاسه خطر	مساحت به درصد
بحرانی	٤٦/٨
خطرناک	٣٤/٢
خطر متوسط	١٠/٢
کم‌خطر	٨/٧
بی‌خطر	١/١

براساس نقشه حاصل از اجرای مدل رگرسیون لجستیک مقادیر احتمال وقوع به‌دست‌آمده از ٠ تا ١ متغیر است. جهت پهنه‌بندی لایه احتمال وقوع خطر آتش‌سوزی درنهایت منطقه موردمطالعه به ٥ کلاس بحرانی، خطرناک، خطر متوسط، کم‌خطر و بی‌خطر تقسیم شد. همچنین درصد خطر آتش‌سوزی در هرکدام از سطوح در جدول ٤ ارائه شده است.



شکل ٩- نقشه پهنه‌بندی احتمال آتش‌سوزی در جنگل بر اساس مدل رگرسیون لجستیک

نتایج اعتبارسنجی مدل آماری حاصل از رگرسیون لجستیک به‌صورت مقدار سطح زیر منحنی راک، آماره‌های آزمون هوسمر– لمشاو و آماره نگلکرک R^2 بیان شد. راک یک معیار معتبر که توجه به این مسئله دارد که مدل چه

مقدار می‌تواند متغیر وابسته را به‌خوبی پیش‌بینی کند، منحنی راک می‌باشد. مقدار ۰/۷۰۱ به‌دست‌آمده بر طبق جدول ۵، در این مطالعه نشان‌دهنده همبستگی خوب بین متغیرهای مستقل و وابسته است. آماره‌های آزمون هوسمر– لمشاو برای آزمون معنی‌داری مدل، در جدول ۵ ارائه شده است. براساس مقدار این آماره ۰/۰۰۰ اعتبار مدل به دست آمده بسیار مناسب ارزیابی شد. مقدار آماره نگلکرک R^2 نشان داد که چگونه مدل، مجموعه داده‌ها را برازش می‌دهد. با توجه به اینکه در این تحقیق مقدار آماره نگلکرک R^2 ۰/۵۰۰ به دست آمد. مدل برازش قابل قبولی را نشان می‌دهد (جدول ٦).

جدول ۵- نتایج دقت پیش‌بینی مدل براساس متغیرهای انتخابی در منحنی راک

سطح زیر منحنی راک	اشتباه معیار	سطح معنی‌داری	سطح اعتماد ۹۵٪	
			حداقل سطح منحنی	حداکثر سطح منحنی
۰/۷۰۱	۰/۲۰۵	۰/۰۰۰	۰/٦۹۱	۰/۸۲۰

جدول ٦- آزمون هوسمر- لمشاو برای بررسی دقت مدل رگرسیون لجستیک

کای اسکور	آماره نگلکرک R^2	سطح معنی‌داری	درجه آزادی
۱۷/٦۵	۰/۵۰۰	۰/۰۰۰	۸

٤- نتیجه‌گیری

آمار ثبت شده آتش‌سوزی‌ها نشان می‌دهد که اکثر آتش‌سوزی‌ها در عرصه‌های جنگلی و مرتعی اتفاق افتاده است. قریب به ۸٦ درصد آتش‌سوزی‌ها در فصل تابستان رخ داده است. در منطقه موردمطالعه ۲٤۵ هکتار از نواحی جنگلی در طی دوره ٤ ساله دچار آتش‌سوزی شده‌اند که متوسط ساالنه سطوح آتش‌سوزی مناطق جنگلی ۷۲ هکتار بوده است. بررسی عوامل مؤثر در ایجاد و گسترش آتش‌سوزی و تعیین میزان احتمال خطر مناطق مختلف به آتش-سوزی یکی از ابزارهای اساسی جهت مقابله با حریق و کنترل آن است. ارتفاع از سطح دریا در این تحقیق با پدیده آتش‌سوزی ارتباط معکوسی داشت. دلیل آن دمای هوا بیشتر، بارندگی کمتر، تراکم جمعیتی باال، وجود فعالیت‌های انسانی در ارتفاعات پایین نسبت به ارتفاعات باالست. نتایج این تحقیق همخوانی کامل با نتایج ساتیوان[۱] و همکاران (۲۰۰٤) دونگ[۲] و همکاران (۲۰۰۵)، سوماشکار[۳] و همکاران (۲۰۰۹) و محمدی (۱۳۸۸) دارد. شیب‌های کمتر محیطی مناسب برای رخداد آتش‌سوزی هستند؛ زیرا در شیب‌های کم توسعه کشاورزی بیشتر و درنهایت محل

1 Setiawan
2 Dong
3 Somashekar

مناسب‌تری برای سکونت انسان‌ها هستند که این خود عاملی برای ایجاد رخداد آتش‌سوزی است. نتایج این تحقیق همخوانی کامل با نتایج محققانی همچون ساتیوان و همکاران (۲۰۰۴) و محمدی (۱۳۸۸) دارد. همچنین مطالعه فاصله‌های نزدیک جاده‌ها با ایجاد آتش‌سوزی‌ها در ارتباط مستقیم بود. دلیل آن مجاورت جنگل و جاده‌ها، تردد انسان و وسایط نقلیه در فاصله‌های نزدیک جنگل است. حتی پرتاب سیگار نیز توسط رانندگان نیز می‌تواند باعث آتش‌سوزی شده باشد. نتایج این بخش با نتایج چانگ[1] و همکاران (۲۰۱۳) و نجفی و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد. نتایج تحقیق در مورد عامل فاصله از مناطق مسکونی حاکی از آن بود که ارتباط مستقیمی بین این عامل با پدیده آتش‌سوزی وجود دارد. تغییر کاربری جنگل به باغ و زمین کشاورزی، چرای دام، بهره‌برداری از محصولات فرعی و مرتعی جنگل از مهم‌ترین دلایل آتش‌سوزی جنگل توسط ساکنان منطقه موردمطالعه می‌باشند. ازجمله محققانی که نتایج آن‌ها همخوان با نتایج این تحقیق هستند سوماشکار و همکاران (۲۰۰۹) است. همچنین این نتیجه مخالف چانگ و همکاران (۲۰۱۳)، نجفی و همکاران (۱۳۹۴) و زرع‌کار و همکاران (۱۳۹۲) است. در مورد شاخص‌های آماری مرتبط با مدل رگرسیون لجستیک نیز می‌توان گفت که با توجه به اینکه در این پژوهش مقدار شاخص R2 Pseudo برابر با (۰/۵۰۰) به دست آمد و همچنین با توجه به اینکه این مقدار بزرگ‌تر از آستانه ۰/۲ است، این مدل برازش قابل قبولی را نشان می‌دهد. مدل با توجه به سطح معنی‌دار بودن آزمون هوسمر– لمشاو (۰/۰۰۰) دارای اعتبار خوبی است. مقدار شاخص راک نیز (۰/۷۰۱) مقدار بسیار بالایی را نشان می‌دهد (نزدیک به عدد ۱) و حاکی از آن است که الگوی پراکنش مکانی محاسبه شده، رابطه‌ای قوی با مقادیر احتمال حاصل از مدل رگرسیون لجستیک دارد. با توجه به مجموع نتایج اعتبارسنجی، دقت، اعتبار و برازش مناسب مدل توجیه گردید. تجزیه‌وتحلیل‌ها نشان داد که الگوهای مکانی آتش‌سوزی جنگل به فاکتورهای انسانی، فیزیکی و آب‌وهوایی متعددی وابسته است که در مدل رگرسیون لجستیک برای پیش‌بینی رخداد آتش‌سوزی در آینده می‌توانند کاربرد داشته باشند. جهت پیش‌گیری اجرای اقداماتی همچون: ترویج و اطلاع‌رسانی، آموزش پیش‌گیری از آتش‌سوزی به‌وسیله مردم بومی، حمایت از مردم در کارهای پیش‌گیری از آتش‌سوزی مانند ایجاد و نگهداری آتش‌بر، درختکاری با گونه‌های مقاوم به آتش‌سوزی در آتش‌برها، ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی سیار و متمرکز کردن امکانات مقابله با حریق در فواصل نزدیک به نقاط حساس آتش‌سوزی به‌ویژه در فصول گرم سال اشاره کرد. اکثر تحقیقات در مورد آتش‌سوزی‌ها و مدل‌سازی‌ها که در کشور انجام شده به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گرفته است. این تحقیق سعی دارد که با استفاده سیستم اطلاعات جغرافیایی پهنه‌های پرخطر آتش در منطقه دره‌شهر را شناسایی کند. شهرستان دره‌شهر به علت رطوبت کم، درجه حرارت بالا و وجود درختان خشکیده بلوط به‌آسانی طعمه حریق می‌شود. یافته‌های این تحقیق می‌تواند به مهندسین منابع طبیعی برای برنامه‌ریزی‌های آینده کمک کند. برای مقابله با آتش‌سوزی در مناطق پرخطر و خطرناک

1 Chang

ازجمله احداث برج‌های دیده‌بانی، احداث مخازن آب در مناطق صعب‌العبور، ایجاد پایگاه‌های امداد و نجات قبل از شروع فصل آتش‌سوزی متمرکز نمود. هم‌چنین با آموزش روستاییان و ایجاد آتش‌برها باعث پیشگیری و کاهش خسارات ناشی از آن شد. لازم به ذکر است مدل تهیه شده فقط برای منطقه موردنظر کارایی داشته و قابل‌استفاده برای مناطق دیگر نیست؛ زیرا آتش‌سوزی‌های جنگل در هر منطقه‌ای ویژگی‌های خاص به خود را دارد که باید مدل، متناسب با آن ویژگی‌ها تغییر کند.

سپاسگزاری

مراتب تشکر و قدرانی خود را از معاونت پژوهشی دانشگاه ایلام برای حمایت مالی از این مطالعه اعلام می‌نماییم.

کتابنامه

ابراهیمی، حمید؛ رسولی، علی‌اکبر؛ مختاری، داوود؛ ۱۳۹۷. بررسی تغییرات خطر آتش‌سوزی و عوامل مؤثر بر آن با استفاده از مدل حداکثر بی‌نظمی، مطالعه موردی: جنگل‌ها و مراتع استان آذربایجان شرقی. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۷(۲۵): ۵۷-۷۳.

اسکندری، سعیده؛ ۱۳۹۲. ارائه الگوی پتانسیل آتش‌سوزی جنگل و گسترش آن با استفاده از RS و GIS، مطالعه موردی: جنگل‌های بخش سه نکا- ظالمرود. *پایان‌نامه دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، دانشکده منابع طبیعی، گروه جنگل‌داری*. ۱۲۱ صفحه.

اسکندری، سعیده؛ ۱۳۹٦. روش‌های مدل‌سازی و ارزیابی خطر وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌های جهان و ایران. *انسان و محیط‌زیست*. ۱۵(٤۲): ۸۱-۱۱۰.

آمار آتش‌سوزی ٤ سال. ۱۳۹٤. *سازمان جنگل‌ها و مراتع کل کشور*. ۳٦ صفحه.

زرع کار، آزاده؛ کاظمی زمانی، بهاره؛ قربانی، ساره؛ عاشق معلا، مریم؛ جعفری، حمیدرضا؛ ۱۳۹۲. تهیه نقشه پراکندگی فضایی خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از روش تصمیم‌گیری چندمعیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: سه حوزه جنگلی در استان گیلان). *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*. ۲۱(۲): ۲۱۸-۲۳۰.

فرامرزی، حسن؛ حسینی، سید محسن؛ غلامعلی فرد، مهدی؛ ۱۳۹۳. پهنه‌بندی مخاطره آتش‌سوزی پارک ملی گلستان با استفاده از رگرسیون لجستیک. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۳(۲): ۷۳-۹۰.

محمدی، فریده؛ ۱۳۸۸. تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و GIS در بخشی از جنگل‌های پاوه. *پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه جنگل‌داری. دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان*. ٦٤ صفحه.

میردیلمی، طیبه؛ شتایی جویباری، شعبان؛ کاووسی، محمدرضا؛ ۱۳۹٤. پهنه‌بندی خطر آتش‌سوزی در پارک ملی گلستان با استفاده از روش رگرسیون لجستیک. *پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل*. ۲۲(۱): ۱-۱٦.

نجفی، احمد؛ ایران‌نژاد، محمدحسین؛ ستوده، احد؛ مختاری، محمدحسین؛ کیانی، بهمن؛ ۱۳۹٤. مدل‌سازی و تهیه نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی جنگل با استفاده از سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده باغ شادی یزد). *بوم‌شناسی کاربردی*. ٤ (١٤): ١٣–٢٦.

Chang, Y., Zhu, Z., Bu, R., Chen, H., Feng, Y., Li, Y., Hu, Y., & Wang, Z., 2013. Predicting fire occurrence patterns with logistic regression in Heilongjiang Province, China. *Landscape Ecology*, *28*(10): 1989-2004. https://doi.org/10.1007/s10980-013-9935-4

Chuvieco, E., Salas, J., 1994. Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS. *International Journal of Geographical Information Systems*, *10*(3): 333-345.

Deng, O., Su, G., Huang, Q., Li, Y., 2013. Forest Fire Risk Mapping Based on Spatial Logistic Model of Northeastern China Forest Zone. In: Bian F., Xie Y., Cui X., Zeng Y. (eds) Geo-Informatics in Resource Management and Sustainable Ecosystem. GRMSE 2013. Communications in Computer and Information Science, vol 399. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41908-9_18

Dong, X., Li-min, D., Guo-fan, Sh., Lei, T., Hui, W., 2005. Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe forestry Bureau, Jilin, China. *Journal of Forestry Research*, *3*(16): 169- 174.

Eastman, J. R., 2002. Idrisi for windows user’s guide ver. 32, Clark labs for cartography technology and geographic analysis, (Clark University).

Heydari, M., Salehi, A., Mahdavi, A. Adibnejad, M., 2012. Effects of different fire severity levels on soil chemical and physical properties in Zagros forests of western Iran. *Folia Forestalia Polonica*, 54, 241–250.

Lemke, D., Hulme, P. E., Brown, J. A., Tadesse, W., 2011. Distribution modelling of Japanese honeysuckle (Lonicera japonica) invasion in the Cumberland Plateau and Mountain Region, USA. *Forest Ecology and Management, 9*:1-11.

Mahiny, A. S., Turner, B., 2001. Modeling past vegetation change through remote sensing and GIS: a comparison of neural networks and logistic regression methods. School of resources, environment and society, the Australian national University, Canberra, 0200, Australia. 315 p.

Sakr, G. E., Elhajj, I. H., Mitri, G., 2011. Efficient forest fire occurrence prediction for developing countries using two weather parameters. *Engineering applications of artificial intelligence*, *24*: 888-894.

Setiawan, I., Mahmud, A. R., Mansor, S., Mohamed Shariff, A. R. Nuruddin, A. A., 2004. GIS-grid-based and multi-criteria analysis for identifying and mapping peat swamp forest fire hazard in Pahang, Malaysia. *Disaster Prevention and Management*, *13*(5): 379-386.

Somashekar, R., Ravikumar, P., Mohankumar, C., Prakash, K., Nagaraja, B., 2009. Burnt area mapping of Bandipur National Park, India using IRS1C/1D LISS III data. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, *37*: 37-50.

Zhang, Q. F., Chen, W. J., 2007. Fire cycle of the Canada’s boreal region and its potential response to global change. *Journal of forestry research*, *18*(1): 55-61.

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارۀ سی و هشتم، تابستان ۱۴۰۰

صص ۷۸- ۵۹

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.68492.1015

مقاله پژوهشی

بررسی تغییرات مکانی غلظت آلاینده‌های سرب و کادمیم در خاک سطحی بخش‌هایی از ایران مرکزی (مطالعه موردی: دشت قم)

سمیه صدر[۱]– استادیار گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور، کرمان، ایران

زهرا موحدی راد– مربی گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور، کرمان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/٤ **تاریخ بازنگری:** ۱٤۰۰/۲/۱۱ **تاریخ تصویب:** ۱٤۰۰/۲/۲۳

چکیده

آلودگی‌های زیست‌محیطی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تخریب و تنزل کیفیت اجزای بیوسفر محسوب شده و در این میان فلزات سنگین به دلیل سمیت، تجزیه‌پذیری و تحرک کم در خاک و تجمع زیستی در گیاهان موردتوجه هستند. این پژوهش با هدف تهیه نقشه پراکنش سرب و کادمیم خاک‌های سطحی بخش‌هایی از استان قم به مرکزیت شهر قم، با کاربری‌های متفاوت کشاورزی، شهری و صنعتی بایر در دو شکل کل و قابل جذب انجام گرفته است. توزیع مکانی این عناصر در خاک‌های سطحی با کاربری‌های متفاوت به وسعت ۱۰۵٤ کیلومترمربع بررسی شد. نمونه‌برداری در ۲۰۹ نقطه با شبکه‌بندی منطقه مطالعاتی انجام و مقدار کل و قابل جذب سرب و کادمیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین شد. واریوگرام‌های همه جهته عناصر مذکور توسط نرم‌افزار Variowin ترسیم گردید. به دلیل عدم دستیابی به ساختار مناسب تغییرنما در مورد کادمیم، کریجینگ و تهیه نقشه در مورد آن صورت نگرفت. میانیابی به روش کریجینگ نقطه‌ای و با نرم‌افزار WinGslib صورت گرفت. به‌منظور تعیین دقت تخمین‌های انجام شده از MEE، MSEE استفاده گردید. دامنه تغییرات سرب کل با حداقل ۹/٦ و حداکثر ۱۲۳/٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم، مقدار ۱۱۳/۸ گزارش می‌گردد. در این مطالعه حداقل و حداکثر غلظت کادمیوم کل به ترتیب ۰/۲ و ۵/۵ بوده است. میانگین غلظت سرب قابل جذب در منطقه مطالعاتی ٤/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم با حداقل ۰/۵ و حداکثر ۳٤/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. بر اساس نقشه‌های پراکنش سرب به نظر می‌رسد عامل مؤثر بر روند افزایشی این عنصر، نوع کاربری باشد. اراضی با کاربری شهری و صنعتی بیشترین مقدار

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۹۹۳۱۰۸۹ Email: 2716sadr@gmail.com

سرب کل و قابل جذب را دارا بودند که نشان از پتانسیل بالای منطقه برای آلودگی است. لذا لازم است اقدامات مدیریتی لازم جهت جلوگیری از بروز حوادث مخرب زیست‌محیطی انجام گیرد.

کلیدواژه‌ها: کریجینگ، WinGslib، عناصر سنگین، استان قم.

۱- مقدمه

فلزات سنگین به دلیل ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاص همچون سمیت، عدم تجزیه‌پذیری، تحرک کم در خاک و تجمع زیستی در گیاهان بسیار موردتوجه هستند (کاباتا پندیاس[1]، ۲۰۱۰؛ مومبو و همکاران[2]، ۲۰۱۵). غلظت این عناصر با سمیت و آلودگی خاک در ارتباط است و به‌عنوان مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی و بهداشتی معرفی شده‌اند (هاگنر و همکاران[3]، ۲۰۱۸). ارزیابی مقدار غلظت عناصر سنگین در سیستم خاک – آب – گیاه به دلیل تأثیر این مواد بر زنجیره غذایی و سلامت گیاهان و جانوران و درنهایت انسان مومبو و همکاران[4]، اهمیت زیادی دارد. محققان در طی دهه‌های اخیر مهم‌ترین منبع آلودگی خاک و محیط‌زیست به این عناصر را فعالیت‌های صنعتی انسان‌ساخت، نظیر معادن، ذوب فلزات، آبکاری‌ها، نیروگاه‌ها، ایستگاه‌های عرضه و نگهداری بنزین، محل تولید و مصرف کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها، استفاده از پساب و لجن فاضلاب در کشاورزی و مکان‌های دفن زباله‌های صنعتی معرفی کردند (مورتون برمه‌آ و همکاران[5]، ۲۰۰۲).

با توجه به اهمیت آگاهی از وضعیت توزیع عناصر سنگین جهت اتخاذ تصمیم‌های درست مدیریتی برای رسیدن به توسعه پایدار به‌ویژه در بخش محیط‌زیست و سلامت، جمع‌آوری اطلاعات پایه زیست‌محیطی برای منابع حیاتی ازجمله خاک ضروری است (کارلن و همکاران[6]، ۲۰۱۱). مطالعات اخیر بر روی فلزات سنگین تمرکز خود را بر مقدار و توزیع این عناصر در خاک قرار داده است (لو و یو[7]، ۲۰۱۸). در این راستا، بررسی وضعیت آلودگی خاک به فلزات سنگین در مناطقی که به‌واسطه ساختار زمین‌شناسی ویژه، فعالیت‌های صنعتی و یا کشاورزی احتمال انباشت فلزات سنگین در آن وجود دارد، ضروری است.

به دلیل وسعت مکانی و مشکلات مرتبط با نمونه‌برداری برای تعیین مناطق آلوده و مناطق در معرض آلودگی، استفاده از روش‌های زمین‌آمار بسیار مفید است و به‌عنوان ابزار قدرتمند در شناخت ویژگی‌های خاک و بررسی تغییرات آن با مدیریت خاک محسوب می‌شوند (بهران و شوکلا[8]، ۲۰۱۵). از میان روش‌های زمین‌آماری ابزار

1 Kabata-pendias
2 Mombo et al
3 Hagner et al.
4 Mombo et al
5 Morton-Bermea et al.
6 Karlen et al
7 Lv & Yu
8 Behera & Shukla

کریجینگ برای تعیین توزیع مکانی فلزات سنگین خاک پتانسیل بالایی دارد و همچنین به‌عنوان روشی مناسب برای درون‌یابی و تهیه نقشه‌های آلاینده‌ها پیشنهاد شده است (کورتس و همکاران[1]، ۲۰۱۷). در بین روش‌های مختلف کریجینگ، روش کریجینگ معمولی خطای کمتری دارد. زیرا در این روش، مقادیر نقطه مجهول از مقادیر نقاط معلوم اطراف و از یک مدل تغییرنما به دست می‌آید (ملکی و همکاران، ۱۳۹۳). در همین زمینه مطالعات متعددی در دنیا و ایران انجام گرفته است ازجمله جدیدترین آن‌ها می‌توان به مطالعات (کاوو و همکاران[2]، ۲۰۱۷؛ بهونیا و همکاران[3]، ۲۰۱۸؛ ژن و همکاران[4]، ۲۰۱۹ و مونوزناژرا و همکاران[5]، ۲۰۲۰) اشاره کرد.

علی‌رغم اهمیت بالای وجود اطلاعات کافی و کامل از وضعیت توزیع عناصر سنگین در استان‌های کشور، جهت اتخاذ تصمیمات درست مدیریتی در پروژه‌های ملی و منطقه‌ای، تنها در تعداد معدودی از استان‌های کشور پراکنش فلزات سنگین به‌صورت نقشه‌های کاربردی ارائه شده است و در بیشتر استان‌ها، ازجمله استان قم اطلاعات بسیار محدودی در مورد مقدار کل فلزات سنگین در خاک وجود دارد. بنابراین، به دلیل تمرکز فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی، تعیین وضعیت پراکنش عناصر سنگین در خاک‌های سطحی این منطقه بسیار حائز اهمیت است. ازآنجاکه متداول‌ترین فلزات سنگین آلاینده محیطزیست و سمی کادمیوم و سرب می‌باشند (لاسات[6]، ۲۰۰۲). لذا پژوهش حاضر به‌منظور بررسی پراکنش مکانی عناصر کادمیوم و سرب در خاک‌های سطحی بخشی از استان قم، شامل اراضی کشاورزی، صنعتی، شهری و بایر صورت گرفت.

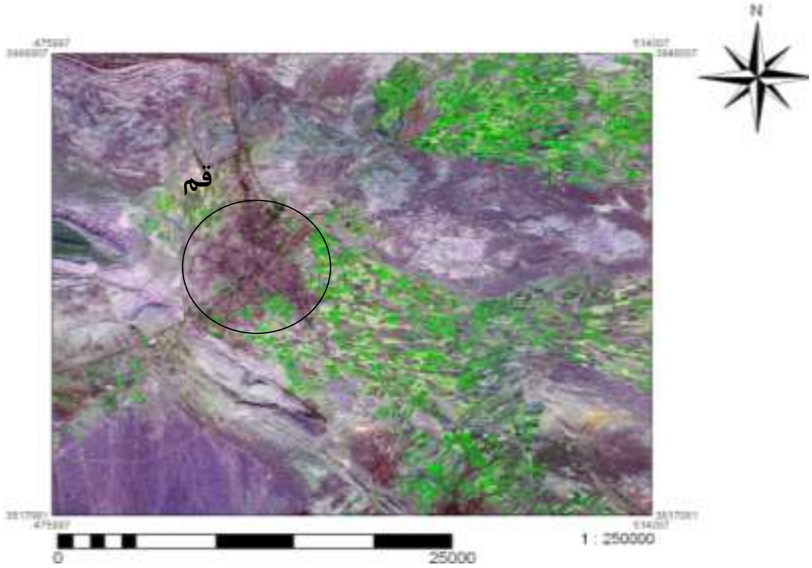
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مطالعاتی

منطقه مطالعاتی بخش‌هایی از اراضی کشاورزی، شهری و صنعتی و بایر استان قم به مرکزیت شهر قم، به وسعت ۱۰۵٤ کیلومترمربع بین طول‌های جغرافیایی (٤۷ °۵۰ تا ′۸ °۵۱ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ′٤۵ °۳٤ تا ′۳۰ °۳٤ شمالی قرار دارد. شکل ۱ تصویر ماهواره‌ای منطقه مطالعاتی را نشان می‌دهد. میانگین ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۰۵۰ متر و میانگین بارندگی در منطقه مطالعاتی بر اساس سالنامه آماری استان در یک دوره ۳٤ ساله در حدود ۱۳۸ میلی‌متر با حداکثر ۲٦۰ میلی‌متر در سال است. جهت وزش بادهای غالب در منطقه از سمت غرب است. به‌طورکلی تشکیلات زمین‌شناختی غالب منطقه از سازندهای جوان دوران چهارم و سنگ‌های ترشیر و کواترنر تشکیل گردیده که عمدتاً شامل رسوبات آبرفتی و تپه‌های ماسه‌ای دوران چهارم و سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی کمی دگرگون شده

1 Cortés et al.
2 Cao et al.
3 Bhunia et al.
4 Zhen et al.
5 Muñoz-Nájera et al.
6 Lasat

دوران سوم می‌باشد. این منطقه بر روی نقشه سازمان جغرافیایی کشور با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ با نام قم بـا شـمارهΠ ۶۱۵۹ و قمرود با شماره III۶۲۵۹ مشخص شده است.



شکل ۱- عکس ماهواره‌ای منطقه مطالعاتی جهت تهیه نقشه کاربری اراضی (TM 7 -4 -2)

۲-۲-نمونه‌برداری

در این مطالعه به خاک سطحی (عمق ۰–۱۰ سـانتیمتر) توجـه شـده اسـت. نمونـه‌برداری در ۲۰۹ نقطـه بـر روی شبکه‌ای با فواصل حدود ۱/۵×۱/۵ کیلومتر در اراضی کشاورزی، شهری و صـنعتی و حـدود ۲×۲ کیلـومتر در اراضـی بایر انجام شد. موقعیت جغرافیایی نمونه‌ها توسط دستگاه GPS تعیین و کاربری محل نمونه‌برداری ثبت شـد. شـکل ۲ موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده را با تفکیک نوع کاربری نشان می‌دهد.

شکل ۲- موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده در منطقه مطالعاتی الف: با تفکیک نوع کاربری اراضی منطقه ب: با توجه به موقعیت جغرافیایی نقطه

۲-۳- تجزیه‌های آزمایشگاهی

نمونه‌های خاک ابتدا هوا خشک شده و سپس از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. به‌منظور تعیین غلظت کل عناصر سرب و کادمیوم، مقدار یک گرم از هر نمونه با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شده و به ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری منتقل شده و سپس ۲۰ میلی‌لیتر اسید نیتریک ۵ نرمال به آن‌ها اضافه شد. محتویات ارلن به مدت ۱۲ ساعت به حال خود رها شدند و پس‌ازآن به مدت ۱۰ دقیقه با قرار گرفتن بر روی صفحه گرما حرارت داده و جوشانده شدند. بعد از سرد شدن نمونه‌ها توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲ در بالن ژوژه‌های ۲۵ میلی‌لیتری صاف گردیده و با آب مقطر به حجم رسانده شد. درنهایت غلظت کل سرب و کادمیم توسط دستگاه جذب اتمی مدل Perkin Elmer 3030 قرائت گردید (آجوی و کاماسون[1]، ۱۹۸۳).

شکل قابل جذب عناصر به‌وسیله محلول DTPA ۰/۰۰۵ نرمال حاوی کلرید کلسیم ۰/۰۱ نرمال و تری اتانول آمین (TEA) ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری شد. pH محلول DTPA با استفاده از HCl نرمال در ۷/۳ تنظیم گردید. به این صورت که تعلیق با نسبت ۱ به ۲ خاک به محلول DTPA تهیه و بعد از ۲ ساعت تکان دادن نمونه‌ها به‌وسیله تکان دهنده با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه، از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شد. سپس عناصر سنگین مورد نظر توسط دستگاه جذب اتمی مدل Perkin Elmer 3030 در طیف خاص هر عنصر اندازه‌گیری شد (لینزی و نارول[2]، ۱۹۷۸).

لازم به ذکر است به‌منظور کنترل کیفیت نتایج تجزیه فلزات سنگین در خاک، یک نمونه استاندارد موسسه تحقیقات ملی و فناوری آمریکا (MST) به نام San Joaquin # 2709 و با مشخصات ارائه شده در جدول۱ تهیه شده و به همان طریق عناصر موردمطالعه به شکل کل و قابل جذب در آن اندازه‌گیری شد. بازیابی مقدار فلزات اندازه‌گیری شده از نمونه استاندارد برای کلیه خاک‌های موردمطالعه بیش از ۹۰ درصد بود.

جدول ۱- ویژگی‌های نمونه استاندارد

San Joaquin # 2709		
عنصر	سرب	کادمیم
غلظت ($mg\ kg^{-1}$)	۱۸/۹ ± ۰/۶	۰/۳۸ ± ۰/۰۱

۲-۴- تجزیه‌های آماری و زمین‌آماری داده‌ها

به‌منظور توصیف نتایج و ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک، از آمار کلاسیک استفاده شد. توزیع فراوانی داده‌ها و ویژگی‌های آن شامل میانگین، میانه، حداقل، حداکثر، انحراف معیار، ضریب تغییرات، چولگی و کشیدگی با کمک

1 Ajoyi & Kamson
2 Lindsay & Norvell

برنامه رایانه‌ای SPSS 11.5 انجام شد. بررسی وضعیت نرمال بودن توزیع داده‌ها از اهمیت خاصی برخوردار بوده و معمولاً اولین قدم در مطالعات آماری بررسی وضعیت توزیع داده‌ها می‌باشد. در پژوهش حاضر از آزمون کولموگروف–اسمیرنف جهت آزمون نرمال بودن توزیع متغیرها استفاده شد.

در این مطالعه پس از بررسی وضعیت نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از تغییر نمای سطحی (Surface variogram)، وجود روند در بین داده‌ها و همسانگرد بودن آن‌ها موردبررسی قرارگرفت به این منظور تغییرنمای همه جهته (Omni directional) برای متغیرهای موردمطالعه ترسیم گردید. با تست Cross-Validation به کمک برنامه رایانه‌ای، WinGslib بهترین مدل تغییرنما که کمترین خطای تخمین را ایجاد نمود، انتخاب گردید. مدل بهینه نهایی به نحوی انتخاب شد که دارای حداقل شاخص‌های میانگین خطا (MEE) و میانگین مجذور خطا (MSEE) باشد. این شاخص‌ها بر اساس معادلات ۱ و ۲ محاسبه گردیدند.

$$MEE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left[Z^*(x_i) - Z(x_i)\right] \cong 0$$ معادله [۱]

$$MSEE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left[Z^*(x_i) - Z(x_i)\right]^2 \cong A\min$$ معادله [۲]

میان‌یابی با روش توجه به ویژگی‌های بهترین تغییرنمای ترسیم شده و به روش کریجینگ معمولی در ابعاد بلوک‌های ۱۰۰۰*۱۰۰۰ متر انجام گرفت. در ناحیه جستجو حداکثر ۲۰ نقطه و حداقل ٤ نقطه به‌منظور میانیابی هر نقطه مورد استفاده قرار گرفت. این مرحله توسط نرم‌افزار WinGslib انجام گرفت. درنهایت نقشه‌های کریجینگ و نقشه‌های خطای تخمین برای هر عنصر توسط برنامه رایانه‌ای Surfer 7 تهیه شد. تهیه نقشه کاربری اراضی با برنامه رایانه‌ای ILWIS3.0 انجام شد. به‌منظور تهیه نقشه کاربری اراضی از عکس ماهواره‌ای شماره n-39-30-2000 به شکل Mr.Sid استفاده شد و نقشه‌های پراکنش مکانی ویژگی‌های موردمطالعه موردبررسی و تفسیر قرار گرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- توصیف آماری متغیرها

ویژگی‌های آماری سرب کل، سرب قابل جذب و کادمیم کل در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول٢- خلاصه‌ای از وضعیت آماری غلظت کل و قابل جذب سرب در منطقه مطالعاتی به تفکیک کاربری

متغیر	کاربری	میانگین	واریانس	ضریب تغییرات (٪)	حداکثر	حداقل	چولگی
سرب کل $mg\ kg^{-1}$	کشاورزی	٢٧/١	٦٧/٠	٣٠/٢	٥١/١	٩/٦	٠/١
	شهری	٣٨/٢	٧٣٠/١	٧٠/٧	١٢٣/٤	٩/٧	١/٦
	بایر	٢٢/٠	٥٦/١	٣٤/١	٥٢/٨	١١/٢	١/٢
	کل	٢٧/٢	٢٠٠/٨	٥٢/٢	١٢٣/٤	٩/٦	٣/٢
سرب قابل جذب $mg\ kg^{-1}$	کشاورزی	٣/٣	٣/٣	٥٤/٥	٧/٨	٠/٦	٠/٦
	شهری	٨/٨	٨٦/٦	١٠٥/٦	٣٤/٨	١/٠	١/٧
	بایر	٢/٥	٨/٨	٩٦/٠	٢١/٧	٠/٥	٤/٣
	کل	٤/١	٢٤/٣	١١٩/٥	٣٤/٨	٠/٥	٣/٩
کادمیم کل $mgkg^{-1}$	کشاورزی	٠/٣	٠/٠١	٣٣/٣	٠/٨	٠/٢	١/٩
	شهری	٠/٥	٠/٣	١٠٠	٣/٥	٠/٢	٥/٣
	بایر	٠/٤	٠/٤	١٥٠	٥/٥	٠/٢	٧/٩
	کل	٠/٤	٠/٣	١٥٠	٥/٥	٠/٢	٧/٢

میانگین غلظت کل سرب و کادمیوم در منطقه مطالعاتی به ترتیب ٢٧/٢ و ٠/٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش می‌گردد که به ترتیب غلظت کل سرب به میزان ١٥/٢ و غلظت کل کادمیوم به میزان ٠/٠٥ میلی‌گرم از میانگین جهانی غلظت این دو عنصر (به ترتیب ١٢ و ٠/٣٥ میلی‌گرم بر کیلوگرم) (پایس و بنتون جونز[1]، ١٩٩٧) بیشتر بوده است. دامنه تغییرات سرب کل با حداقل ٩/٦ و حداکثر ١٢٣/٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم، مقدار ١١٣/٨ گزارش می‌گردد. دامنه تغییرات سرب در خاک از ٢ تا ٢٠٠ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (آلووی[2]، ١٩٩٠). در این مطالعه حداقل و حداکثر غلظت کادمیوم کل به ترتیب ٠/٢ و ٥/٥ بوده است. میانگین غلظت سرب قابل جذب در منطقه مطالعاتی ٤/١ میلی‌گرم بر کیلوگرم با حداقل ٠/٥ و حداکثر ٣٤/٨ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد.

نتایج به‌دست آمده نشان داد که به جز در چند نقطه از منطقه مطالعاتی که به‌طور موضعی غلظت بالای کادمیم را نشان دادند، در مابقی نقاط غلظت کادمیم کل بسیار پایین بوده و درنتیجه امکان اندازه‌گیری کادمیم قابل جذب با استفاده از دستگاه جذب اتمی وجود نداشت. زیرا مقادیر کادمیم قابل جذب حاصل، از حد تشخیص دستگاه جذب اتمی پایین‌تر بوده، نتایج از اعتبار لازم برخوردار نبود و درنتیجه امکان گزارش داده‌های حاصل وجود نداشت. این عناصر به‌طور طبیعی در سنگ‌ها و خاک وجود دارند اما مقدار این عناصر در خاک بر اثر فعالیت‌های کشاورزی و

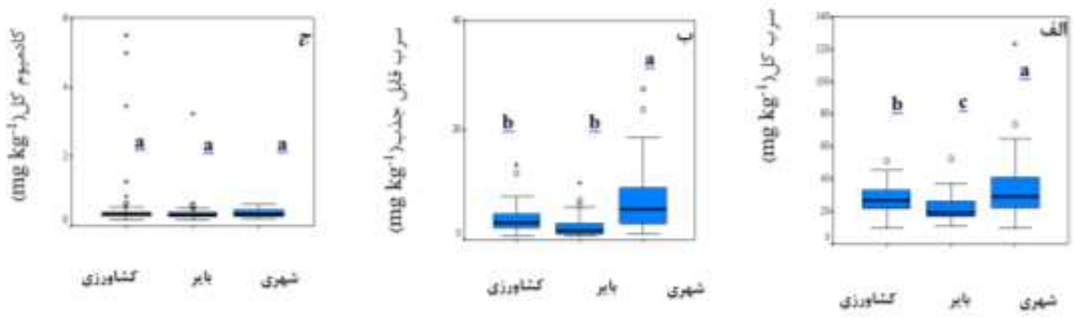
1 Pais & Benton Jones
2 Alloway

صنعتی انسان، در حال افزایش است. سرب و کادمیوم در غلظت‌های خیلی کم، سمی هستند و کودکان نسبت به بزرگسالان بیشتر در معرض آسیب غلظت‌های بالای این عناصر قرار دارند (خایری و همکاران[1]، ۲۰۱۰). از مهم‌ترین علائم منفی افزایش غلظت این عناصر، می‌توان به بیماری‌های سیستم عصبی، تغییر شکل سلول‌های خونی و کاهش بهره هوشی اشاره کرد. حدود مجاز سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران برای سرب و کادمیوم به ترتیب ۱۰۰ و ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم تعیین شده است (سازمان حفاظت محیط‌زیست). این در حالی است که حداکثر مقدار مجاز سرب و کادمیوم در خاک توسط بسیاری از کشورهای اروپایی به ترتیب۱۰۰ تا ۲۰۰ و ۱ تا ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک تعیین شده است (کاباتا پندیاس و پندیاس[2]، ۱۹۹۲). بر اساس نتایج، اگرچه میانگین غلظت کل این دو عنصر نسبت به میانگین جهانی بالاتر است اما در مقایسه با حداکثر مقدار مجاز این دو عنصر مقادیر کمتری را نشان می‌دهد. کادمیوم با مقدار معمول ۰/۰٦ تا ۱/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک متحرک‌ترین عنصر سنگین در خاک است؛ درحالی‌که سرب با مقدار معمول ۲ تا ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، کم‌تحرک‌ترین عنصر سنگین در خاک محسوب می‌گردد (کاباتا پندیاس و پندیاس[2]، ۱۹۹۲) ضریب تغییرات نشان دهنده درجه تغییرات مکانی عناصر سنگین در نقاط مختلف است. اگر این مقدار بیش از ۵۰ درصد باشد تغییرات مکانی غلظت عنصر سنگین یکنواخت بوده و می‌تواند به دلیل ورود نقطه‌ای آلودگی اتفاق افتاده باشد (وانگ[3]،۲۰۲۰). در مورد هر سه متغیر موردمطالعه درصد ضریب تغییرات بیش از ۵۰ درصد بوده که احتمال تأثیر گرفتن غلظت این عناصر از عوامل آلاینده انسانی را مورد تأکید قرار می‌دهد. شکل ۳ نمودار مقایسه میانگین غلظت متغیرهای موردمطالعه در اراضی با کاربری‌های متفاوت (در سطح ۵ درصد) را نشان می‌دهد، بر اساس این نتایج، اراضی شهری با میانگین ۸/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌طور متوسط بیشترین غلظت سرب کل را دارا می‌باشند (شکل ۲– الف) و بالاتر بودن غلظت سرب قابل جذب نیز در این مناطق دور از انتظار نیست (۲–ب). ورود سرب از منابع مختلف و متنوع در اراضی شهری و صنعتی نسبت به مناطق کشاورزی و بایر را می‌توان به‌عنوان یکی از دلایل اصلی این موضوع به شمار آورد. اراضی شهری با میانگین ۰/۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌طور متوسط بیشترین غلظت کادمیم را دارا می‌باشند. محققان دامنه تغییرات کادمیم خاک را کمتر از ۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم گزارش کرده‌اند (آلووی[4]، ۱۹۹۰). مقایسه میانگین کادمیم کل در کاربری‌های مختلف نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین اراضی شهری، کشاورزی و بایر از نظر مقدار کادمیم وجود نداشته و به‌استثنای چند مکان موضعی، مابقی نقاط محدوده یکنواختی از غلظت کادمیم را دارا می‌باشند (شکل ۲ –ج).

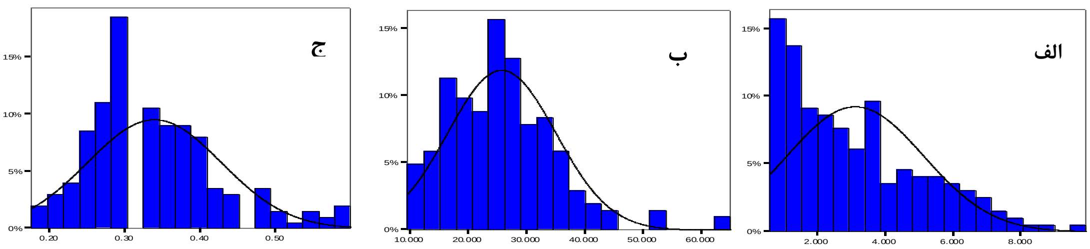
با توجه به مقدار چولگی و آزمون کولموگرف–اسمیرنف، وضعیت پراکنش سرب کل و قابل جذب در منطقه از تابع نرمال پیروی نکرد ولی ازآنجایی‌که برای انجام محاسبات زمین آماری فرض نرمال بودن توزیع مطرح است، لذا

1 Khairy et al
2 Kabata-pendias & Pendias
3 Wang
4 Alloway

لازم است که توزیع داده‌ها نرمال گردد. در بین ۲۰۹ داده موجود، تعداد ٥ داده به‌صورت نامتعادل و یـا بـه عبـارتی داده پرت بودند که باعث تغییر شدید چولگی و انحراف توزیع از حالت نرمال شدند. ازآنجاکه اسـتفاده از داده‌هـای اصـلی در مطالعات پهنه‌بندی اهمیت دارد لـذا تـرجیح داده شـد کـه ایـن تعـداد داده از مجمـوع داده‌هـا حـذف گـردد و در محاسبات بعدی از ۲۰٤ داده اصلی استفاده شد. ذکر این نکته نیز ضروری است که داده‌های حذف شـده کمتـر از ۲/٥ درصد کل داده‌ها را تشکیل می‌دادند. نمودار توزیع فراوانی نرمال شده که پس از حذف داده‌های مذکور حاصـل شـده در شکل ٤ نمایش داده شده است.



شکل ۳- نمودار جعبه‌ای سرب کل (الف)، سرب قابل جذب (ب) و کادمیم کل (ج) در منطقه به تفکیک کاربری

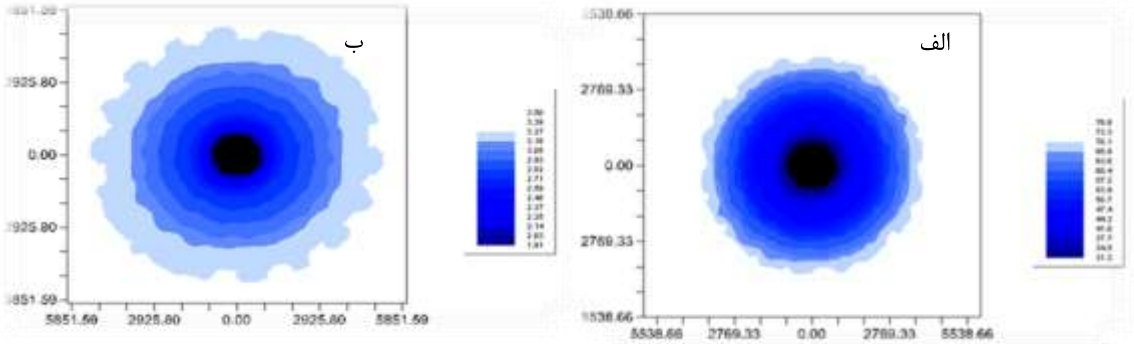


شکل ٤- توزیع فراوانی غلظت عناصر موردمطالعه در منطقه مطالعاتی پس از حذف داده‌های پرت الف: سرب کل، ب: سرب قابل جذب، ج: کادمیوم کل

۳-۲- بررسی زمین آماری و تهیه نقشه

تشـخیص ناهمسـانگردی در کریجینـگ از اهمیـت خاصـی برخـوردار اسـت. جهـت تشـخیص جهـات اصـلی ناهمسانگردی روش‌های مختلفی وجود دارد که یکی از مناسب‌ترین ایـن روش‌هـا، اسـتفاده از تغییرنماهـای سـطحی است (محمدی، ۱۳۸٥). تغییرنمای سطحی برای شکل کل و قابل جذب سرب ترسیم شـد (شـکل ٥) و در هیچ‌کـدام از حالات ناهمسانگردی خاصی مشاهده نشد. زیرا پیوستگی مکانی مقادیر متغیرهای موردبررسـی در جهـات مختلـف

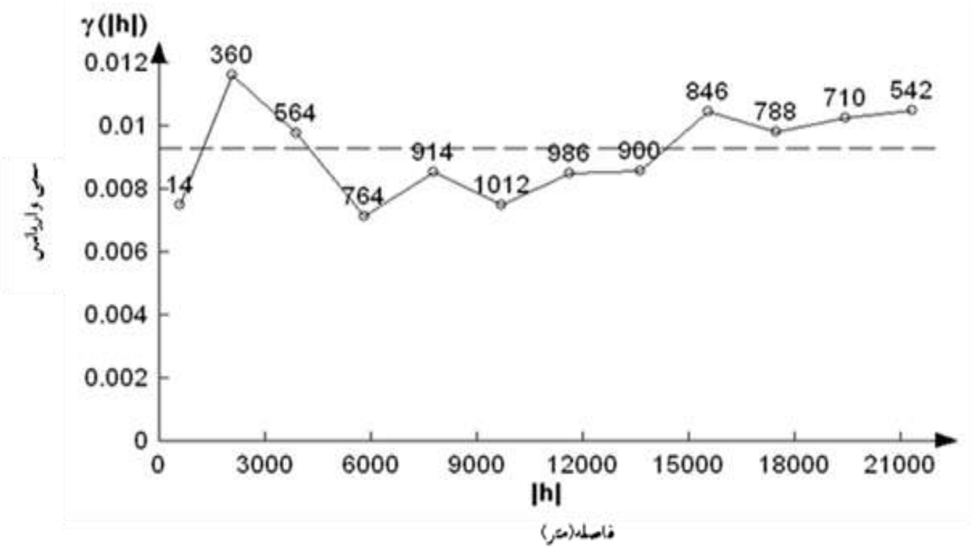
جغرافیایی یکسان بودند. تغییرنما به‌منظور تخمین به‌وسیله کریجینگ و بررسی همسانگردی، محاسبه و الگوسازی می‌شود. در مطالعه حاضر با توجه به طول منطقه مطالعاتی که حدود ۳٦ کیلومتر بود، حداقل و حداکثر فاصله مجاز دخیل در واریوگرام باید ۹ تا ۱۸ کیلومتر در نظرگرفته می‌شد، لذا حداکثر فاصله مجاز در رسم واریوگرام ١٦ کیلومتر انتخاب شد.



شکل ٥- واریوگرام سطحی سرب کل (الف) و سرب قابل جذب (ب)

در این مطالعه فاصله از ۰/٥ کیلومتر تا ٤ کیلومتر که حداقل و حداکثر فاصله بین نمونه‌ها هستند، به‌عنوان گام برای مطالعه تغییرات مکانی در نظر گرفته شد. به‌این‌ترتیب تمام زوج نمونه‌هایی که در هر کلاس فاصله‌ای قرار می‌گرفتند مشخص و واریانس آن‌ها تعیین گردید و در مقابل فاصله تفکیک رسم شد. تحمل به فاصله، نصف فاصله در نظر گرفته شد. تغییرنمای غلظت کادمیم کل به دلیل پایین بودن نسبت حد آستانه به اثر قطعه‌ای ساختار مناسبی از خود نشان نداد. یکی از علل عدم دست‌یابی به ساختار مناسب برای تغییرات مکانی مقادیر غلظت عنصر مورد نظر، وجود تغییرات در فواصل کمتر از کوچک‌ترین فاصله نمونه‌برداری در این مطالعه می‌باشد. با توجه به عدم دستیابی به ساختار مناسب تغییرنما، عملیات کریجینگ و تهیه نقشه در مورد این متغیر انجام نگرفت (شکل ٦). تغییرنماهای مربوط به سرب کل و قابل جذب نیز در شکل ۷ نشان داده شده است. در مطالعات زمین‌آماری بایستی صحت تمام فرضیات (پایایی، مدل‌های واریوگرام و غیره) به‌گونه‌ای کنترل گردد. کنترل اعتبار در واقع تخمین هر نقطه نمونه‌برداری شده در یک ناحیه با استفاده از نمونه همسایه (بدون در نظر گرفتن خود آن نمونه) با روش کریجینگ می‌باشد. در این مرحله از پژوهش، پس از تعیین مدل واریوگرام‌های متغیرهای موردمطالعه، صحت الگوی برازش داده شده توسط آنالیز خطای تخمین بررسی گردید. به‌این‌ترتیب که میانگین خطای تخمین بایستی برابر با صفر و یا نزدیک به صفر گردد و میانگین مربعات خطای تخمین حداقل شود. بر این اساس واریوگرام معتبر برای انجام کریجینگ انتخاب گردد. در این مطالعه با استفاده از سعی و خطا مناسب‌ترین الگوهای تغییرنمای متغیرهای موردمطالعه تعیین گردید و سپس توسط آزمون MEE و MSEE خطای تخمین آن‌ها به دست آمد و از میان حداقل

۵ و حداکثر ۱۸ الگو، یک الگو به‌عنوان بهترین الگو جهت کریجینگ انتخاب گردید که نتـایج در شـکل ۷ ارائـه شـده است.

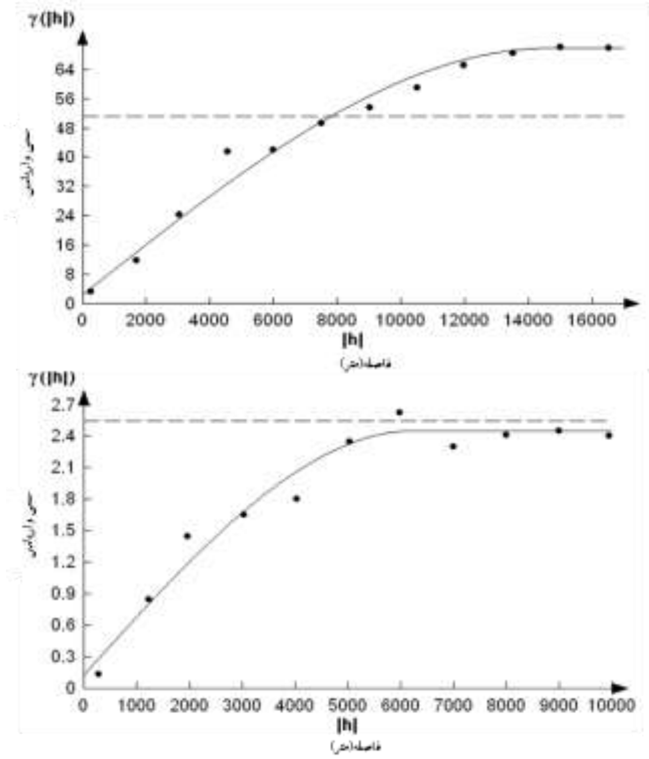


شکل ٦- تغییرنمای همه جهته کادمیم کل در خاک

در بین روش‌های مختلف کریجینگ، روش کریجینگ نقطـــه‌ای خطای کمتری دارد زیرا در این روش، مقادیر نقطه مجهول از مقادیر نقاط معلوم اطراف و از یک مدل تغییرنما بــه دســت می‌آید (ملکـی و همکــاران، ۱۳۹۳). بیشــترین کاربرد روش کریجینگ نقطه‌ای در ترسیم نقشه‌ها است. بدین ترتیب که براساس نقـاط واقـع در شـبکه نمونـه‌برداری، ابتدا شبکه منظمی از نقاط تعریف شده با مختصات معلوم روی نقشه به روش کریجینگ نقطـه‌ای مـورد تخمـین قـرار می‌گیرد و سپس با یک الگوریتم انتخابی خطوط هم تراز آن‌ها رسم می‌شود. در مطالعـه حاضـر از کریجینـگ نقطـه‌ای برای میانیابی استفاده گردید. مطالعات متعددی از این روش برای پهنه‌بندی عناصر مختلف در ایران انجام گرفتـه اسـت (بقایی و دلیری، ۱۳۹۸؛ صادق و همکاران، ۱۳۹۸؛ محمدی، ۱۳۹۷؛ صـدر و افیـونی،۱۳۹٦؛ سـیفی و میرزایـی، ۱۳۹٦، دادگر و همکاران، ۱۳۹٤).

الف: ویژگی ساختاری تغییر نمای منتخب برای انجام کریجینگ سرب کل	
الگوی تغییرنما	کروی
دامنه تأثیر (m)	۱٤٦۱۹
حد آستانه	٦۷/٥
اثرقطعه‌ای	۲/٦
MSEE	۱٤/۰۳
MEE	-۰/۰٦

ب: ویژگی ساختاری تغییر نمای منتخب برای انجام کریجینگ سرب قابل جذب	
الگوی تغییرنما	کروی
دامنه تأثیر (m)	٦۲٤۳
حد آستانه	۲/۳۳
اثرقطعه‌ای	۰/۱۳
MSEE	۲/٥٥
MEE	-۰/۰۲

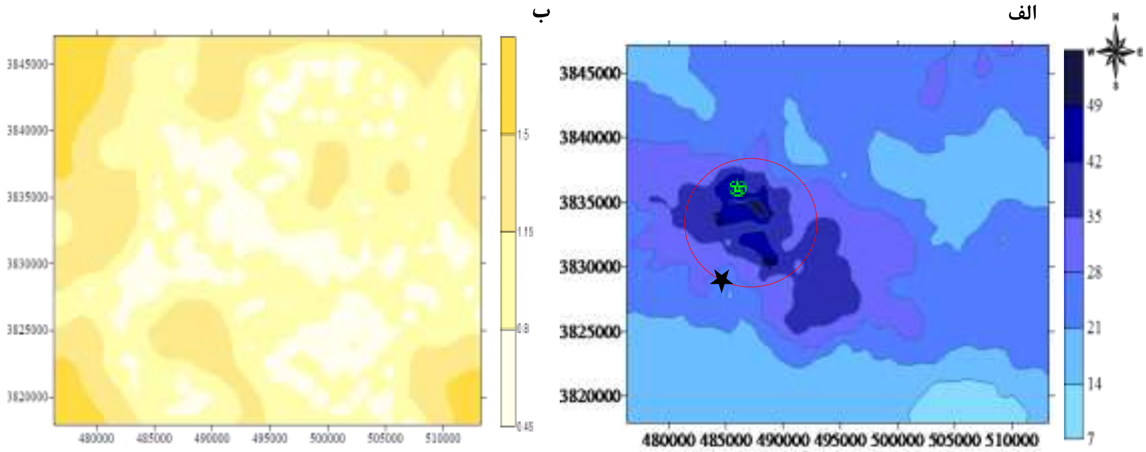


شکل ۷- تغییرنمای همه جهته سرب کل (الف) و سرب قابل جذب (ب) به همراه پارامترهای الگو تغییرنما

شکل ۸-الف و ۹-الف به ترتیب نقشه پراکندگی سرب کل و قابل جذب را با توجه به موقعیت جغرافیایی منطقه نشان می‌دهد. محدوده‌های تیره‌رنگ در نقشه محدوده‌های دارای بالاترین غلظت، در منطقه مطالعاتی می‌باشد. شکل (۸-ب) و (۹-ب)، واریانس خطای تخمین حاصل از کریجینگ نقطه‌ای را نشان می‌دهد. همان‌طور که در این نقشه مشاهده می‌شود حاشیه نقشه دارای واریانس تخمین بیشتری نسبت به سایر نواحی می‌باشد. علت این امر اریب بودن تخمین‌ها در حاشیه می‌باشد. برای رفع این مشکل می‌توان یک یا دو ردیف بیشتر از سطح مورد نیاز نمونه‌برداری انجام داد یا این‌که عمل میان یابی را در حواشی منطقه نمونه‌برداری انجام نداد.

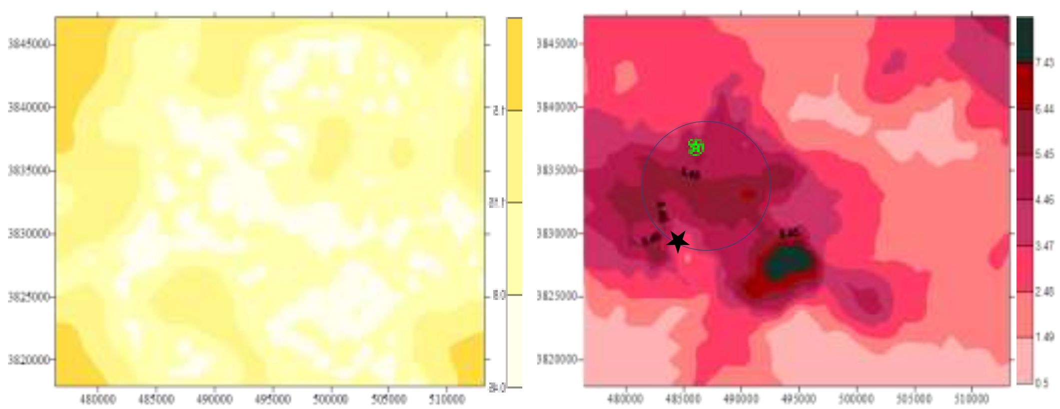
بر اساس نقشه‌های توزیع سرب کل و قابل‌جذب در این مطالعه و انطباق این نقشه‌ها با نقشه کاربری اراضی (۲-الف)، مشاهده می‌شود که تمرکز مناطق دارای غلظت بالای سرب در نواحی شهری و صنعتی بیشتر است. این مطلب در نمودارهای مقایسه میانگین سرب کل و قابل جذب در کاربری‌های متفاوت نیز گزارش گردید که بیانگر ورود عمده سرب از منابع صنعتی و شهری به خاک سطحی منطقه مطالعاتی است. لذا می‌توان دود ناشی از اتومبیل‌ها و ترافیک شهری را از عوامل اصلی افزایش سرب در این مناطق به شمار آورد.

ب الف



شکل ۸- الف: نقشه تخمین حاصل از کریجینگ نقطه‌ای سرب کل ($mg\ kg^{-1}$) و ب: نقشه واریانس تخمین حاصل از کریجینگ نقطه‌ای سرب کل ($mg\ kg^{-1}$) ★ به ترتیب شهرک صنعتی محمودآباد و معادن سرب، روی و منگنز را نشان می‌دهد. محدوده داخل دایره تمرکز شهرنشینی و صنایع را نشان می‌دهد.)

ب الف



شکل ۹- الف: نقشه تخمین حاصل از کریجینگ نقطه‌ای سرب قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$) و ب: نقشه واریانس تخمین حاصل از کریجینگ نقطه‌ای سرب قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$) ★ به ترتیب شهرک صنعتی محمودآباد و معادن سرب، روی و منگنز را نشان می‌دهد. محدوده داخل دایره تمرکز شهرنشینی و صنایع را نشان می‌دهد.)

محققان در مطالعات متعددی تراکم سرب را در مناطق شهری و صنعتی گزارش کردند و علت این افزایش غلظت را به فعالیت‌های انسانی و تردد وسایل بنزین سوز نسبت دادند (کربیک و همکاران[1]، ۲۰۱۰؛ جانسون و

1 Skrbic et al

همکاران[1]، ۲۰۱۷؛ منگ و همکاران[2]، ۲۰۲۰). کریمی و همکاران (۱۳۹۳) عامل ایجاد نقاط حساس عنصر سرب در خاک‌های حومه و شهر مشهد را وجود کاربری شهری، جهت وزش باد غالب منطقه و نزدیکی نقاط حساس به فرودگاه مشهد معرفی کردند.

طی سال‌های اخیر به دلیل حذف سرب از بنزین، ورود آن به محیط‌های شهری کاهش چشمگیری پیدا کرده اما همچنان انباشت پیشین آن در محیطزیست و خاک وجود دارد (عموئی و همکاران، ۱۳۹۰). یکی دیگر از عوامل مؤثر در بالا رفتن غلظت سرب در منطقه مطالعاتی را می‌توان به فعالیت‌های صنعتی و وجود کارخانه‌ها و کارگاه‌های کوچک و بزرگی که در سطح منطقه پراکنده هستند نسبت داد. نقش صنعت در گسترش و توسعه استان قم به‌مراتب بیش از بخش کشاورزی بوده است. یکی از دلایل گسترش کارگاه‌های صنعتی در این استان، نزدیکی به شهر تهران و از طرف دیگر به دو استان صنعتی اصفهان و مرکزی می‌باشد. در میان گسترگی بالای محدوده‌های صنعتی در منطقه مطالعاتی، شهرک صنعتی محمودآباد به‌عنوان یکی از فعال‌ترین شهرک‌های صنعتی استان قم محسوب می‌شود که با وسعتی بالغ بر ۷۰۰ هکتار در بخش قمرود واقع شده است و ده‌ها کارگاه و کارخانه صنعتی را در خود جا داده است (محل قرارگیری این شهرک در نقشه‌ها مشخص شده است). نقشه‌های کریجینگ حاصل از مطالعات توزیع مکانی سرب، روی و کادمیم در خاک‌های منطقه انگوران (استان زنجان) نیز نشان داد که غلظت فلزات سنگین در اطراف کارخانه‌های تولیدی افزایش یافته و با افزایش فاصله غلظت آن‌ها کاهش می‌یابد (عبداللهی و همکاران، ۱۳۹۱).

در استان قم تعداد زیادی معادن فعال کوچک و بزرگ مورد بهره‌برداری قرار گرفته است که وجود معدن سرب، روی و منگنز واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی شهر قم هم می‌تواند به‌عنوان یکی از منابع افزایش سرب به خاک منطقه به شمار آید. ابوئیان جهرمی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی خاک اراضی اطراف کارخانه سرب و روی ایرانکوه اعلام داشتند که خاک‌های اطراف کارخانه به‌شدت به فلزات سرب، روی و کادمیوم آلوده بودند و در روستای مجاور کارخانه هرچند میزان آلودگی نسبت به محدوده اطراف کارخانه کاهش یافت ولی خاک‌های سطحی آن همچنان نسبت به فلزات سرب، روی و کادمیوم آلودگی داشتند. فیض نیا و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه معدن سرب و روی کوشک در بافق اعلام کردند که مقدار سرب در خاک سطحی نواحی پایین‌دست معدن چهار برابر مقدار آن در عمق بوده که این اختلاف را ناشی از بشرزاد بودن سرب موجود در خاک سطحی اعلام کردند. جانسی و همکاران (۲۰۱۰) علت بالا بودن مقدار سرب و کادمیوم و تعدادی از عناصر سنگین دیگر در نمونه‌های خاک منطقه‌ی اسکوپیه را حاصل فعالیت ژئوشیمیایی منتج شده از صنایع در این منطقه معرفی کرد.

بالا بودن غلظت سرب کل در کاربری‌های کشاورزی نسبت به اراضی بایر در این مطالعه را می‌توان به استفاده از انواع کودهای شیمیایی و آلی نسبت داد. استفاده از کودهای آلی به دلیل اثرهای مفیدی که بر ویژگی‌های فیزیکی و

1 Johnson et al.
2 Meng et al.

شیمیایی خاک دارند، به‌عنوان یک روش مهم در افزایش باروری خاک شناخته شده است (انگلهارت و همکاران[1]، ۲۰۰۱). هرچند که استفاده زیاد از کودهای آلی باعث تجمع فلزات سنگین در خاک و ورود آن‌ها به چرخه زنجیره غذایی می‌شود. در سال‌های اخیر استفاده از کودهای آلی نظیر کمپوست به دلیل ارزان بودن و وجود مواد آلی و مواد مغذی در آن برای خاک‌های حاوی مواد آلی کم، رواج یافته است. تحقیقات زیادی در خصوص اثرات کمپوست تولیدی از منابع مختلف بر محصولات کشاورزی در دنیا انجام شده که حاکی از مفید بودن آن‌ها در بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک‌ها است اما به دلیل وجود رنگ‌ها، وسایل الکترونیکی، وسایل آرایشی، باقیمانده مواد دارویی در زباله شهری معمولاً کودهای کمپوست حاوی فلزات سنگین می‌باشند. سرب یکی از متداول‌ترین این فلزات است که غلظتشان از چند میکروگرم تا چند میلی‌گرم در هر کیلوگرم کمپوست متغیر است (رستگار و همکاران، ۱۳۹۱) و استفاده درازمدت از آن می‌تواند باعث افزایش مقدار عناصر سنگین در حد مضر گردد. بن آچیبا و همکاران[2] (۲۰۱۰) در مطالعه‌ای نشان دادند که استفاده از کود کمپوست زباله شهری باعث افزایش سرب، کادمیوم و مس کل خاک گردید. حتی برخی آب‌های زیرزمینی مورد استفاده در کشاورزی و فاضلاب‌های مورد استفاده در آبیاری محصولات کشاورزی نیز غلظت‌های بالای سرب را دارا هستند (ماچووتی و همکاران[3]، ۲۰۰۶) و استفاده از انواع آفت‌کش‌ها نیز می‌تواند منبع ورود سرب به اراضی کشاورزی باشد.

لازم به ذکر است اختلاف معنی‌دار غلظت سرب کل بین اراضی با کاربری کشاورزی و بایر در رابطه با سرب قابل جذب مشاهده نمی‌شود. این شرایط را می‌توان به تأثیر کودهای آلی و معدنی مورد استفاده در اراضی کشاورزی بر فراهمی سرب در خاک مربوط دانست. بعد از اضافه شدن کودهای آلی به خاک، قابلیت جذب فلزات سنگین تحت تأثیر خصوصیات خاک قرار می‌گیرد که این باعث افزایش قدرت تثبیت فلز و کاهش قابلیت دسترسی آن توسط گیاه می‌شود (مرینگتون و همکاران[4]، ۲۰۰۳). با توجه به نقشه‌ی حاصل، مناطق کشاورزی واقع در قسمت مرکزی نقشه محدوده ۳۸ تا ۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب را نشان می‌دهند که در مقایسه با سایر مناطق موجود در منطقه مطالعاتی به‌استثنای اراضی شهری، غلظت بالاتری از سرب را دارند هرچند که با توجه به حد سمیت سرب برای گیاه در خاک‌های کشاورزی (جدول ۳) این مقادیر در محدوده‌ی سمیت قرار ندارند.

1 Engelhart et al.
2 BenAchiba et al.
3 Muchuweti et al.
4 Merrington et al.

جدول ۳- حداکثر غلظت قابل قبول سرب و کادمیوم بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم در کشورهای مختلف با توجه به سمیت آن‌ها برای گیاه در خاک‌های کشاورزی (پایس و بنتون جونز[1]، ۱۹۹۷)

فلز	استرالیا	کانادا	لهستان	ژاپن	انگلستان	آلمان
کادمیم	۵	۸	۳	____	۱	۲
سرب	۱۰۰	۲۰۰	۱۰۰	٤۰۰	۱۰۰	۵۰۰

____ استانداردی ارائه نشده است.

جداول ٤ و ۵ به ترتیب حدود مجاز سرب را بر اساس گزارش‌های دفتر محیط‌زیست، جنگل و منظر زمین فدرال سوئیس (FOEFL) و دفتر آب‌وخاک سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران را نشان می‌دهد. با توجه به این حدود، منطقه‌ی بسیار کوچکی در قسمت مرکزی شهر قم که در نواحی پرترافیک قرار گرفته غلظت بالاتر از حد مجاز سرب را نشان می‌دهد اما در سایر مناطق با توجه به استانداردهای موجود، آلودگی سرب وجود ندارد.

جدول ٤- حدود آستانه بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم برای خاک‌های غیر آلوده (دفتر محیط‌زیست، جنگل و منظر زمین فدرال سوئیس (FOEFL))

فلز سنگین	سرب	کادمیم	روی	مس	کبالت
حدود آستانه آلودگی (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	۵۰	۰/۸	۲۰۰	۵۰	۲۵

در منطقه مطالعاتی به‌طور موضعی نقاطی وجود دارند که غلظت کادمیم در آن‌ها به حد قابل‌توجهی بالا رفته و از مرز استانداردهای تعریف شده برای آلودگی کادمیم گذشته است. البته در بین ۲۰۹ نقطه موجود تنها ۳ نقطه (۱/٤ درصد داده‌ها) از چنین شرایطی برخوردار بوده و به نظر می‌رسد تعمیم این تعداد محدود به کل منطقه مطالعاتی از صحت کافی برخوردار نباشد. درمیان کاربری‌های مختلف اختلاف معنی‌داری در غلظت کادمیوم مشاهده نشد. از سوی دیگر عدم دستیابی به ساختار تغییرنمای مناسب کادمیم امکان انجام میانیابی و کریجینگ و تهیه نقشه پراکنش کادمیم وجود نداشت.

منابع آلوده‌کننده خاک به‌وسیله کادمیم عبارتند از معدن‌کاری، ذوب و تصفیه روی، آلودگی اتمسفری، خرد کردن زباله‌هایی که دارای کادمیم می‌باشند، سوزاندن قوطی‌های پلاستیکی و بطری‌ها، کاربرد لجن فاضلاب و لجن باطری‌ها در اراضی و سوزاندن سوخت‌های فسیلی (آلووی[2]، ۱۹۹۰). در اینجا نباید نقش کودهای فسفاته را نادیده گرفت.

---

1 Pais & Benton Jones
2 Alloway

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، کودهای فسفاته مهم‌ترین منبع ورود کادمیم به اراضی کشاورزی می‌باشند. مقدار کادمیم در خاک‌های سطحی به مقدار زیادی تحت تأثیر فعالیت‌های بشر می‌باشد.

جدول ۵- حدود مجاز سرب و کادمیوم بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم (دفتر آب‌وخاک سازمان حفاظت محیط‌زیست ایران)

آلاینده	انسان					حفاظت محیط‌زیست	حفاظت آب‌های زیر زمینی
	مسکونی	تجاری	پارک تفریحی	کشاورزی	جنگل و مرتع		
کادمیوم	۲	۸	۸	۵	۸	۳/۹	۲۰
سرب	۸۰	۷۰۰	۲۹۰	۷۵	۲۹۰	۳۰۰	۳۰۰

اگرچه این عنصر به‌صورت طبیعی هم وارد محیط می‌شود (نایدو و همکاران[1]، ۱۹۹۷). در مطالعات رحیمی و چرخ‌آبی (۱۳۹۳) مشخص شد که فعالیت‌های انسانی از قبیل ورود فاضلاب‌های صنعتی و شهری به منابع آب‌رسانی و کاربرد بیش‌ازاندازه کودها در افزایش غلظت کادمیوم در شالیزارهای جنوب غرب اصفهان تأثیر بسزایی داشته است. خالدان و همکاران (۱۳۹۶) نیز در بررسی‌های خود نقش کارخانه فولاد مبارکه را در بالا بردن غلظت کادمیوم در نواحی اطراف این مجموعه را مورد تأکید قرار دادند.

٤- جمع‌بندی

در مجموع با توجه به شناسایی نقاط موضعی که غلظت عناصر سنگین موردمطالعه در آن‌ها بیشتر از حد مجاز استانداردهای جهانی است، روشن شد که منطقه مطالعاتی پتانسیل لازم جهت پیشروی به سمت آلودگی و بروز علائم آلودگی را دارد. لذا لازم است اقدامات مدیریتی لازم جهت جلوگیری از بروز حوادث مخرب زیست‌محیطی انجام گیرد. از جهت دیگر غلظت بالای سرب در محدوده شهری شهرستان قم، لزوم اعلام‌خطر برای مسئولین شهری جهت توجه به کنترل بیشتر بر حرکت وسائل نقلیه و کیفیت بنزین، کنترل و مدیریت واحدهای صنعتی کوچک در سطح شهر و وضع قوانین سختگیرانه‌تر در دفع فاضلاب و پسماندهای معادن اطراف شهر را بیشتر می‌کند.

تشکر و قدردانی

با سپاس از دانشگاه پیام نور استان کرمان، مرکز رفسنجان.

1 Naidu et. al.

کتابنامه

بقائی، امیرحسین؛ دلیری، امیر؛ ۱۳۹۸. تجزیه‌وتحلیل زمین آماری پراکنش سرب و کادمیوم خاک با استفاده از شاخص‌های زیست‌محیطی در منطقه جنوب غرب اصفهان در سال ۱۳۹٦. *مهندسی بهداشت محیط*. شماره ٦(۳). ۲۳۹-۲٥۰.

خالدان، شقایق؛ تقوی، لعبت؛ پیکان پورفرد، پروانه؛ ۱۳۹٦. بررسی تغییرات مکانی پراکنش سرب و کادمیوم با استفاده از تکنیک‌های زمین‌آمار و GIS (مطالعه موردی: اراضی اطراف مجتمع فولاد مبارکه)، *فصلنامه سلامت و محیط‌زیست*، شماره ۱۰(۲). ۱٥۱-۱٦٤.

دادگر، مریم؛ محمد علیها، مسعود؛ زندی اصفهان، احسان؛ ۱۳۹٤. تجزیه‌وتحلیل زمین آماری غلظت آهن و روی در اراضی مرتعی و زراعی مطالعه موردی منطقه آبسرد شهر دماوند، *تحقیقات مرتع و بیابان ایران*. شماره ۲۲(۳). ٤٤۷-٤٥٤.

رحیمی، قاسم؛ چرخ آبی، امین؛ ۱۳۹۳. توزیع مکانی کادمیوم در شالیزارهای جنوب غربی اصفهان با استفاده از زمین‌آمار و GIS، *آب‌وخاک*. شماره ۲۸(٤)، ۷٥٤-۷٦٥.

رستگار، ایوب؛ جنیدی جعفری، احمد؛ فرزاد کیا، مهدی؛ رضائی کلانتری، روشنک؛ آبادی، احداللـه؛ قلیزاده، عبدالمجید؛ ۱۳۹۱. بررسی تأثیر کمپوست مواد زائد شهری بر میزان نشت و جذب فلزات سنگین از خاک شنی رسی لومی. *مجله دانشگاه علوم پزشکی سبزوار*، شماره ۱۹(۳)، ۲۷۷-۲۸٦.

سازمان حفاظت محیط‌زیست، معاونت محیط‌زیست انسانی، دفتر آب‌وخاک. استانداردهای کیفیت منابع خاک و راهنماهای آن.

سیفی، یونس؛ میرزایی، روح‌الله؛ ۱۳۹٦. مقایسه روش‌های درون‌یابی مکانی جهت پهنه‌بندی غلظت فلزات سنگین در خاک سطحی شهرستان آران و بیدگل. *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*. شماره ۱۸(۱)، ۱۳۱-۱٤۷.

صادق، نرگس؛ رضایی، محمدرضا؛ صیادی اناری، محمدحسین؛ ۱۳۹۸. ارزیابی آلودگی به فلزات سنگین سرب، کروم و کادمیوم تحت تأثیر نوع کاربری در خاک و گیاه زعفران (مطالعه موردی: فردوس). *پژوهش‌های زعفران*. شماره ۷(۱)، ۱-۱۲.

صدر، سمیه؛ افیونی، مجید؛ ۱۳۹٦. بررسی توزیع وانادیوم در اراضی با کاربری‌های کشاورزی و صنعتی در استان اصفهان. *محیط‌شناسی*. شماره ٤۳(۲)، ۲۰۷-۲۱۸.

عبداللهی، سمانه؛ دلاور، محمد امیر؛ شکاری، پرویز؛ ۱۳۹۱. پهنه‌بندی توزیع مکانی سرب، روی و کادمیم و ارزیابی آلودگی خاک‌های منطقه انگوران، استان زنجان، *آب‌وخاک*، شماره ۲٦(٦)، ۱٤۱۰-۱٤۲۰.

عموئی، عبدالایمان؛ محوی، امیرحسین؛ ندافی، کاظم؛ ۱۳۹۰. مقایسه میزان سرب، کادمیوم و روی در خاک مناطق صنعتی، کشاورزی و بزرگراه آمل و بابل (۱۳۸۷). *دانشگاه علوم پزشکی بابل*، شماره ۱٤(۱)، ۷۷-۸۲.

فیض نیا، سادات؛ مختاری، احمدرضا؛ جعفری، محمد؛ قانعی، محمدجواد؛ خداییان، زیبا؛ ۱۳۹۸. بررسی پراکنش سرب و شاخص‌های زیست‌محیطی آن در خاک‌های مجاور معدن سرب و روی کوشک – بافق، مرتع و آبخیزداری،

شماره ۷۲(۲)، ۵۱۷–۵۲٦.

محمدی، جهانگرد؛ ۱۳۸۵. *پدومتری* (آمار مکانی). جلددوم. انتشارات پلک.

محمدی، صدیقه؛ ۱۳۹۷. تحلیل توزیع مکانی فلزات سنگین مس، روی و آرسنیک در خاک اطراف کارخانه ذوب مس خاتون‌آباد شهربابک. *تحقیقات کاربردی خاک*. شماره ٦(٤)، ٨٤–٩٦.

ملکی، صدیقه؛ خرمالی، فرهاد؛ کریمی، علیرضا؛ ۱۳۹۳. تهیه نقشه کربن آلی خاک با استفاده از خصوصیات توپوگرافی و زمین‌آمار در بخشی از منطقه توشن، استان گلستان. *پژوهش‌های آب و خاک* (علوم خاک و آب). شماره ۲۸(۲). ٤٥٩–٤٦٨.

Ajoyi A, Kamson F., 1983. Determination of lead in roadside in Logos city by atomic absorption spectrophotometry. Environment International 9: 397-400

Alloway BJ, 1990 Heavy Metals in Soils Blackie and Son, Ltd Glasgow and London.

Behera SK, Shukla AK., 2015. Spatial distribution of surface soil acidity, electrical Conductivity, soil organic carbon content and exchangeable Potassium, calcium and Magnesium in some cropped acid Soils of India. Land Degradation & Development 26: 71–79

BenAchiba W, Lakhdara A , Gabtenib N, Du Laingc G, Verlooc M, Boeckxd P, Van Cleemputd P, Jedidi N, Gallali, T., 2010. Accumulation and fractionation of trace metals in a Tunisian calcareous soil amended with farmyard manure and municipal solid waste compost. Journal of Hazardous Materials 176: 99-108

Bhunia GS, Shit PK, Chattopadhyay R., 2018. Assessment of spatial variability of soil properties using geostatistical approach of lateritic soil (West Bengal, India). Annals of Agrarian Science *16*(4):436-443

Cao S, Lu A, Wang J, Huo L., 2017. Modeling and mapping of cadmium in soils based on qualitative and quantitative auxiliary variables in a cadmium contaminated area. Science of the Total Environment 580: 430-439

Cortés JL, Bautista F, Delgado C, Quintana P, Aguilar D, Garcia A, Figueroa C, Gogichaishvili A., 2017. Spatial distribution of heavy metals in urban dust from Ensenada, Baja California, Mexico. The Revista Chapingo Serie Horticultura 23(1): 235-248

Engelhart M, Kruger M, Kopp J, Dichtl N., 2000. Effect of disintegration on an aerobic degradation of sewage excess sludge in downflow stationary fixed film digesters. Water Science and Technology 41: 171–179

FOEFL (Swiss Federal Office of Environment, Forest and Landscape) 1998. Commentary on the ordinance relating to pollutants in soils (VBBO of July 1, 1998) Bern

Hagner M, Romantschuk M, Penttinen OP, Egfors A, Marchand C, Augustsson A., 2018. Assessing toxicity of metal contaminated soil from glassworks sites with a bat-tery of biotests. Science of the Total Environment 613–614, 30-38

Jancev S, Bogoevski S, Bliznakovska B., 2010. Results of the Preliminary Regional Eco Geochemical Mapping of the Agricultural Soil Samples from the Skopje City Area. Journal of Environmental Protection and Ecology 11(3): 854-865

Johnson LE, Bishop TFA, Birch GF. 2017. Modelling drivers and distribution of lead and zinc concentrations in soils of an urban catchment (Sydney estuary, Australia). Science of the Total Environment 598, 168-178

Kabata-pendias A, Pendias H. 1992. Elements of group II In: Trace elements in soils and plants

2nd Edition, CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor London.
Kabata-pendias A., 2010. Trace elements in soils and plants Fourth Edition CRC press Talor and francis Group, LLC.
Karlen DL, Wienhold BJ, Kang S, Zobeck TM, Andrews SS., 2011. Indices for soil management decisions. Soil Management: Building a Stable Base for Agriculture 39-50
Khairy M, barakat A, mostafa A, wade T., 2011. Multielement determination by flame atomic absorption of road dust samples in delta region Egypt. microchemical journal 97: 234-242
Lasat MM, 2002. Phytoextraction of toxic metals: A review of biological mechanisms. Journal of Environmental Quality 31(1): 109-120.
Lindsay WL, Norvell WA., 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal 42: 421-428
Lv J, Yu Y., 2018. Source identification and spatial distribution of metals in soils in a typical area of the lower Yellow River eastern China. Environmental Science and Pollution Research 25, 21106-21117
Meng Y, Cave M, Zhang C., 2020. Identifying geogenic and anthropogenic controls on different spatial distribution patterns of aluminum, calcium and lead in urban topsoil of Greater London. Authority area. Chemosphere 238: 124541
Merrington G, Oliver I, Smernik RJ, McLaughlin MJ., 2003. The influence of sewage sludge properties on sludge-borne metal availability. Advances in Environmental Research 8: 21-36
Mombo S, Foucault Y, Deola F, Gaillard I, Goix S, Shahid M, Schreck E, Pierart A, Dumat C., 2015. Management of human health risk in the context of kitchen gardens polluted by lead and cadmium near a lead recycling company. Journal of Soils and Sediments 16(4), 1214-1224
Morton-Bermea O, Hernadez Alvarez E , Gaso I, Seqovia N., 2002. Heavy metal concentrations in surface soils from Mexico City. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 68(3):383-388
Muchuweti M, Birkett JW, Chinyanga E, Zvauya R., 2006. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: Implications for human health, Agriculture. Ecosystems and Environment 112:41-48
Muñoz-Nájera MA, Tapia-Silva FO, Barrera-Escorcia G, Ramírez-Romero P., 2020. Statistical and geostatistical spatial and temporal variability of physico-chemical parameters, nutrients, and contaminants in the Tenango Dam, Puebla, Mexico. Journal of Geochemical Exploration 209: 106435
Naidu R, Kookana RS, Sumner ME, Harter RD, Tiller KG., 1997. Cadmium sorption and transport in variable charge soils: a review. Journal of Environmental Quality 26: 602-607
Pais IJ, Benton Jones J., 1997. The handbook of Trace Element Publishing by: Luice St Press Boc a Raton Florida USEPA 2162-2168
Skrbic B, Mladenovic N., 2010. Chemometric interpretation of Heavy Metal Patterns in Soils.Worldwide Chemosphere 80: 1360-1369
Wang Y, Duan X, Wang L., 2020. Spatial distribution and source analysis of heavy metals in soils influenced by industrial enterprise distribution: Case study in Jiangsu Province. Science of the Total Environment 710:134953
Zhen J, Pei T, Xie S., 2019. Kriging methods with auxiliary nighttime lights data to detect potentially toxic metals concentrations in soil. Science of the Total Environment 659:363-371

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارۀ سی و هشتم، تابستان ۱٤۰۰

صص ۹۱- ۷۹

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.67003.0

مقاله پژوهشی

موقعیت بلاکینگ‌ها و بارش‌ها در ایران

نرگس ناصری- کارشناسی ارشد آب و هواشناسی سینوپتیک، گروه جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد.

رضا دوستان[1]- استادیار اقلیم‌شناسی گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد.

عباس مفیدی- استادیار اقلیم‌شناسی گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸ تاریخ بازنگری: ۱٤۰۰/۲/۲۱ تاریخ تصویب: ۱٤۰۰/۳/٦

چکیده

برای تعیین موقعیت و نوع بلاکینگ‌ها مؤثر بر اقلیم دوره سرد ایران، داده‌های روزانه ارتفاع ژئوپتانسیل متر سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در محدوده ۱۰-۷۰ درجه شمالی و ۱۰-۸۰ درجه شرقی با تفکیک ۲/۵ درجه در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹٦۱ استفاده شد. بلاکینگ‌ها با شاخص کمی تیبالدی بر روی نقاط رقومی شناسایی گردید. در منطقه موردمطالعه، سه ناحیه وقوع بلاکینگ به ترتیب در اروپای مرکزی، اروپای شرقی و آسیای مرکزی وجود دارند. نوع غالب بلاکینگ‌ها در این نواحی از نوع رکس با قرارگیری بلاکینگ و سردچال در سطوح میانی جو، روی همدیگر می‌باشد، چنانچه در اروپای مرکزی و شرقی یک بلاکینگ از نوع رکس شکل گیرد، همزمان در آسیای مرکزی یک تراف عمیق یا سردچال ایجاد می‌شود و این تسلسل در سیستم‌های جوی نصف‌النهاری طبیعی است. بارش‌های ایران با سیستم بلاکینگ رکس اروپای شرقی و سردچال آسیای مرکزی بیشترین ارتباط را داشته و ریزش‌ها در غالب نقاط ایران افزایش دارد؛ اما چنانچه در ناحیه آسیای مرکزی، ارتفاع افزایش داشته و بلاکینگ از نوع امگا شکل گیرد، به دلیل افزایش ارتفاع جو، بارش‌ها در غالب نقاط ایران کاهش دارند؛ اما چنانچه در اروپای مرکزی یک بلاکینگ از نوع امگا شکل گیرد با عمیق شدن تراف در بالکان و دریای سیاه، با ریزش‌های جوی در شمال غربی ایران همراه است و اگر این نوع بلاکینگ در اروپای شرقی شکل گیرد، عمدتاً تمرکز بارش‌ها در ناحیه خزری، خزر شرقی تا شمال شرقی ایران، است.

کلیدواژه‌ها: بلاکینگ، بارش، سردچال، ایران.

[1] نویسنده مسئول: ۰۵۱۳۸۸۰۵۲۸۸ Email: doostan@um.ac.ir

۱- مقدمه

کشور ایران به دلیـــل موقعیـت جغرافیـایی و توپوگرافی، اقلیم متنـوعی دارد. بارش‌های سالانهٔ کم با نوسان شدید، رگباری و کوتاه‌مدت، از ویژگی‌های بـــارز رژیم بارشی غالب مناطق ایران است. بلاکینگ پدیده‌ای نادر است، که وقوع آن باعث ناهنجاری پراکنش بارش‌های جوی در سـطح زمین می‌شــود. جریان‌های جوی در عرض‌های میانی حرکت معمول غربی _ شــرقی و موجی دارند. چگونگی حرکت موجی جریان بادهای غربی در عرض‌های میانه، در سـطوح میانی جو قابل‌شـناسـایی اسـت. متوسـط ماهانه یا فصلی این جریان‌ها در سطح مذکور حاکی است، حرکت موجی در دورهٔ سـرد سـال منظم‌تر و البته بزرگ‌مقیاس‌تر بوده و در مقیاس روزانه چنین نظمی کمتر است. بادهای غربی اغلب به شـکل ناوه و پشــته حرکت می‌کنند. این زبانه‌ها در ابعاد متفاوت و در ارتباط با طول موجشــان به دو حالت، مداری و نصـف‌النهاری تعریف می‌شـود. جریان‌های غربی درحرکت معمول، ناوه‌ها و پشـته‌های جوی را به سمت شرق جابجا می‌کنند. جابجایی این سـیسـتم‌ها در محدوده عرض میانی و در امتداد جبهه قطبی است (علیجانی، ۱۳۸۱). در حرکت مداری بادهای غربی، جابجایی بادهای غربی و سـیسـتم‌های همراه با آن‌ها سریع است، اما در حرکت نصف‌النهاری، با کند شـدن بادها، سـیسـتم‌ها نیز ماندگاری بیشـتری در مناطق مختلف جغرافیایی داشـته، که به آن‌ها سـیسـتم‌های مانا میگویند. دو سـیسـتم غالب در ارتباط با حرکت نصف‌النهاری بادهای غربی و عمیق شدن آن‌ها، شکل‌گیری بلاکینگ‌ها و ســردچـال ها در مناطق مختلف جغرافیایی اســت. با توجه به این که بلاکینگ‌ها از پدیده‌های جوی در عرض‌های برون حاره اسـت، اما با توجه به موقعیت جغرافیایی ایران، در دوره سـرد سال این منطقه نیز تحت تأثیر حرکت بادهای غربی و بعضـاً پدیده بلاکینگ قرار می‌گیرد. با وقوع این پدیده سـامانه‌های کم‌فشـاری که در حالت طبیعی از غرب به شرق جابجا شــده، تحت چنین شــرایطی، جریان‌های جوی در لایه‌های میانی و بالایی تروپوســفر با نزدیک شـــدن به بلاکینگ، به دوشـاخه شـمالی و جنوبی تقسـیم می‌شوند. چنانکه شاخه طرف راست به سمت عرض پایین و یک ناوه عمیق و سـرد ایجاد کرده، و شاخه دیگر در طرف چپ، به سمت عرض‌بالاتر منحرف شده و پشته گرم را دور می‌زند. این شــرایط در حرکت نصــف‌النهاری بادهای غربی و با افزایش دمای هوا در زمســتان‌ها و کاهش شـیب فشــار بین عرض‌هـای شـــمالی و جنوبی در هر نیمکره اتفاق می‌افتد، چنانکه با گرمایش کره زمین، احتمال وقوع بیشـــتر آن در آینده، ممکن اسـت؛ بنابراین با این تغییر در مسـیر جریان بادهای غربی و سـیستم‌های همراه آن‌ها، بر ریزش‌های جوی و پراکنش آن‌هـا در منـاطق مختلف تأثیر می‌گذارند. بر اســـاس همین مهم، مطالعات زیادی در جهان و ایران، ارتباط بلـاکینـگ و بـارش را مطـالعـه کرده‌اند. از آن جمله، رکس (۱۹۵۰) اولین بررســـی‌ها را در زمینه بلاکینگ انجام داد، با بررســی رابطه بلاکینگ در تروپوســفر میانی و اقلیم، نشــان داد که بلاکینگ‌ها، مرتبط با واچرخند ســطحی، عمدتاً در شــمال شــرقی اطلس و شــرق آرام شمالی ایجاد می‌شوند. همچنین ویژگی بلاکینگ در نیمکره شمالی و جنوبی، شامل فراوانی وقوع، طول مدت، تعداد روز و شـدت بلاکینگ حاکی اســت، بیشــترین فراوانی زمانی و مکانی بلاکینگ هر دو

نیمکره، در فصل سرد است. از طرفی بلاکینگ‌های قوی‌تر و با فراوانی بیشتر در سال‌های لانینو رخ می‌دهند (وایدنمن[۱] و همکاران، ۲۰۰۲). در منطقه کوهستانی اورال، رابطه تغییرات بندالی زمستان با اقلیم آسیای شرقی بررسی شد. چنانکه با حرکت بندال به سمت شرق و ادغام با پرفشار سیبری، زمستان‌های گرم و خشک در آسیای شرقی وجود دارد (وانگ[۲] و همکاران، 2010). همچنین با بررسی دمای مدیترانه، دریای شمال و اطلس شمالی با امواج گرمایی تابستانه اروپا مشخص شد، چرخش بلاکینگ و پایداری هوا، موجب تقویت ناهنجاری‌های دمای آب، کاهش جریان باروکلینیک و تشدید امواج گرمایی می‌شود (فئودال[۳] و شوکلا، ۲۰۱۱). لو[٤] و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی نوسانات قطبی آتلانتیک شمالی با بلاکینگ و ریزش برف در خاورمیانه نشان داد، با وقوع بلاکینگ امگا در اروپا، نفوذ هوای سرد و بارش برف در خلیج‌فارس وجود دارد. همچنین با شناسایی بلاکینگ زمستان در اطلس نشان داد، ماهیت بلاکینگ در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال امکان‌پذیر است. با وقوع بلاکینگ، حرکت طبیعی هوا به سمت شرق کند، شرایط جوی غیرمعمول و رخدادهای شدید آب‌وهوا افزایش دارد (پورتر[۵]،۲۰۱۷). در ایران، رابطه بلاکینگ امگا و بارندگی شدید شمال غرب نشان داد، موقعیت بلاکینگ شمال دریای خزر و کم‌فشار غرب بلاکینگ، در وقوع بارش تأثیر بیشتری دارد (معصوم پور و همکاران، ۲۰۱۱). از طرفی با وقوع سردچال در جنوب دریای خزر، نفوذ پرفشار سیبری در جو پایین و حرکت جنوبی بادهای غربی با عبور از دریای گرم جنوبی، بارش‌های شدید مرکز و جنوب غربی ایران افزایش دارد (امیدوار و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین دو سامانه بلاکینگ از نوع امگا و دو قطبی با ریزش هوای سرد، دو رخداد سرمای فرین ایران در ژانویه ۱۹٦٤ و ۲۰۰۸ گردید (عزیزی و خلیلی، ۱۳۹۰). همچنین از بین چهار الگوی غالب در ریزش‌های جوی ایران، الگوی بلاکینگ امگای تراف سمت راست، با ریزش هوای سرد از عرض بالا و پرفشار قوی در ایران، منجر به کاهش شدید دما و ریزش برف می‌گردد (درگاهیان و علیجانی، ۱۳۹۲)، چنانچه غالب بلاکینگ‌های در ۱۰ درجه طول غربی تا ۲۰ درجه طول شرقی شکل گرفته و عمده‌ترین مرکز در ارتباط با اقلیم ایران، بلاکینگ اسکاندیناوی است (درگاهیان و همکاران، ۱۳۹۳). از رخداد پدیده لغزش در غرب چهارمحال و بختیاری مرتبط با دامنه بارش و نقش بلاکینگ‌ها و مکان آن‌هاست (نیک‌اندیش و همکاران، ۱۳۹٤). همچنین علت وقوع بارش‌های سنگین بهاره در شمال غرب چهار الگو است، ازجمله، الگوی بلاکینگ زوجی در سطح میانی جو و الگوی بلاکینگ از نوع امگا، بارش‌های سنگین ریزش دارد (خورشید دوست و همکاران، ۱۳۹۵). در ادامه این پژوهش‌ها، هدف این مطالعه تعیین موقعیت بلاکینگ‌ها در محدوده جغرافیایی مؤثرتر بر اقلیم ایران، نوع بلاکینگ‌ها و چگونگی ارتباط سینوپتیکی آن‌ها با بارش‌های ایران می‌باشد.

1 Wiedenman
2 Wang
3 Feudale and shukla
4 Luo
5 Porter

۲- داده‌ها و روش

برای تعیین موقعیت بلـاکینـگ‌هـا، نوع آن‌هـا و چگونگی ارتباط جوی آن‌ها با بارش‌های ایران، داده‌های رقومی با تفکیک ۲,۵ درجه از ۱۹۶۱ – ۲۰۱۰ در دوره سـرد سـال (دسامبر تا مارس) از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و تحقیقات جوی آمریکا (NCEP-NCAR) اسـتفاده شـد. با توجه به پیشـینه مطالعات سینوپتیک و سیستم‌های جوی تأثیرگذار بر اقلیم ایران، پنجره جوی موردمطالعه، ۱۰ تا ۷۰ درجه شـمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجه شـرقی با ابعاد ۲۵ در ۲۹ درجه با ۷۲۵ گرید پونت انتخاب گردید. شـاخص مورد اسـتفاده برای تعیین موقعیت جغرافیایی بلاکینگ، شـاخص تیبالدی[1] است (Tibaldi and Molteni, 1990). این شـاخص برای هر طول جغرافیایی، شـیب ارتفاع ژئوپتانسـیل ۵۰۰ هکتوپاسـکال مدار جنوبی (GHGS) و شـیب ارتفاع ژئوپتانسـیل ۵۰۰ هکتوپاسـکال مدار شـمالی (GHGN) به شـرح زیر محاسـبه می‌شود:

$$\text{GHGN}= [\ \frac{Z(\Phi_0)-Z(\Phi_S)}{(\Phi_0-\Phi_S)}\text{GHGS}= [\frac{Z(\Phi_n)-Z(\Phi_0)}{(\Phi_n-\Phi_S)}$$

در شـاخص تیبالدی مبنا سـه عرض جغرافیایی ٤٠، ٦٠ و ٨٠ درجه اسـت، اما در این تحقیق این مبنا در عرض جغرافیایی ۲,۵ درجه در پنجره تعریف شـده، محاسـبه گردید. همچنین داده‌های شـبکه‌ای ۲,۵ درجه به‌جای ۵،۰،۵- درجه در این شاخص استفاده گردید.

$$\Phi_n = 80°N + \partial, \Phi_0 = 60°N + \partial, \Phi_s = 40°N + \partial, \partial = -5°, 0°, 5°.$$

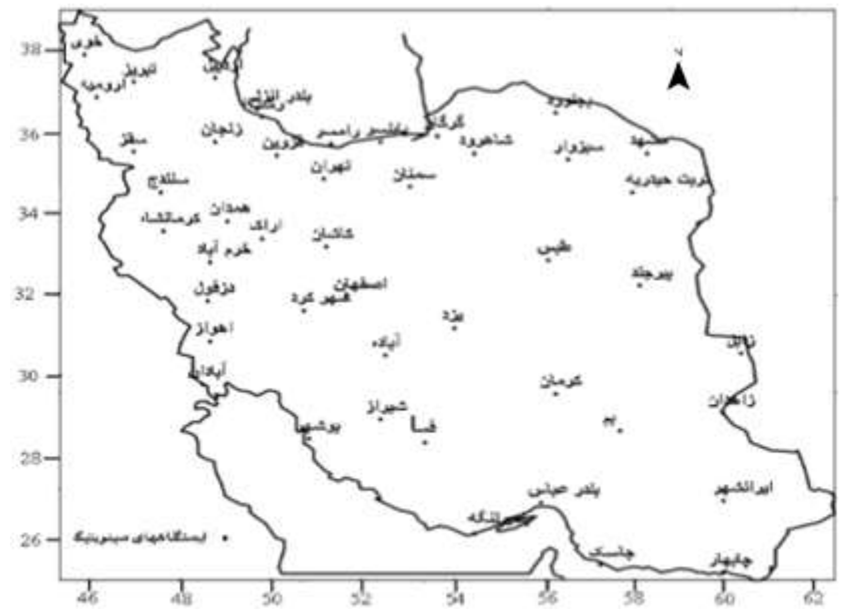
بنابراین شـروط کمی و حداقل آسـتانه برای اطمینان از بی‌هنجاری مثبت در ارتفاع ۵۰۰ هکتوپاسـکال در ناحیه یا منطقه بلاک شده و رویداد پدیده بلاکینگ عبارت‌اند از:

(1) GHGS > 0, (2) GHGN < -10 m/deg latitude

با توجه به مقادیر محاسـبه شـده، موقعیتی در هر روز از دوره مطالعه در پنجره رقومی جوی، که خروجی محاسـبه شـده در نرم‌افزار مطلب برای هر گرید پونت، اعداد منفی داشـته و پیوسـته باشـد (ناحیه)، در آن منطقه بلاکینگ حادث شـده و بسـته هوای گرم در جو بالا از پشته گرم جدا افتاده است. در ادامه با بررسی چشمی، این موقعیت‌ها در هر روز بر روی خروجی‌ها تعیین و فراوانی ماهانه و فصـلی آن‌ها مشـخص گردید. با توجه به فراوانی بلاکینگ‌های حاصـل شـده در هر موقعیت، نقشـه‌های فراوانی تهیه شـد (شـکل ۲). این نشـان می‌دهد در پنجره موردمطالعه و تأثیرگذار بر اقلیم ایران، در کـدام نواحی بیشـینـه بلـاکینـگ‌هـا حادث می‌گردد. در ادامه به‌منظور ارتباط این موقعیت‌های وقوع با

1 Tibaldi Blocking Index

بارش‌های ایران، همبســتگی پیرســون متوســط داده‌های در هر کانون با داده‌های بارش روزانه ٤٩ ایســتگاه ســینوپتیک ایران از ١٩٦١ – ٢٠١٠ محاسـبه گردید (شـکل ۱) و نقشـه‌های با خطوط هم داده همبستگی ترسیم شد، تا نشان دهد هرکدام از موقعیت‌های بلاکینگ، بیشـینه بارش‌ها در کدام منطقه از ایران اســت (شـکل ۳). همچنین به‌منظور صــحت بیشــتر در این ارتباط، داده‌های روزانه بارش chirps[1] (بر حســـب میلی‌متر) در دورۀ آماری ۲۰۱۰–۱۹۸۱ برای هر یک از موقعیت‌های بلاکینگ استفاده و ترسیم گردید.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک موردمطالعه

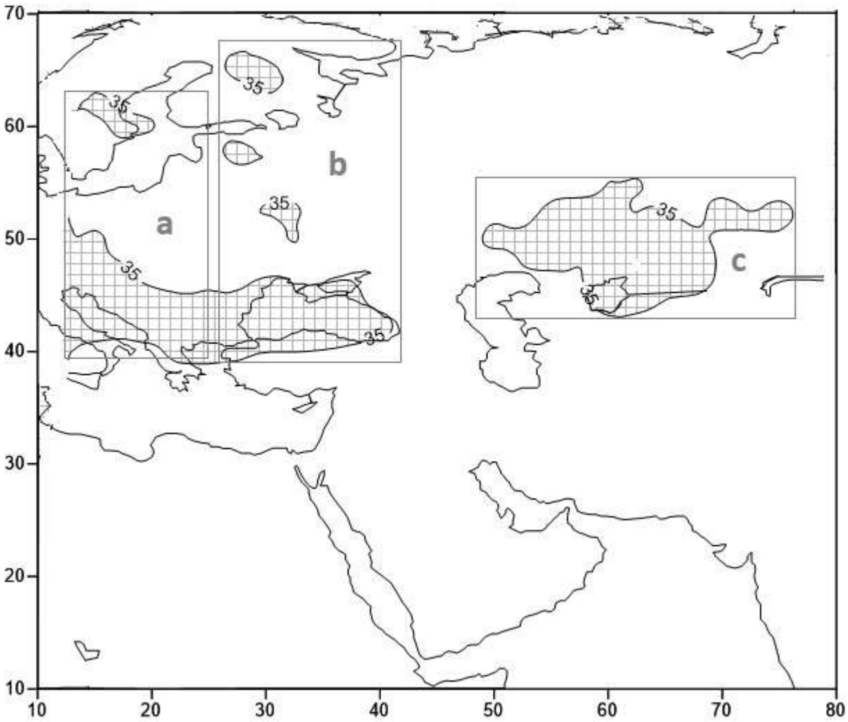
بــه‌منظور تعیین نوع بلــاکینــگ‌هــا (امگــا، رکس، دوقطبی و غیره) و چگونگی تــأثیرگــذاری آن‌ها در موقعیت‌های جغرافیایی متفاوت، بر اقلیم ایران و چگونگی پراکنش بارش‌ها، الگوهای ســـینوپتیکی در هر موقعیت بلاکینگ بررســـی شــد؛ بنابراین از بین روزهای با بیشــترین همبســتگی بارندگی‌ها با موقعیت‌های بلاکینگ، چهل روز مشــترک انتخاب و نقشــــه‌های ترکیبی برای مؤلفه‌های مهم ســـینوپتیکی ترســـیم گردید. به این منظور، داده‌های رقومی ۲,۵ درجه روزانه ارتفاع ژئوپتانسـیل متر سـطح ۵۰۰ هکتوپاسـکال (Hgt)، فشار سطح دریا (Slp)، مؤلفه باد مداری (U) و نصف‌النهاری (V) در سـطح ۸۵۰ هکتوپاسـکال برای نشـان دادن بهتر واگرایی و همگرایی و صـعود و نزول دینامیکی هوا، نم ویژه (Rs) و رطوبت نسـبی (Rh) و خطوط جریان در سـطح ۸۵۰ هکتوپاسـکال برای نشـان دادن میزان رطوبت و مسـیر توده‌هـای مرطوب در هرکـدام از موقعیـت‌هـای وقوع بلـاکینـگ‌هـا، از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و تحقیقات جوی

1 Climate hazards Group infrared precipitation with station data

آمریکا (NCEP-NCAR) اسـتفاده شد؛ بنابراین نقشه‌های ترکیبی در سطوح مختلف جوی، نوع بلاکینگ‌ها و چگونگی ارتباط بلاکینگ‌ها با شرایط جوی و بارشی در نقاط مختلف ایران را نشان می‌دهند (شکل ٤ و ٥).

۳- نتایج و بحث

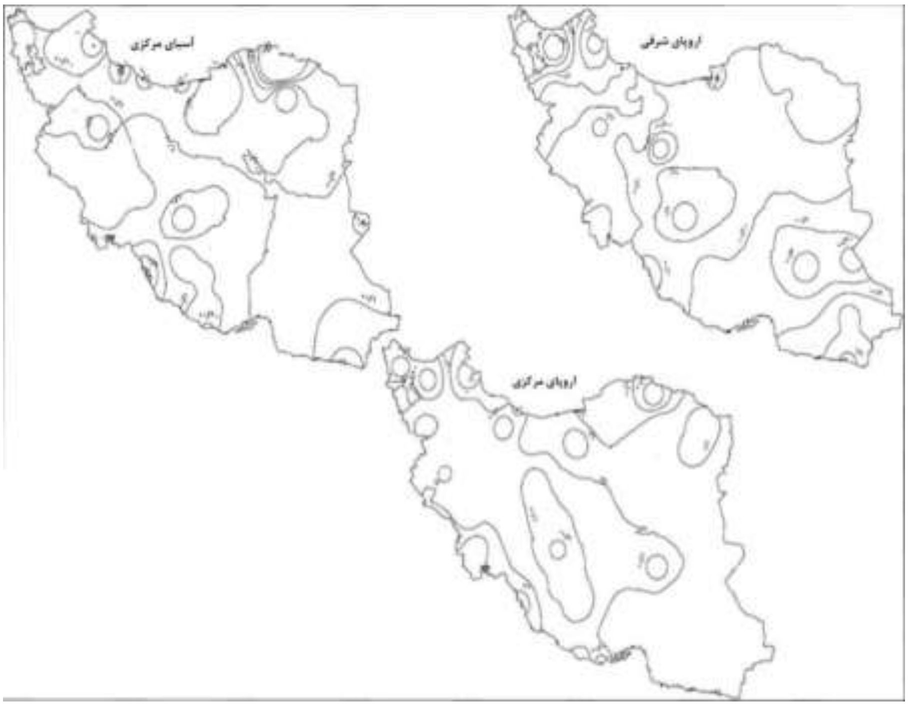
موقعیت جغرافیایی بلاکینگ‌ها: در دوره سـرد سـال و با گسـترش بادهای غربی به عرض جنوبی‌تر و ازجمله ایران، اغلب این پیشـروی با حرکت نصـف‌النهاری و عمیق شـدن بادهای غربی همراه اسـت. از طرفی با این نوع حرکت و کند شـدن جریان‌های جوی، در سـطوح میانی جو، گهگاه تراف‌ها یا ریج‌ها از مسـیر اصـلی بریده شـده و به شـکل سـیسـتم‌های جدا افتاده در جو بالا (بلاکینگ و سـردچال) ظاهر می‌شـوند، این پدیده‌های جوی برای مدت طولانی‌تری در جو ماندگار بوده و تأثیرات ناهنجار جوی در سـطح زمین دارند، که اغلب به شـکل متفاوت در نقاط، برف و بوران شـدید، بارندگی شـدید و سـیلاب و یا خشـکی شـدید و آتش‌سـوزی نمود دارند؛ بنابراین این نوع پدیده‌ها، رخداد ناهنجار جوی نامیده می‌شـوند؛ بنابراین چنانکه در شـکل ۲ مشـاهده می‌شـود، در محدوده موردمطالعه در سـه ناحیه جغرافیـایی این پـدیـده جوی غالب اســت، که به ترتیب از غرب به شــرق محدوده مطالعه، ناحیه اروپای مرکزی از اسـکاندیناوی تا جنوب اروپا (a)، ناحیه اروپای شـرقی از سـیبری غربی تا دریای سـیاه (b) و ناحیه آسیای مرکزی (c) محل بیشـینه شـکل‌گیری پدیده بلاکینگ می‌باشند؛ که به‌طور متوسط با فراوانی بیش از ۳۵ وقوع بلاکینگ در طول دوره موردمطالعه این مناطق شــناســایی شــد. بیشــترین فراوانی وقوع بلاکینگ‌های در این مطالعه در ناحیه آســیای مرکزی حـادث گردید؛ بنابراین این ســه محدوده جغرافیایی، مناطق وقوع بلاکینگ‌ها در منطقه مطالعه می‌باشــند. چنانکه غالباً بلـاکینـگ‌های در عرض‌های بین ٤٠ تا ٥٠ درجه عرض جغرافیایی غالب‌اند، این عرض‌های جغرافیایی محل بیشــینه شـیب و تفاوت دما بین عرض‌های جنوبی و شـمالی اسـت و بیشترین نقل‌وانتقال ماده و انرژی در سامانه زمین در این موقعیت‌ها انجام می‌شـود؛ بنابراین این عرض‌های جغرافیایی، مناطق انتقال در سیستم جوی زمین نامیده می‌شود. اغلب بلاکینگ‌ها در این عرض‌ها، هسـته‌های هوای گرمی اسـت که در سطوح بالایی جو و در ارتباط با شرایط دینامیکی جو از مناطق مازاد انرژی، آفریقا و عربستان، به عرض‌های بالاتر، اوراسیا منتقل می‌گردند.



شکل ۲- موقعیت فراوانی وقوع بلاکینگ‌ها در زمستان در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (۲۰۱۰-۱۹۶۱)،a- اروپای مرکزی b- اروپای شرقی c- آسیای مرکزی.

رابطه موقعیت بلاکینگ‌ها و بارندگی در ایران: بلاکینگ‌ها در همه نقاط ایران با بارش‌های ایران مرتبط‌اند (شکل ۳)؛ اما در هرکدام از موقعیت‌های شکل‌گیری پدیده بلاکینگ، مناطقی از ایران تأثیر بیشتری داشته و دیگر مناطق تأثیر کمتری دارند. چنانچه با موقعیت بلاکینگ در آسیای مرکزی، عمدتاً بارش‌ها در سواحل دریای خزر و عمدتاً شرق خزر و شمال شرقی ایران است، طبیعتاً به دلیل نزدیکی به این موقعیت و تراف عبوری با کاهش ارتفاع در شرق دریای خزر، موجب افزایش رطوبت توده‌ها از دریای خزر و ریزش‌های جوی گردید. در موقعیت دیگر بلاکینگ در اروپای شرقی، ارتباط ریزش‌های جوی در نقاط مختلف ایران وجود دارد، اما عمدتاً بارندگی‌ها در مناطق شمال غربی ایران از این موقعیت تأثیر بیشتری دارند. چنانچه با شکل‌گیری بلاکینگ در این عرض جغرافیایی (اروپای شرقی)، بادهای غربی و سامانه‌های مرتبط با آن از مسیر جنوبی‌تر بر روی ترکیه و شمال غربی ایران عبور می‌کنند، چنانکه شرایط برای ریزش‌های جوی و انتقال رطوبت‌های جوی به این منطقه بیشتر بوده و ریزش‌های جوی وجود دارد؛ بنابراین این مناطق از ایران ارتباط نزدیکی با این موقعیت بلاکینگ دارند. در موقعیت دیگر بلاکینگ‌ها بر روی اروپای مرکزی با توجه به فاصله بیشتر از ایران، تأثیرگذاری آن نیز کمتر بوده، اما عمدتاً بارش‌ها در مناطق شمال غربی ایران از این موقعیت تأثیر پذیرفته و احتمالاً این موقعیت در اوایل شروع زمستان، شکل می‌گیرد؛ بنابراین به‌طورکلی با توجه

بـه موقعیـت بلـاکینـگ‌هـا در بـالاتر از عرض‌های **٤٠** درجه جغرافیایی، عمدتاً مناطق نزدیک‌تر به این کانون‌ها در نیمه شمالی ایران از آن‌ها تأثیر گرفته است.

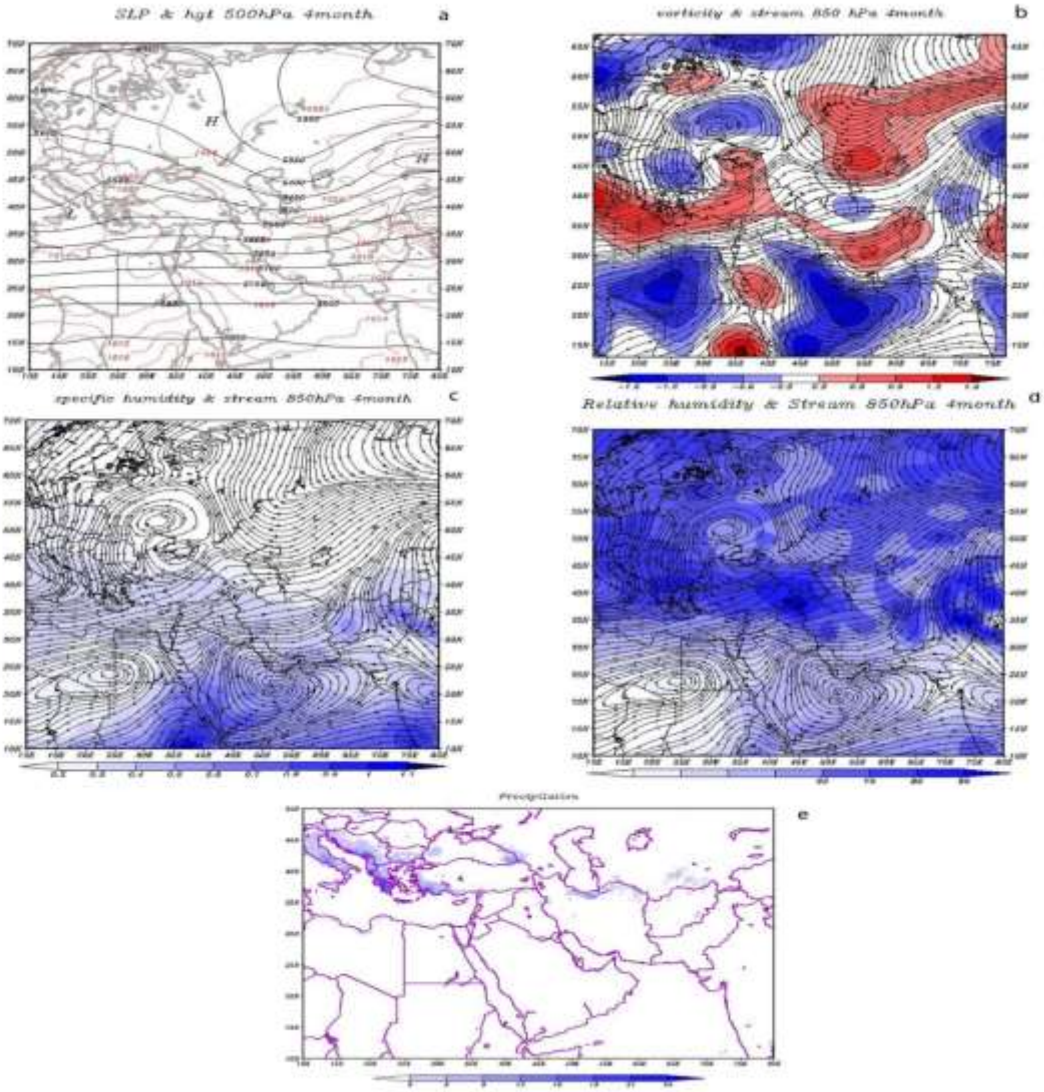


شکل ٣- رابطه موقعیت بلاکینگ‌ها و بارش‌ها در ایران

طبیعتـاً نوع بلـاکینگ‌ها (رکس، امگا، دوقطبی و غیره) تأثیر زیادی بر آرایش بادهای غربی در هر منطقه و شـــرایط جوی دارد، بنابراین نوع بلاکینگ‌ها در موقعیت‌های مختلف به شرح زیر است:

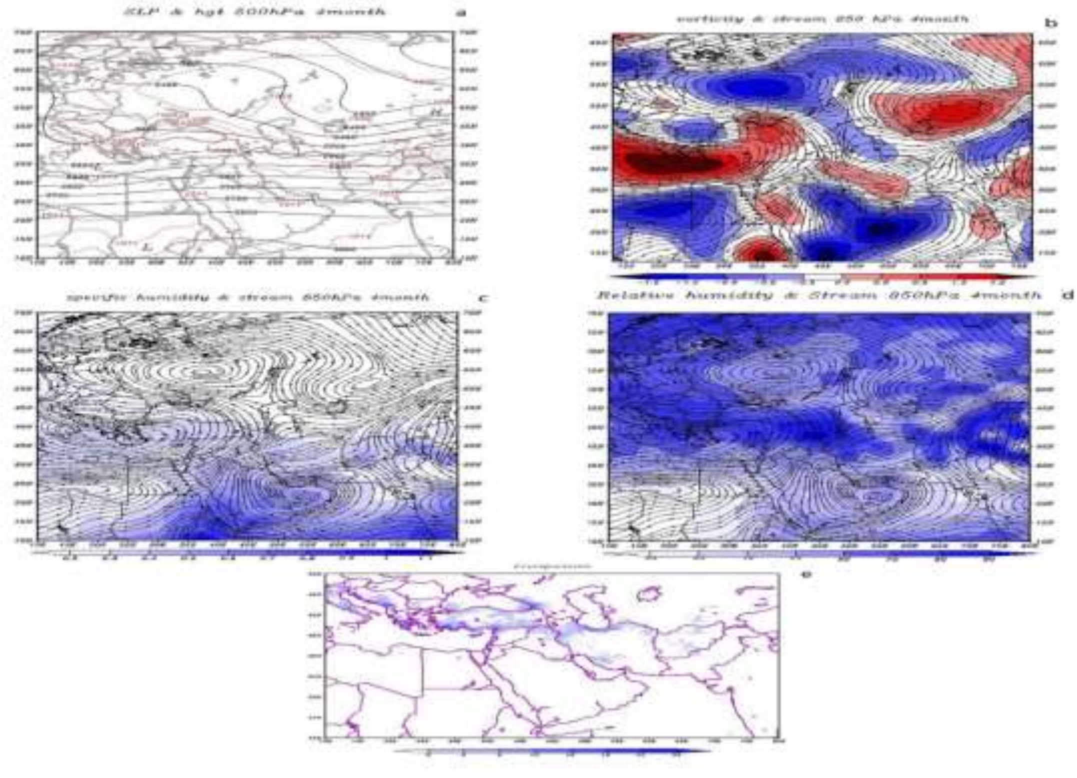
- **بلاکینگ رکس اروپای مرکزی و تراف عمیق آســیای مرکزی:** شـرایط سـینوپتیکی این نوع بلاکینگ نشـان می‌دهد (شـــکل ٤)، بلاکینگ از نوع رکس با پر ارتفاع بریده بر روی شـــمال اروپا و کم ارتفاع بریده در جنوب اروپا به شـــکل حرف s مایل، به ترتیب با ارتفاع **٥٥٠٠** و **٥٣٥٠** تشـکل گردید (a). همزمان محور تراف عمیقی در شــرق دریای خزر و آسـیای مرکزی با شـیب ارتفاعی زیاد تا ایران کشـیده شـد. در سطح زمین غالب منطقه اوراسیا، پرفشار غالب بوده و کم‌فشـارها در دریای مدیترانه و جنوب غربی آسـیا قرار دارند. بیشـینه تاوایی نسـبی مثبت در سطح **٨٥٠** هکتوپاسکال (b) در جنوب اروپا، آســیای مرکزی و بخش‌های مرکزی ایران، ناپایداری، و همزمان مناطق شــمالی و جنوبی محدوده موردمطالعه، عربسـتان و آفریقا، دارای چرخندگی منفی و پایداری هوا اسـت. در نقشــه الگوی جریان جوی، نم ویژه و نسـبی سـطح ٨٥٠ هکتوپاسـکال (c, d)، جریان‌های چرخندی و واچرخندی در اروپا و جریان چرخندی قوی در آسیا

و همزمان بر روی عربستان و آفریقا جریان واچرخندی مشهود است. طبیعتاً با توجه به افزایش دما، رطوبت ویژه در عرض‌های جنوبی بیشتر است، اما رطوبت نسبی و رطوبت قابل ریزش در نیمه شمالی محدوده مطالعه و جنوب اروپا غالب است. همچنین در این الگو بخش‌های شمال غربی و سواحل دریای خزر مناطق غالب رطوبت نسبی می‌باشند. مرتبط با این شرایط نقشه پراکنش بارندگی نشان می‌دهد (e)، غالب ریزش‌ها در جنوب اروپا و سواحل دریای خزر تا شمال شرقی ایران می‌باشد.



شکل ٤- (a) نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل متر سطح ۵۰۰ و فشار سطح دریا، (b) تاوایی، (c) نم ویژه و خطوط جریان هکتوپاسکال، (d) رطوبت نسبی و خطوط جریان، (e) مقادیر بارش روزانه (میلی‌متر) CHIRPS در بندال رکس اروپای مرکزی و تراف عمیق آسیای مرکزی.

- **بلاکینگ رکس اروپای شـــرقی و ســـردچال آســـیای مرکزی:** نوع بلاکینگ با موقعیت اروپای شـــرقی نیز از نوع رکس می‌باشـد (a)، که به ترتیب کم ارتفاع بریده و پر ارتفاع بریده شـده، که به ترتیب با هم‌ارتفاع ۵٤۰۰ و ۵۵۰۰ متر در سـطوح میانی جوی شـکل می‌گیرد. در این نوع بلاکینگ به ترتیب دو هم‌ارتفاع بریده شـده در اروپای شـرقی و جنوب اروپا اسـتقرار دارند و همزمان با این موقعیت و آرایش جدید بادهای غربی، در آسیای مرکزی یک کم ارتفاع بریده شـده با هم‌ارتفاع ۵۳۲۰ متر بر روی دریاچه آرال اسـتقرار دارد؛ بنابراین با توجه به موقعیت بلاکینگ در اروپای شـرقی و کم ارتفاع‌های بریده شـده در جنوب اروپا و آسـیای شـرقی، بادهای غربی مسـیر جنوبی‌تر با حرکت مداری را از دریای مدیترانه به سـمت شرق تا آسیای میانه دارند. همزمان پرفشـار قوی در بخش عمده‌ای از اوراسـیا وجود دارد و مراکز کم‌فشـار بر روی دریای مدیترانه مسـتقرند (a)؛ بنابراین بیشـینه تاوایی مثبت بر روی دریای مدیترانه تا دریای سـیاه و آسـیای مرکزی در شـرق دریاچه آرال و بیشـینه تاوایی منفی و پایداری هوا در اروپای شــرقی، آفریقا و عربســتان وجود دارد (b). همزمان در ســطوح پایین جوی، الگوی جریان هوا با دو چرخند قوی بر روی دریای مدیترانه و دریاچه آرال و دو واچرخند قوی در عربسـتان و اروپای شـرقی اسـتقرار دارند (c,d). با این شرایط جوی، از جنوب اروپا تا بخش‌های عمده‌ای از ایران با افزایش رطوبت نسـبی و ناپایداری بالا مشـهود است. چنانکه در بخش‌های غالبی از ایران در این الگوی بلاکینگ ریزش‌های جوی حادث می‌گردد (e).



شکل ۵- (a) نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل متر و فشار سطح دریا، (b) تاوایی، (c) نم ویژه و خطوط جریان س، (d) رطوبت نسبی و خطوط جریان، (e) بارش روزانه (میلی‌متر) CHIRPS با بلاکینگ رکس اروپای شرقی و سردچال آسیای مرکزی.

٤- جمع‌بندی

موقعیت جغرافیایی ایران در جنوب منطقه معتدله و شمال جنب حاره موجب شده، تا اقلیم ایران در طول سال با دو نوع الگوی جوی بزرگ مقیاس مرتبط باشد. چنانکه بادهای غربی و پرارتفاع جنب حاره به ترتیب در دو دوره سرد و گرم بر این منطقه حاکم بوده و شرایط جوی را تنظیم می‌کنند؛ اما طبیعی است با توجه به حرکت موجی بادهای غربی و یکدستی محیط طبیعی در زمستان، ناهنجاری جوی در دوره سرد سال در ایران نسبت به تابستان بیشتر است. اغلب در زمستان (دسامبر تا اسفند)، بادهای غربی با حرکت نصف‌النهاری و ایجاد ناپایداری به عرض‌های جنوبی‌تر از موقعیت معمول (برون حاره)، به ایران می‌رسند. آرایش نصف‌النهاری بادهای غربی بر روی اروپا و منطقه معتدله، احتمالاً به دلیل ناهنجاری‌های دما، شاخص‌های بزرگ جوی و ازجمله شاخص نوسان اطلس شمالی و یا نوسان قطبی است. با عمیق شدن فرود و فراز بادهای غربی، پدیده‌های نادر جوی ازجمله بلاکینگ‌ها و سردچال‌های جوی شکل می‌گیرند، که تأثیر زیادی بر اقلیم مناطق مرتبط می‌گذارند. در نزدیکی ایران سه کانون وقوع بلاکینگ وجود دارد، که به ترتیب اهمیت در آسیای مرکزی، اروپای شرقی و اروپای مرکزی مستقرند. عمده این نوع بلاکینگ‌ها از نوع رکس مانند حرف s لاتین، با پرارتفاع بریده شده و کم ارتفاع بریده شده روی همدیگر، می‌باشند. عمدتاً با شکل‌گیری این نوع بلاکینگ در اروپای مرکزی و شرقی، همزمان به ترتیب یک کم ارتفاع عمیق یا بریده شده در آسیای مرکزی شکل می‌گیرد، که این تسلسل در حرکت بادهای غربی طبیعی است. هرچند اغلب در آسیای مرکزی نیز، بلاکینگ‌ها از نوع رکس حادث می‌شوند. با وقوع این پدیده‌های جوی و آرایش خاص الگوهای جوی، بادهای غربی این مانع‌ها را دور زده و از جنوب آن‌ها بر روی مدیترانه و عرض‌های جنوبی به سمت شرق و آسیای میانه می‌وزند، همزمان در بخش غالبی از اوراسیا در سطح زمین، پرفشار حاکم بوده و کم‌فشارها اغلب بر روی دریای مدیترانه و یا جنوب غربی آسیا مستقرند؛ بنابراین با استقرار چرخندها و واچرخندها در مناطق مرتبط با این سیستم‌های جوی، توده‌های مرطوب به سمت نواحی جنوبی‌تر و ازجمله ایران هدایت می‌شوند، چنانکه در الگوی بلاکینگ اروپای شرقی و سردچال آسیای مرکزی بیشترین ریزش هلی جوی در غالب مناطق ایران حادث می‌گردد؛ اما با وقوع بلاکینگ اروپای مرکزی که از اسکاندیناوی تا جنوب اروپا با تراف عمیق در آسیای مرکزی استقرار دارد، به دلیل دوری از ایران و آرایش بادهای غربی، عمدتاً بارش‌ها در بخش‌های شمالی ایران، سواحل دریای خزر و شمال شرقی ایران ریزش دارند. در برخی موارد نادر نیز ممکن است، تراف‌های عمیق در شرق دریای مدیترانه بریده شده و سردچال در عرض جنوبی‌تر بر روی عراق و یا نزدیک به ایران شکل گیرد، که این نوع سیستم‌ها بارش‌های شدید و سیلابی را در نیمه جنوبی ایران موجب می‌گردد که این در دیگر مطالعات وجود دارد، اما در این مطالعه به‌عنوان یک ناحیه وقوع بلاکینگ کشف نگردید؛ بنابراین غالب بلاکینگ‌های دوره سرد سال، مرتبط با حرکت نصف‌النهاری بادهای غربی در عرض‌های بین ٤٠ تا ٦٥ درجه بر روی اروپا و آسیا شکل می‌گیرند.

کتابنامه

امیدوار، کمال؛ صفرپور، فرشاد؛ محمودآبادی، مهدی؛ الفتی، سعید؛ ۱۳۸۹. تحلیل همدیدی اثرهای سردچال در وقوع بارش‌های شدید در نواحی مرکز و جنوب غربی ایران. مدرس علوم انسانی، *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*. شماره . صص ۱۶۱-۱۸۹.

خورشید دوست، علی‌محمد؛ مفیدی، عباس؛ رسولی، علی‌اکبر؛ آزرم، کامل؛ ۱۳۹۵. تحلیل همدیدی سازوکار وقوع بارش‌های سنگین بهاره در شمال غرب ایران. *مخاطرات طبیعی*. شماره . صص ۵۳-۸۲.

درگاهیان، فاطمه؛ علیجانی، بهلول؛ ۱۳۹۲. بررسی اثر بلاکینگ بر رخداد برف‌های سنگین و مداوم ایران. *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*. شماره ۳۸. صص ۱-۱٤.

درگاهیان، فاطمه؛ علیجانی، بهلول؛ محمدی، حسین؛ ۱۳۹۳. آشکارسازی و مطالعه اقلیم‌شناسی رخدادهای بلاکینگ مؤثر بر آب‌وهوای ایران (دوره آماری، ۱۹۵۳-۲۰۱۲) در فصل سرد. *فضای جغرافیایی*. شماره ٤۸. صص ۲۳۷-۲۵٦.

عزیزی، قاسم؛ خلیلی، مائده؛ ۱۳۹۰. نقش بلاکینگ در رخداد سرماهای فرین ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. شماره ۷۷، صص ۳۹-۵۵.

علیجانی، بهلول؛ ۱۳۹۱. *اقلیم‌شناسی سینوپتیک*. انتشارات سمت.

نیک‌اندیش، نسرین؛ هدایی آرانی، مجتبی؛ ۱۳۹٤. نقش‌آفرینی بندال‌ها در رخداد مخاطرات ژئومورفودینامیکی (مطالعه موردی زمین‌لغزش‌های فروردین ۱۳۷۷ غرب چهارمحال بختیاری). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. شماره ۳. صص ۱۷۱-۱۹۲.

Feudale L, Shukla J., 2011. Influence of sea surface temperature on the European heat wave of 2003 summer. Part I: an observational study. Climate dynamics, 36: 1691-1703.

Luo D, Yao Y, Dai A, Feldstein SB., 2015. The positive North Atlantic Oscillation with downstream blocking and Middle East snowstorms: the large-scale environment. Journal of Climate, 28: 6398-6418.

Masoompour Samakosh J, Soltani M, Hanafi A, Azizi GH, Mirzaei E, Ranjbar SaadatAbadi A,Yousefi Y. 2014. The omega blocking condition and extreme rainfall in Northwestern Iran during 25-28 October 2008. Earth and Space Physics, 40: 55-74.

Pavan V. Molteni F. Brankovic C., 2000. Wintertime variability in the Euro-Atlantic region in observations and in ECMWF seasonal ensemble experiments. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 126: 2143-2173.

Porter G., 2017.Identifying precursors to winter time Atlantic Blocking Events. Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of Maryland, 1-51.

Rex DF. 1950., Blocking action in the middle troposphere and its effect upon regional climate. Tellus, 2: 275-301.

Silva WL, Nascimento MX, Menezes WF., 2015. Atmospheric blocking in the South Atlantic during the summer 2014: a synoptic analysis of the phenomenon. Atmospheric and Climate Sciences, 5: 386-393.

Tibaldi S. Molteni F.,1990.On the operational predictability of blocking. Tellus, 42: 343-365.

Wang L, Chen W, Zhou W, Chan J.C, Barrio Pedro D, Huang R., 2010. Effect of the climate shift around mid-1970s on the relationship between wintertime Ural blocking circulation and East Asian climate. International Journal of Climatology, 30: 153-158.

Wiedenmann JM, Lupo AR, Mokhov II, Tikhonova EA., 2002. The Climatology of Blocking Anticyclones for the Northern and Southern Hemispheres: Block Intensity as a Diagnostic. Journal of Climate, 15:3459-3473.

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارۀ سی و هشتم، تابستان ۱٤۰۰

صص ۱۰۹-۹۳

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.69462.1035

مقاله پژوهشی

واکاوی روند تغییرات میانگین دمای رویه ایران با بهره‌گیری از داده‌های سنجش‌ازدور

علیرضا کربلائی درئی[۱]– دانش‌آموخته آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران.

زهرا حجازی زاده– استاد آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی تهران، تهران، ایران.

سید ابوالفضل مسعودیان– استاد آب و هواشناسی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

محمدصادق کیخسروی کیانی– پژوهشگر پسا دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیایی طبیعی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۹ تاریخ بازنگری: ۱٤۰۰/۲/۲۰ تاریخ تصویب: ۱٤۰۰/۲/۲۹

چکیده

دمای رویۀ زمین، فراسنجی کلیدی در فیزیک فرآیندهای رویۀ زمین در مقیاس منطقه‌ای و به‌ویژه جهانی است. نزدیک به دو دهه است که از اندازه‌گیری دمای رویه توسط سنجنده مودیس می‌گذرد. واکاوی وردش‌های مکانی دمای رویه می‌تواند ما را در شناخت رفتار این فرا سنج کلیدی یاری کند. هدف از این پژوهش واکاوی روند تغییرات دمای رویه در گستره ایران است. بدین منظور از داده‌های دمای رویه زمین سنجنده مودیس ترا (MOD11A1) در دوره زمانی ۱۳۷۹–۱۳۹۸ به‌صورت روزانه و با تفکیک مکانی ۱ × ۱ کیلومتری بهره گرفته شد. پس از استخراج داده‌ها در گستره ایران، روند دمای رویۀ گسترۀ ایران بر روی ۱۸۸٤۰۷۷ یاخته به کمک آزمون من‌کندال موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بیشترین گسترۀ روند افزایشی دمای رویه در فصل زمستان در ماه دی، بهمن و اسفند قابل‌مشاهده است و بیشتر روندهای افزایشی معنی‌دار نیز در ارتفاعات دیده می‌شود که این موضوع می‌تواند در ارتباط با کاهش پوشش برفی و کاهش سپیدایی در این نواحی باشد. بررسی روند دمای رویه در فواصل ارتفاع ۱۰۰ متر نیز نشان داد که در دی‌ماه تمامی سطوح ارتفاعی دارای روند افزایشی در دمای رویه است که این روند افزایشی در سطح ۰/۰۵ معنی‌دار است.

کلیدواژه‌ها: آزمون من کندال، ایران، دمای رویه زمین، روند.

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۲۷۷۰۵۱۱ Email: karbalaee20@gmail.com

۱- مقدمه

دمای رویهٔ زمین یک نمود مناسب از ترازمندی انرژی در رویهٔ زمین و اثر گلخانه‌ای است؛ زیرا فراسنجی کلیدی در فیزیک فرایندهای رویهٔ زمین در مقیاس منطقه‌ای و به‌ویژه جهانی است (کل و کازل،[1] ۱۹۹۷؛ وان[2]، ۱۹۹۹؛ لیو[3]، ۲۰۰٦؛ یو و همکاران[4]، ۲۰۰۷؛ کال و همکاران[5]، ۲۰۰۹). واکاوی روند دمای رویه نقش مهمی در ارزیابی تعاملات بین سطح زمین، هوا سپهر و نیز تغییرات آب و هوایی دارد (ابرا و همکاران[6]، ۲۰۲۰). این فراسنج با توجه به نقشی که در ترازمندی آب در ایران بازی می‌کند اهمیت بسزایی دارد (مسعودیان، ۱۳۹۸). تغییرات دمای رویه زمین می‌تواند بر همه دستگاه‌های طبیعی اثرات ژرفی داشته باشد (مسعودیان، ۱۳۹۹) به عبارتی طیف گسترده‌ای از متغیرهای محیطی از تغییرات دمای رویه نیز تأثیر می‌پذیرند؛ به‌عبارت‌دیگر ترازمندی انرژی وابسته به ویژگی‌های محیطی است (سان و پیکر[7]، ۲۰۰٤؛ پنیولس و همکاران[8]، ۲۰۰۹). تغییر در این ویژگی‌های محیطی می‌تواند بر دمای رویه اثرگذار باشد. برخی از ویژگی‌های محیطی ازجمله مقدار تابش دریافتی (دونوهی[9]، ۲۰۱٤)، سپیدایی، رطوبت خاک، گرمای ویژه و میزان پوشش گیاهی هستند؛ که تغییر هر یک از این ویژگی‌ها در دمای رویهٔ زمین بازتاب می‌یابد (مرادی، ۱۳۹۵). تغییرات تابش خورشیدی ورودی و تابش موج بلند مستقیماً با تأثیر بر انرژی بر روند دمای رویه اثر می‌گذارد (دونوهی، ۲۰۱٤). پژوهش‌های گوناگونی بر روی دمای رویه انجام‌شده است؛ برخی از مطالعات به اعتبار سنجی و راستی آزمایی این فرآورده پرداخته‌اند (جین و دیکینسون[10]، ۱۹۹۹؛ جین، ۲۰۰۰؛ جین، ۲۰۰٤). کول و همکاران (۲۰۰۵) دقت فرآورده دمای رویه را موردبررسی قرار دادند نتایج نشان داد که سنجنده مودیس دمای رویه زمین را با خطای ۱ درجه سلسیوس برآورد می‌کند. در پژوهش‌هایی برای بررسی جزیره گرمایی شهر از دمای رویه استفاده شده است (او کو و همکاران[11]، ۲۰۰٦؛ تاملینسون و همکاران[12]، ۲۰۱۲؛ کوی و دی فوی[13]، ۲۰۱۲؛ انی بال و همکاران[14]، ۲۰۱٤؛ مسعودیان و ترکی، ۲۰۱۹).

1 Coll and Caselles
2 Wan
3 Liu
4 Yu et al.,
5 Coll et al.,
6 Abera
7 Sun and Pinker
8 Peñuelas and et al.,
9 Donohoe
10Jin and Dickinson
11 Oku et al.,
12 Tomlinson et al.,
13 Cui and De Foy
14 Anniballe et al.,

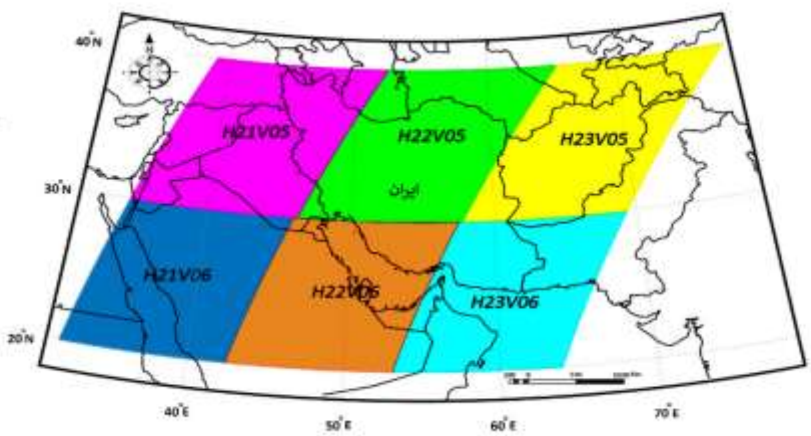
مطالعات نشان می‌دهد پوشش گیاهی می‌تواند بر روند دمای رویه اثر بگذارد (زو و همکاران[1]، ۲۰۱۶؛ فورزیری و همکاران[2]، ۲۰۱۷) همچنین نقش آئروسل‌ها و پوشش ابری در تغییرات دمای رویه چشمگیر است (فایفورث[3]، ۲۰۱۸). او کو و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی روند دمای رویهٔ زمین در فلات تبت نشان دادند که کمینهٔ روزانهٔ دمای رویهٔ زمین سریع‌تر از بیشینهٔ آن افزایش‌یافته است که نتیجهٔ آن کاهش دامنهٔ روزانهٔ دماست. این نتایج با دمای هوای نزدیک رویهٔ زمین در سطح جهانی و منطقه همخوانی دارد سالاما و همکاران[4] (۲۰۱۲) با استفاده از داده‌های دورسنجی دمای رویه خاک به بررسی روند دمای رویه زمین در فلات تبت پرداختند نتایج نشان داد ناهنجاری‌های دمای رویه خاک در بازه سالانه و ماهانه به میزان ۰/۵ درجه سلسیوس در هر دهه دیده می‌شود. مورو و همکاران[5] (۲۰۱۸) نشان دادند روندهای افزایشی در دمای رویه در حوضه آبریز کیلومبرو، تانزانیا مربوط به جنگل‌زدایی و افزایش زمین‌های کشاورزی است درحالی‌که جنگل زایی سبب روند کاهشی در دمای رویه می‌شود. زائو و همکاران[6] (۲۰۱۹) به بررسی روند دمای رویه در منطقه هیمالیای مرکزی بر اساس محصولات MODIS و آزمون من کندال پرداختند. نتایج نشان داد روند تغییرات در بیشتر منطقه افزایشی است و دمای شب نسبت به دمای روز به تغییرات آب و هوایی حساس‌تر است. لونتیل و همکاران [7](۲۰۱۹) به بررسی روند دمای رویه روز و شب‌هنگام با استفاده از روش رگرسیون در نپال پرداختند. نتایج نشان داد دمای روز هنگام در سراسر نپال تغییری نداشته درحالی‌که در دمای شب‌هنگام افزایشی در فصول قبل از مونسون و در آن وجود دارد. البرا و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی روند دمای رویه در شرق آفریقا پرداختند. نتایج نشان داد ۱۱ درصد از شرق آفریقا دارای روند معنی‌دار در دمای رویه است همچنین روندهای کاهشی در سودان و جنوب آن و نیز روندهای افزایشی در سومالی و کنیا مشاهده شد. فیروزی و همکاران[8] (۲۰۲۰) روند تغییرات دمای رویه دشت سیستان را با استفاده از شیب سن و رگرسیون موردبررسی قراردادند؛ نتایج نشان داد بیشترین روند افزایشی در دمای رویه در شمال دشت سیستان مشاهده شده است که می‌تواند ناشی از خشک شدن تالاب‌های سه‌گانه هامون باشد. نورالدین و همکاران[9] (۲۰۲۰) به واکاوی مکانی – زمانی دمای رویه با استفاده از فراورده سنجنده مودیس (MOD11A1) در آفریقا پرداخته‌اند. نتایج نشان داد روند افزایشی دمای رویه در آفریقا به‌طور چشمگیری نامتوازن است. روند افزایشی دمای رویه در حوالی منطقه استوایی در آفریقای جنوبی و مناطق مرکزی آن وجود دارد. همچنین مناطق شمال چاد، شمال نیجر و جنوب

1 Zhu et al.,
2 Forzieri et al.,
3 Pfeifroth
4 Salama et al.,
5 Muro et al.,
6 Zaho et al.,
7 LUINTEL et al.,
8 Firoozi et al.,
9 NourEldeen et al.,

الجزایر با روند ناچیزی سردتر شده‌اند. واکاوی تغییرات دمای رویه نقش برجسته‌ای در سیستم اقلیم دارد زیرا مستقیماً بر ترازمندی انرژی و اثر گلخانه‌ای اثر گذار است. لذا با توجه به اهمیت موضوع در این مطالعه با استفاده از داده‌های عددی ماهواره‌ای، با توان تفکیک بالا؛ تغییرات ماهانه دمای رویه روز هنگام در گستره ایران موردبررسی قرار گرفت

۲- مواد و روش‌ها

در این مطالعه برای واکاوی روند دمای رویه در گستره ایران از داده‌های سنجنده ی مودیس ترا در بازه زمانی روزانه و در تفکیک مکان ۱ × ۱ کیلومتر استفاده‌شده است. تفکیک واقعی این فرآورده ۹۲٦/۸۸۲۹ متر است. این داده‌ها کاشی‌هایی به ابعاد ۱۰ درجه قوسی (۱۲۰۰× ۱۲۰۰) با فرمت HDF هستند (مسعودیان، ۱۳۹۸). فرآورده‌های مودیس دمای رویه به دلیل توانایی پوشش سراسری روزانه آن در مطالعات منطقه‌ای و جهانی به‌طور گسترده مورداستفاده قرار می‌گیرد (نیکلوس و همکاران[1]، ۲۰۱٤؛ بای و همکاران[2]، ۲۰۱۹). فراوردهٔ دور سنجی مورداستفاده در این پژوهش MOD11A1 است. داده‌های مورداستفاده در فرمت HDF بوده که این داده‌ها در سیستم تصویر سینوسی قابل‌دسترس می‌باشد. در گام نخست داده‌های این فرآورده از روز ۲۰۰۰/۷/۷ معادل ۱۳۸۱/٤/۱٦ تا ۲۰۱۹/۱۱/۳۱ معادل ۱۳۹۸/۱۰/۱۰ از تارنمای ناسا دریافت شد[3]. در گام بعدی کاشی‌های مورداستفاده مشتمل بر شماره‌های (H21v05; h22v05; h23v05; h21v06; h22v06; h23v06) با استفاده از نرم‌افزار متلب در کنار یکدیگر به‌طور مکانی چیدمان شد که به این کار در اصطلاح موزاییک کردن (شکل ۱). در ادامه ماتریس‌های سالانه برای هرماه به دست آمد و درنهایت آزمون من کندال بر روی هر یاخته انجام پذیرفت.



شکل ۱- موقعیت نسبی کاشی‌های سنجنده مودیس

1 Niclos et al.,
2 Bai et al.,
3 https://search.earthdata.nasa.gov

۲-۱- آزمون من کندال

این آزمون ابتدا توسط من (۱۹٤۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) توسعه یافت و کاربرد آن توسط سازمان جهانی هواشناسی (۱۹٦٦) توصیه‌شده است (خلیلی و بذرافشان ،۱۳۸۳). از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی ازسری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از آن است. این آزمون برای بررسی تصادفی بودن داده‌ها (عدم وجود روند) در مقابل وجود روند در سری‌های زمانی هیدرولوژیکی و هواشناسی مورداستفاده قرار می‌گیرد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۰). مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

۱- محاسبه اختلاف بین تک‌تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر s به‌صورت رابطه (۱) است.

رابطه۱)
$$s=\sum_{k=1}^{n-1}\sum_{j=k+1}^{n} sgn(x_j - x_k)$$

که n تعداد مشاهدات سری، و x_jو x_k به ترتیب داده‌های jام و k ام سری می‌باشند. تابع نیز به‌صورت رابطه (۲) قابل‌محاسبه است.

رابطه (۲)
$$\mathrm{Sgn(x)}\begin{cases}+1 & if \quad (x_j - x_k) > 0\\ 0 & if \quad (x_j - x_k) = 0\\ -1 & if \quad (x_j - x_k) < 0\end{cases}$$

درواقع در این آزمون هر داده با تمامی داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود. در این مرحله می‌توان بجای استفاده از مقادیر اصلی داده‌ها، از مرتبه داده‌ها در مجموعه موردنظر (سری زمانی) استفاده کرده و مرتبه‌ها را به همین روش مقایسه نمود. به این دلیل، این آزمون یک آزمون بر پایه مرتبه داده‌ها (Rank base) می‌باشد.

۲-محاسبه واریانس توسط یکی از روابط (۳ و ٤) می‌باشد.

رابطه ۳)
$$var(s)=\frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{i=1}^{m} t(t-1)(2t+5)}{18}$$

اگر: n>10

$$\mathrm{Var(s)}=\frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad :n\leq 10$$ اگر

رابطه ٤)

که n تعداد داده‌های مشاهده‌ای و m معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد. t نیز بیانگر فراوانی داده‌های باارزش یکسان می‌باشد. منظور از گره این است که اگر از یک مقدار داده، بیشتر از یکی وجود داشته باشد، این مقادیر مساوی، تشکیل یک گره را می‌دهند و تعداد این مقادیر مساوی در گره m ام برابر t می‌باشد.

۳- استخراج آماره z به کمک رابطه:

رابطه ۵)

$$Z=\begin{cases}\frac{s-1}{\sqrt{var(s)}} & if \quad s>0\\ 0 & if \quad s=0\\ \frac{s+1}{\sqrt{var(s)}} & if \quad s<0\end{cases}$$

در یک آزمون دو دامنه جهت روند یابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه برقرار باشد:

رابطه ٦)

$$|z| \le z_{\alpha/2}$$

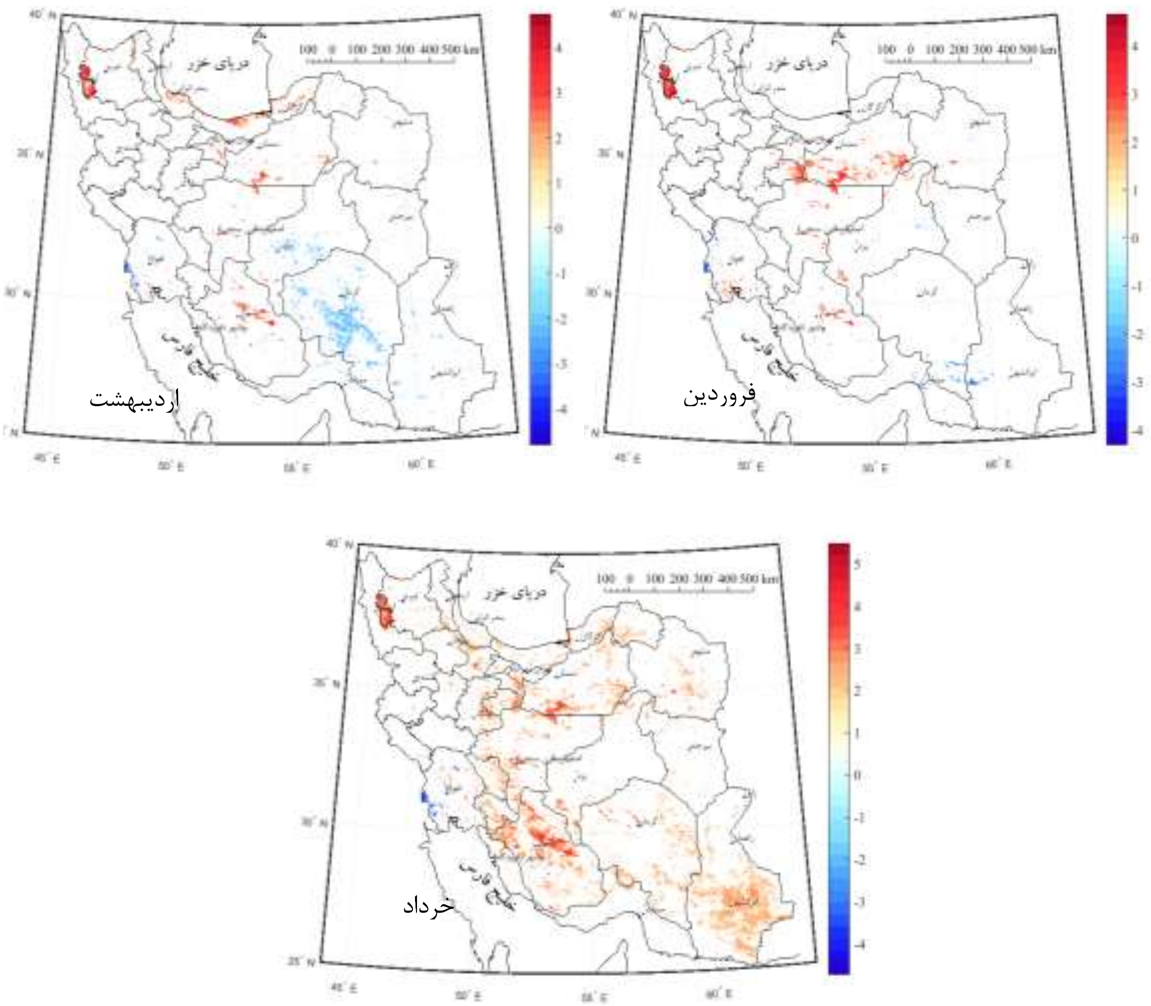
این آزمون، یک آزمون دوطرفه است. بنابراین درصورتی‌که $|Z| \le Z_{\alpha/2}$ باشد، در سطح اطمینان α فرض صفر پذیرفته می‌شود و در غیر این صورت، فرض صفر رد خواهد شد. در حالت رد فرض صفر (وجود روند)، درصورتی‌که S>0 باشد، سری زمانی دارای روند مثبت (صعودی) و درصورتی‌که S<0 باشد، سری زمانی دارای روند منفی (نزولی) خواهد بود. اگر $1.64 < |Z|$ در سطح معنی‌داری ۱۰ درصد، اگر $1.96 < |Z|$ در سطح معنی‌داری ۵ درصد و اگر $2.56 < |Z|$ در سطح معنی‌داری ۱ درصد فرض صفر (عدم وجود روند) رد می‌شود (کندال، ۱۹۷۵: ۲۷۲).

۳- نتایج و بحث

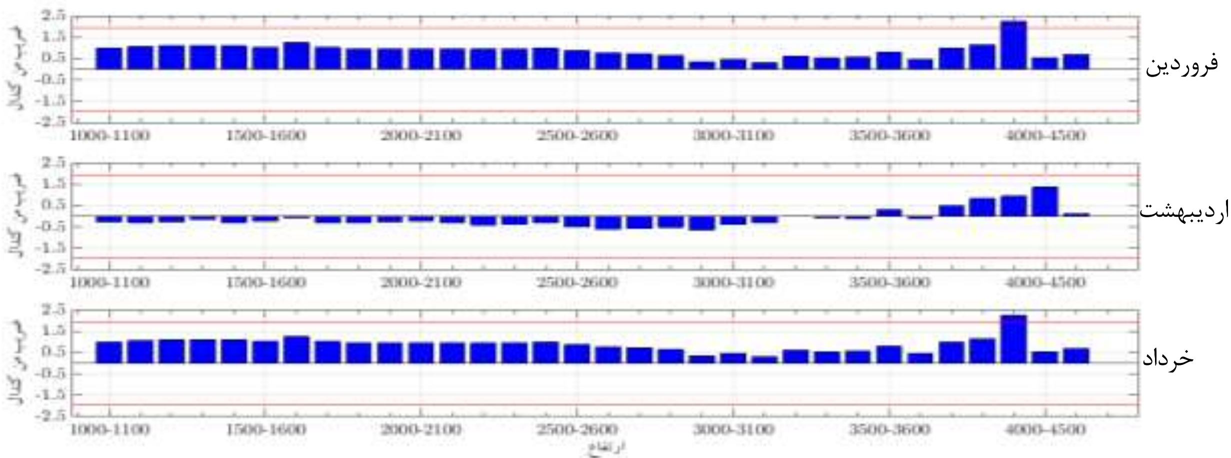
۳-۱- واکاوی روند دمای رویه فصل بهار

بررسی روند تغییرات دمای رویه بر اساس آزمون من کندال در فصل بهار نشان داد که روند تغییرات دمای رویه در هر یک از ماه‌ها متفاوت است (شکل ۲). در ماه فروردین حدود ۲ درصد از گستره ایران دارای روند افزایشی در سطح اطمینان ۹۵ می‌باشد. روند افزایشی بیشتر در نواحی مرکزی ایران قابل‌مشاهده است. کمتر از یک درصد از گستره ایران دارای روند کاهشی معنی دار است. بر اساس ضرایب من کندال در ماه فروردین حدود ۹۷ درصد از گستره ایران فاقد هرگونه روند معنی داری می‌باشند. در ماه اردیبهشت حدود ۱ درصد از گستره ایران دارای روند افزایشی معنی دار است. این روند افزایشی بیشتر در کرانه‌های دریای خزر، نواحی مرکزی ایران و دریاچه ارومیه مشاهده می‌شود. روند کاهشی دمای رویه در ماه اردیبهشت در گستره ایران حدود ۲ درصد است که این روند کاهشی بیشتر در استان کرمان دیده می‌شود. در ماه خرداد حدود ۱۱ درصد از گستره ایران دارای روند افزایشی معنی دار می‌باشد. این روند افزایشی بیشتر در استان فارس و جنوب سمنان مشاهده می‌شود. در ماه خرداد حدود ۸۷ درصد از گستره ایران بدون روند است؛ تنها یک درصد از گستره ایران در ماه خرداد دارای روند کاهشی معنی دار است. با بررسی یاخته‌های افزایشی معنی دار در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد مشخص شد یاخته‌های روند افزایشی معنی دار منطبق بر نواحی پلایا، دریاچه نمک‌های فصلی کویر مرکزی ایران، دریاچه نمک مسئله قم، دریاچه ارومیه، دریاچه بختگان، دریاچه تشک (در شمال دریاچه بختگان) است که نشان از افزایش دمای رویه در این نواحی دارد. می‌توان از دلایل افزایش دمای رویه در این مناطق را خشک شدن بیشتر، کاهش رطوبت این نواحی دانست

(کربلائی و همکاران، ۲۰۱۹). روند من کندال برای فواصل ارتفاعی در هر ۱۰۰ متر در هرماه محاسـبه شـد. شـکل (۳) ضرایب من کندال را در فصل بهار (فروردین، اردیبهشت، خرداد) در سطوح ارتفاعی نشان می‌دهـد. در مـاه فـروردین و اردیبهشت روند معنی داری در سطوح ارتفاعی مشاهده نمی‌شود؛ به‌طورکلی روند در این سطوح افزایشی اسـت امـا معنی دار نیست. در ماه خرداد روندهای افزایشـی در ارتفاعـات چشـمگیرتر اسـت؛ بـه طـوری‌کـه برخـی از سـطوح ارتفاعی در سطح اطمینان ۹۵ درصد قرار دارد.



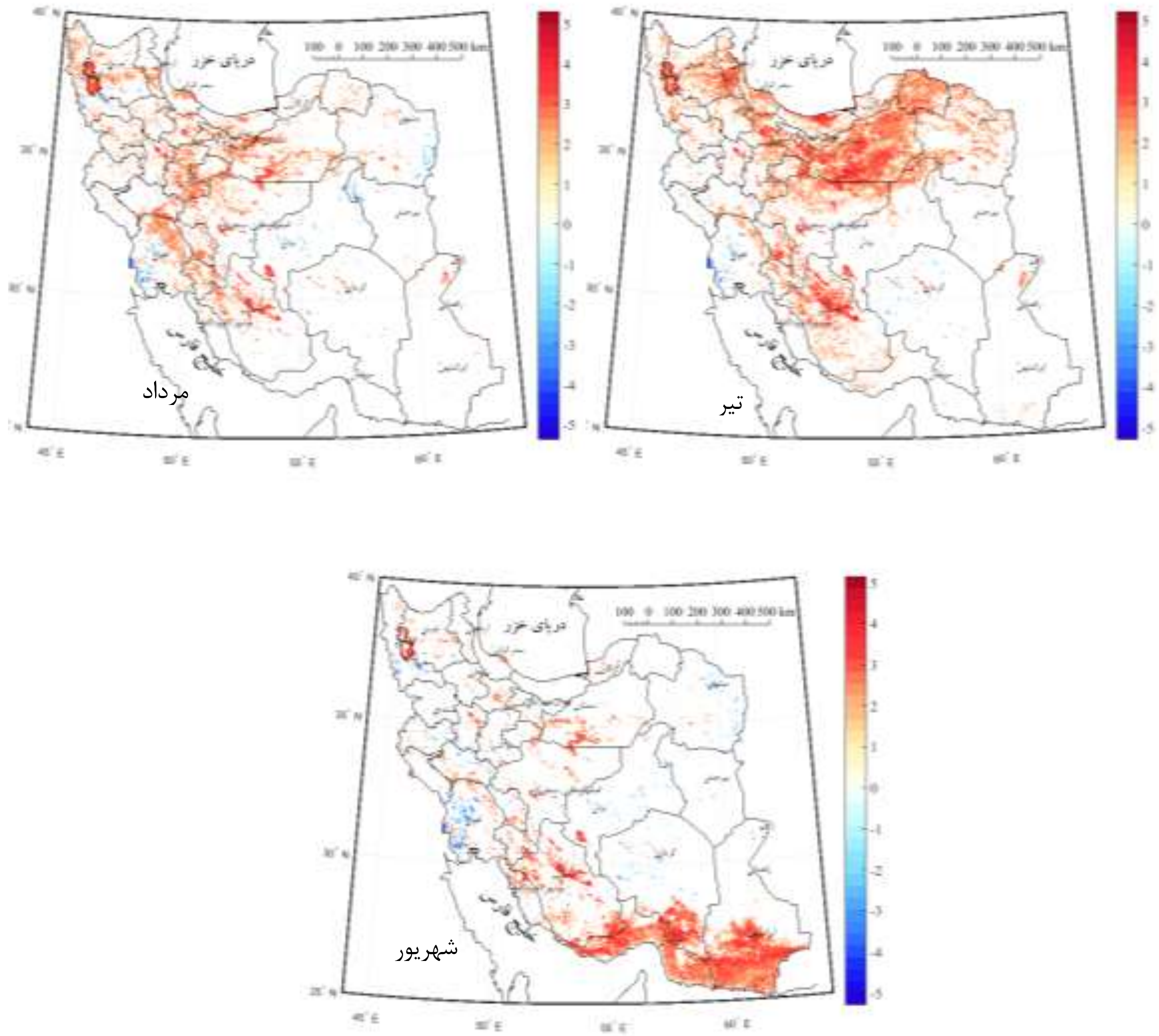
شکل ۲- روند تغییرات دمای رویه ماه‌های فصل بهار (فروردین، اردیبهشت و خرداد).



شکل ۳- روند دمای رویه در سطوح ارتفاعی هرماه فصل بهار

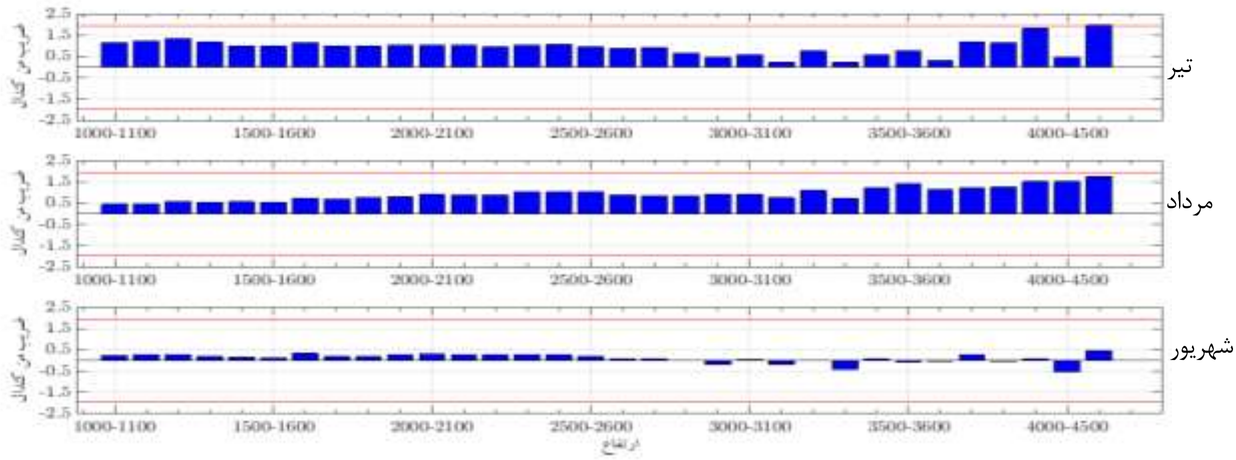
۳-۲- واکاوی روند دمای رویه تابستان

در شکل (٤) نقشه روند من کندال فصل تابستان دمای رویه در گستره ایران مشاهده می‌شود. در فصل تابستان روند دمای رویه چشمگیرتر است. در این ماه چیرگی و غلبه با روند افزایشی در دمای رویه است. در تیرماه حدود ۲۳ درصد از مساحت کشور دارای روند افزایشی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشند؛ کمتر از ۱ درصد از گستره این ماه روند کاهشی معنی دار دارد. ٧٦ درصد از گستره ایران بدون روند معنی‌دار است. با توجه به شکل بیشترین روند افزایشی در ماه تیر در نیمه شمالی کشور و نیز نواحی مرتفع همچون رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس مشاهده می‌شود. در ماه مرداد روند افزایشی دمای رویه بیشتر منطبق بر نواحی مرتفع است. در ماه مرداد ۱۲ درصد از مساحت کشور دارای روند افزایشی معنی‌دار (سطح ۰/۰۵) در دمای رویه است تنها ۱ درصد از ایران دارای روند کاهشی معنی‌دار است. در ماه شهریور حدود ۱۳ درصد از مساحت کشور دارای روند افزایشی معنی دار در دمای رویه می‌باشد. این روند افزایشی بیشتر در نواحی جنوبی کشور در کرانه‌های دریای عمان و خلیج‌فارس مشاهده می‌شود.



شکل ٤- روند تغییرات دمای رویه ماه‌های فصل تابستان (تیر، مرداد و شهریور).

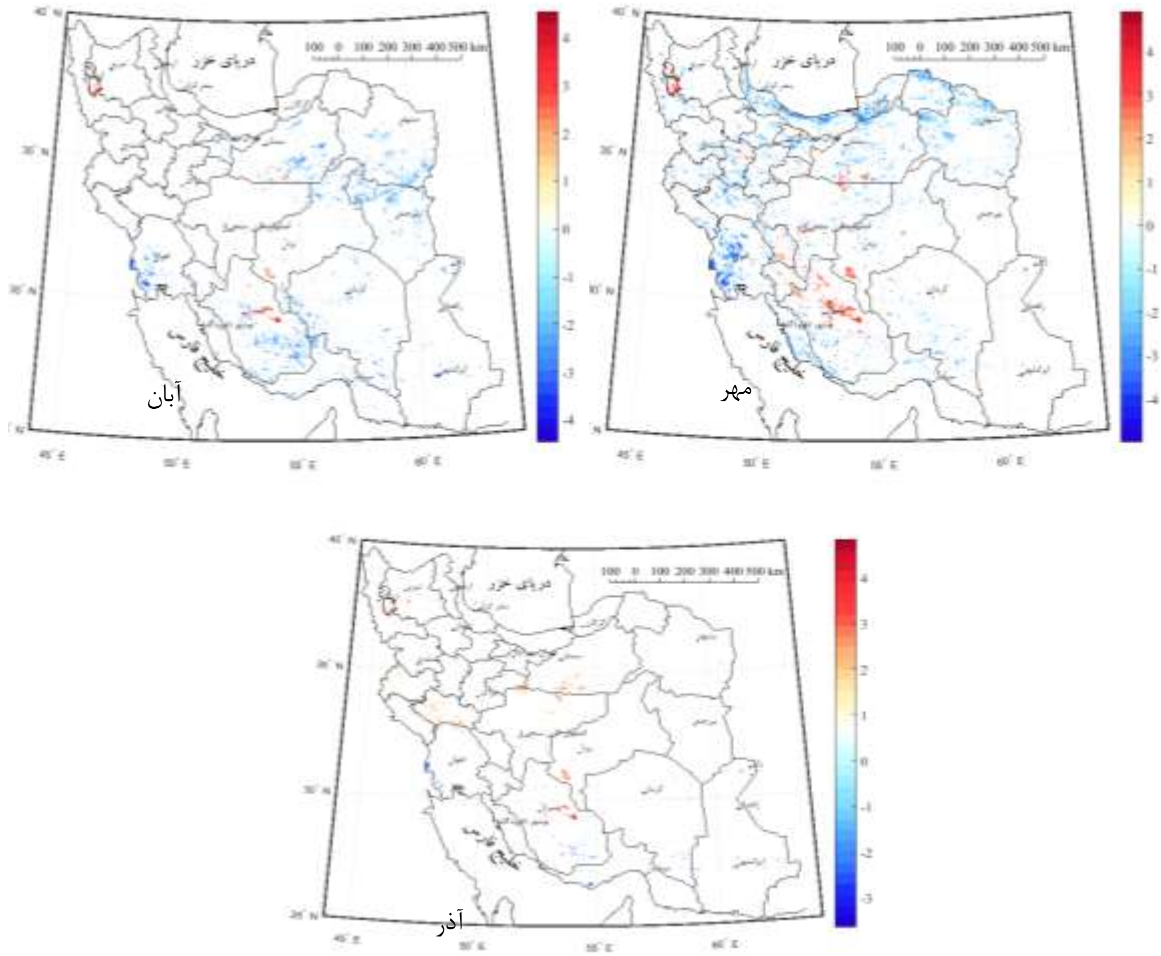
شکل (۵) ضرایب من کندال را در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور نشان می‌دهد. در ماه تیر و مرداد با افـزایش ارتفـاع ضرایب من کندال افزایش می‌یابد. متوسط ضریب من کندال در ماه تیـر در سـطوح ارتفـاعی ۱۰۰۰ تـا ۳۰۰۰ متـر ۱/۵ می‌باشد. در ارتفاعات بالای ۳۸۰۰ متر روند افزایش دما معنی دار است. در ماه مـرداد سـطوح ارتفـاعی بالـاتر از ۱۰۰۰ متر در سطح معنی‌داری قرار نمی‌گیرد. در ماه شهریور روند قابل‌توجهی مشاهده نمی‌شود.



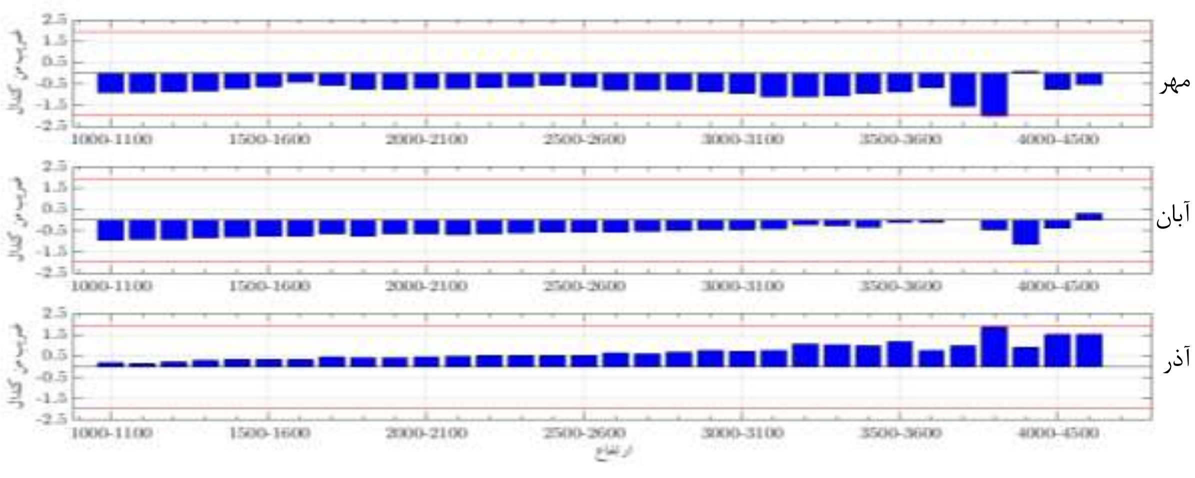
شکل ۵- روند دمای رویه در سطوح ارتفاعی هرماه فصل تابستان

۳-۳- واکاوی روند دمای رویه پاییز

در شکل (٦) نقشه روند من کندال دمای رویه ماه‌های مهر، آبان و آذر در گستره ایران مشاهده می‌شود. بررسی‌ها نشان داد در ماه مهر حدود ٦ درصد از مساحت کشور دارای روند کاهشی معنی‌دار است، روند افزایشی معنی‌دار تنها در ۱ درصد از مساحت کشور قابل‌مشاهده است. در ماه آبان ۳ درصد از نواحی کشور دارای روند کاهشی معنی دار در سطح اطمینان ۹۵ می‌باشد. همچنین ۱ درصد از گستره ایران دارای روند افزایشی معنی‌دار در دمای رویه است. در ماه آذر روند افزایشی حدود یک درصد و نیز روند کاهشی کمتر از یک درصد از گستره ایران را دربرمی گیرد. در فصل پاییز روند نزولی در برخی نواحی ایران قابل‌مشاهده است که این روند در سطوح اطمینان معنی‌دار نیست. در ماه آذر بیشتر نواحی شمال شرقی و جنوب غربی روندهای نزولی را تجربه کرده‌اند. در فصل پاییز بیشتر یاخته‌های روند افزایشی معی‌دار بر دریاچه‌های نمکی و پلایا شامل دریاچه نمک قم، دریاچه سیرجان، دریاچه بختگان منطبق هستند. بیشترین روند کاهشی در این سه ماه در استان خوزستان مشاهده می‌شود که منطبق بر تغییرات پوشش گیاهی این استان است. شکل (۷) ضرایب من کندال را در فصل پاییز (مهر، آبان، آذر) در سطوح ارتفاعی نشان می‌دهد. رفتار دمای رویه در دو ماه مهر و آبان روندی کاهشی را نشان می‌دهد. در ماه مهر در ارتفاعات بالاتر از ۳٦۰۰ به بالا روند کاهشی معنی داری مشاهده می‌شود. بررسی‌ها حاکی از آن است در ماه آذر، ضریب من کندال در ارتفاعات بالاتر از ۳۸۰۰ متر روندی افزایشی معنی‌دار داشته است.



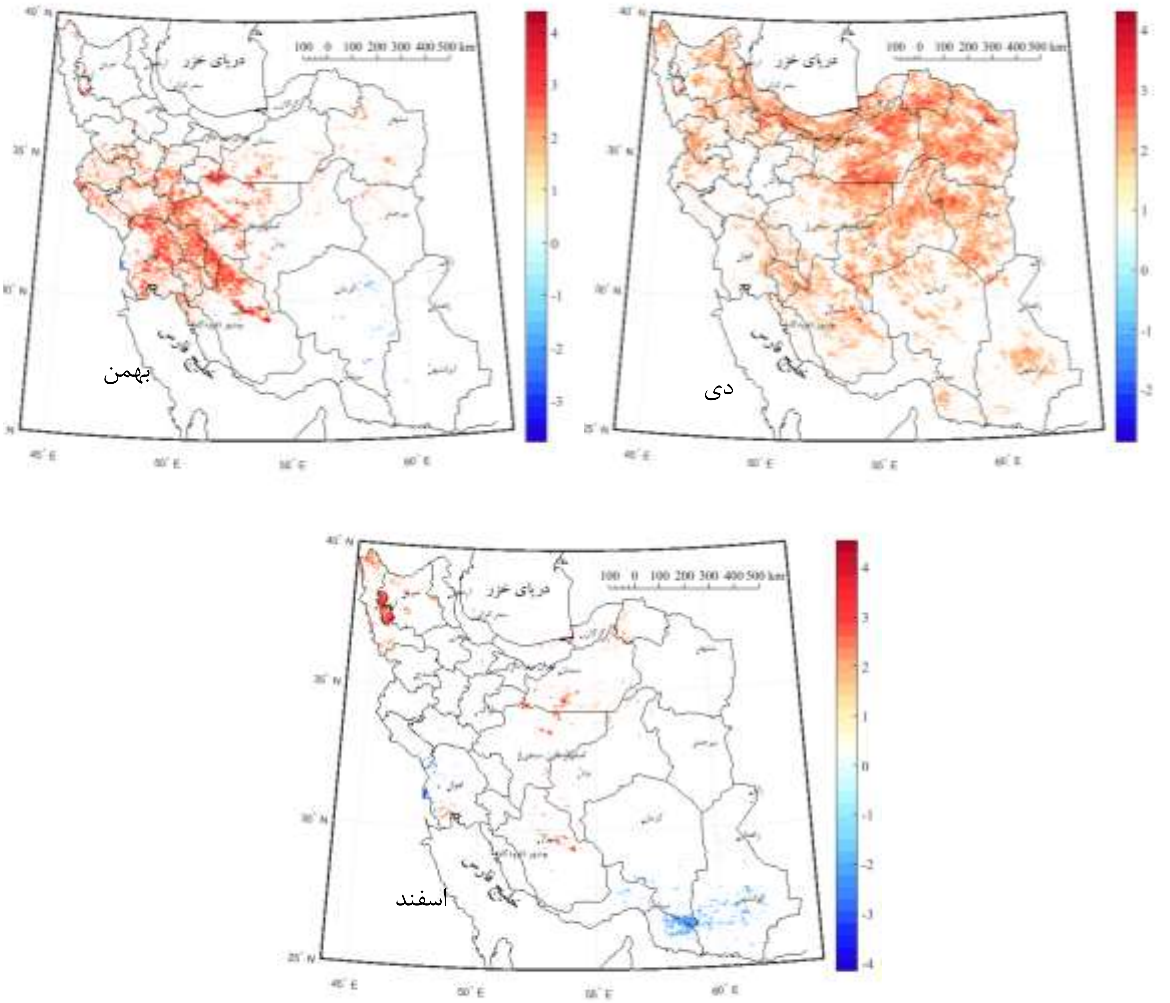
شکل ٦- روند تغییرات دمای رویه ماه‌های فصل پاییز (مهر، آبان و آذر).



شکل ۷- روند دمای رویه در سطوح ارتفاعی هرماه فصل پاییز

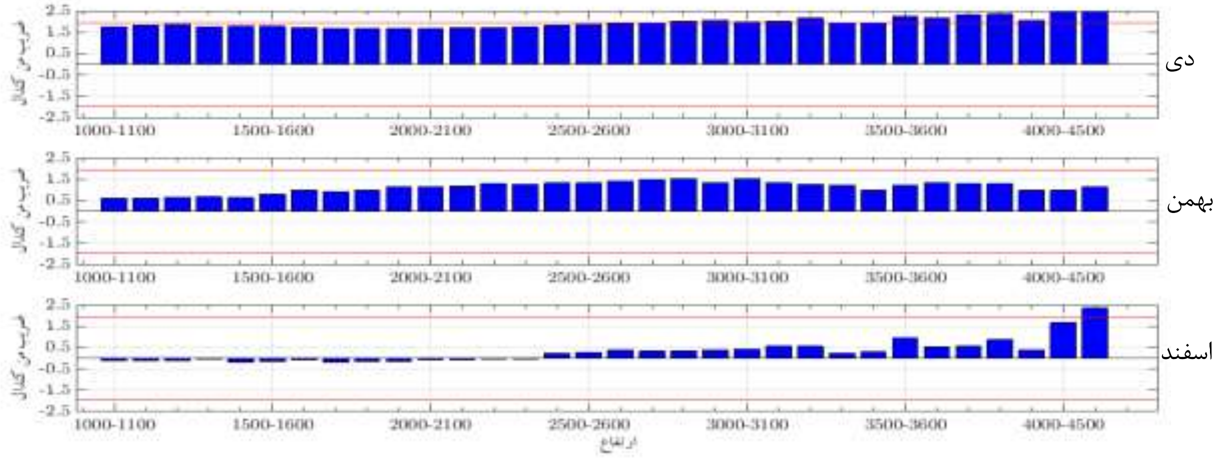
۳-٤- واکاوی روند دمای رویه زمستان

در شکل (۸) روند من کندال دمای رویه ماه‌های فصل زمستان مشاهده می‌شود. در ماه دی اکثر نواحی ایران دارای روند افزایشی در دمای رویه می‌باشد؛ در رشته کوه‌های البرز این روند چشمگیرتر است. بررسی‌ها نشان داد در ماه دی حدود ۳۲ درصد از گستره ایران دارای روند افزایشی معنی‌دار هستند. روند کاهشی معنی دار در این ماه کمتر از ۱ درصد است. در ماه بهمن بررسی‌ها نشان داد حدود ۱۱ درصد از مساحت کشور دارای روند افزایشی و نیز حدود ۱ درصد از گستره ایران دارای روند کاهشی معنی‌دار در دمای رویه می‌باشد. این روند افزایشی معنی‌دار منطبق بر ارتفاعات می‌باشد. در ماه اسفند حدود ۲ درصد از گستره ایران دارای روند کاهشی معنی‌دار است و نیز روند افزایشی در دمای رویه کمتر از ۱ درصد وجود دارد.



شکل ۸- روند تغییرات دمای رویه ماه‌های فصل زمستان (دی، بهمن و اسفند).

در ماه دی در تمامی سطوح ارتفاعی از ۱۰۰۰ متر تا ٤٥٠٠ متر روندهای افزایشی معنی دار مشاهده می‌شود. با توجه به شکل همه ارتفاعات از آستانه ۱/۹٦ + فراتر بوده که نشان از روندهای افزایشی در این سطوح ارتفاعی است. این ماه بیش از سایر ماه‌ها دارای روند افزایشی است. در ماه بهمن روندهای افزایشی در نواحی ارتفاعات مشاهده می‌شود. در ماه اسفند روند افزایشی در دمای رویه در سطوح ارتفاعی وجود دارد. در ارتفاعات بالاتر از ٤٠٠٠ متر در ماه اسفند روند افزایشی معنی دار مشاهده می‌شود (شکل ۹).



شکل ۹- روند دمای رویه در سطوح ارتفاعی هرماه فصل زمستان

٤- نتیجه‌گیری

تغییرات دمای رویه زمین می‌تواند بر همه دستگاه‌های طبیعی اثرگذار باشد. واکاوی روند دمای رویه نقش مهمی در ارزیابی تعاملات بین سطح زمین و هوا سپهر و تغییرات آب و هوایی دارد. هدف از این پژوهش واکاوی روند دمای رویه در گستره ایران است. بدین منظور داده‌های دمای رویه سنجده مودیس ترا برای بازه زمانی ۱۳۷۹–۱۳۹۸ به کار گرفته شد. فرآوردهٔ دور سنجی مورداستفاده در این پژوهش MOD11A1 می‌باشد. با توجه به هدف این مطالعه یاخته‌هایی که در داخل مرز ایران قرار داشتند موردبررسی قرار گرفت. هر یاخته از سنجنده مودیس دارای طول و عرض جغرافیایی است و نیز دارای یک سری زمانی است. لذا می‌توان از آن برای بررسی روند استفاده نمود. سری زمانی داده‌های دمای رویه ایران با استفاده از آزمون من کندال موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد به‌طور متوسط در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به ترتیب ۱۵، ٤٨، ۲، ٤٥ درصد از گستره ایران دارای روند افزایشی معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد می‌باشد. بیشترین روند افزایشی معنی‌دار در ماه دی با مقدار ۳۳ درصد مشاهده می‌شود. در رتبهٔ بعدی تیر ماه قرار داد. در این ماه حدود ۲۳درصد از گسترهٔ ایران دارای روند افزایشی است. نتایج این مطالعه نشان داد در همه فصول روندهای افزایشی و کاهشی در دمای رویه مشاهده می‌شود؛ اما بیشترین گسترهٔ

روند افزایشی دمای رویه در فصل زمستان در ماه‌های دی، بهمن و اسفند قابل‌مشاهده است و بیشتر روندهای افزایشی معنی دار دما در ارتفاعات مشاهده شده است که ناشی از کاهش پوشش برفی(کیانی و همکاران، ۱۳۹۵) و کاهش سپیدایی (کربلائی و همکاران، ۱۳۹۹) در این نواحی است. بیشترین مقدار سپیدایی در پهنه ایران در فصل زمستان وجود دارد (حجازی زاده و همکاران، ۱۳۹٦). تغییرات سپیدایی می‌تواند سبب افزایش دمای رویه شود. با توجه به کاهش سپیدایی در سال‌های اخیر (کربلایی و همکاران، ۲۰۲۱) دمای رویه در نواحی ارتفاعی افزایش داشته است.همانطور که نقشه‌های روند فصل زمستان نشان می‌دهد. روند دمای رویه در سطوح ارتفاعی هرماه از سال نشان داد در دی‌ماه همه سطوح ارتفاعی روند افزایشی معنی‌دار در دمای رویه داشته‌اند. با توجه به روند دمای رویه می‌توان بیان داشت دو فصل تابستان و زمستان نسبت به دو فصل دیگر تحت تأثیر تغییرات اقلیمی بیشتر قرارگرفته‌اند. به‌عبارت‌دیگر گرمایش جهانی در این دو فصل اثرات بیشتری داشته است. واکاوی روند دمای رویه در سطوح ارتفاعی نشان داد در دی ماه تمامی سطوح ارتفاعی دارای روند افزایشی در دمای رویه می‌باشد و نیز در سطوح اطمینان بالاتر از ۹۵ درصد قرار دارد. بسیاری از مطالعات برای آشکار سازی روند دمای رویه انجام شده است. به عنوان مثال زائو و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند بر اساس سنجنده مودیس روند دمای رویه در هیمالیای مرکزی افزایشی بوده است. مروو و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی روند دمای رویه به عنوان نشانگر تغییرات کاربری در تالاب‌ها پرداخته‌اند، نتایج این مطالعه نشان داد روندهای افزایشی دمای رویه مربوط به جنگل زدایی و گسترش زمین‌های زراعی بوده است، در حالی که روند جنگل زایی منجر به روند منفی در دمای رویه می‌شود. پن وار و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی روند دمای رویه در دهلی نشان دادند روند دمای رویه در ماه فوریه (شب) و سپتامبر (روز) در سطوح معنی‌داری قرار دارد. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد در تمام دوره مطالعه به ویژه در شب هنگام در دهلی روند دمای افزایشی وجود دارد. نورالدین و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند روند دمای رویه در آفریقا در برخی نواحی افزایشی و نیز کاهشی بوده است. نتایج بدست آمده هم راستا با این مطالعه است؛ همانطور که نتایج نشان داد روند دمای رویه در فصل پاییز و ماه اسفند کاهشی بوده است؛ اما در سایر فصول روند دمای رویه افزایشی معنی‌دار می‌باشد.

سپاسگزاری

نویسندگان از صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور به سبب حمایت از این رساله دکتری و مقاله مستخرج از آن (به شماره طرح ۹۸۰۲٤۹۹٦) تشکر و قدردانی می‌نمایند.

کتابنامه

حجازی زاده، زهرا؛ بزمی، نسرین؛ رحیمی، علیرضا؛ طولابی نژاد، میثم؛ بساک، عاطفه؛ ۱۳۹٦. مدلسازیِ فضایی – زمانیِ آلبدو در گسترهٔ ایران زمین. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. شماره ۱۷، ۱–۱۷

خلیلی، علی؛ بذرافشان، جواد؛ ۱۳۸۳. تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته، *مجله بیابان*. شماره ۹. ۳۳-۲۵.

کربلائی، علیرضا؛ ۱۳۹۹. *رفتارسنجی زمانی مکانی سپیدایی در ایران*. رساله دکتری دانشگاه خوارزمی. استاد راهنما دکتر زهرا حجازی زاده. استاد مشاور سید ابوالفضل مسعودیان.

کیخسروی کیانی، محمد صادق؛ ۱۳۹۵. *آب و هواشناسی پوشش برف در ایران با بهره‌گیری از داده‌های دور سنجی*. رساله دکتری جغرافیایی طبیعی گرایش آب و هواشناسی دانشگاه اصفهان. استاد راهنما: سید ابوالفضل مسعودیان

مرادی، مسعود؛ صلاحی، برومند؛ مسعودیان، سید ابوالفضل؛ ۱۳۹۵. پهنه بندی دمای رویهٔ زمین ایران با داده‌های مودیس. *مخاطرات محیط طبیعی*. شماره ۵. ۱۰۱-۱۱۶.

مردادی، مسعود؛ ۱۳۹۵. *بررسی آب و هواشناختی دمای سطح زمین در گستره ایران با بهره‌گیری از داده‌های مودیس*. رساله دکتری. دانشکده ادبیات و علوم انسانی گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی. استاد راهنما: سید ابوالفضل مسعودیان

مسعودیان، سید ابوالفضل؛ ۱۳۹۸. پیامدهای تغییر توزیع فراوانی دمای کمینه ایران. کنفرانس بین المللی تغییر اقلیم، پیامدها، سازگاری و تعدیل ۱۳۹۸ خرداد ۲۱. www.icciam.khu.ac.ir

مسعودیان، سید ابوالفضل؛ ترکی، مسلم؛ ۱۳۹۸. واکاوی تغییرات زمانی و مکانی جزیرهٔ گرمایی کلان‌شهر اهواز به کمک داده‌های مودیس. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*. شماره ۳۰. ۷۵-۹۲.

مسعودیان، سیدابوالفضل؛ منتظری، مجید؛ ۱۳۹۹. رفتار زمانی – مکانی جزیرهٔ گرمایی کلانشهر اصفهان. *مخاطرات محیط طبیعی*. شماره ۹، ۳۵-۴۶.

Abera, TA, Heiskanen J, Maeda EE, Pellikka PK., 2000. Land surface temperature trend and its drivers in East Africa. Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 125:e2020JD033446.

Anniballe R, Bonafoni S, Pichierri M., 2014. Spatial and temporal trends of the surface and air heat island over Milan using MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, *150*:163-171.

Bai L, Long D, Yan L., 2019. Estimation of surface soil moisture with downscaled land surface temperatures using a data fusion approach for heterogeneous agricultural land. *Water Resources Research*, *55*: 1105-1128.

Coll C, Caselles V, Galve JM, Valor E, Niclos R, Sánchez JM, Rivas R., 2005. Ground measurements for the validation of land surface temperatures derived from AATSR and MODIS data. *Remote sensing of Environment*, *97*:288-300.

Coll C, Caselles V., 1997. A split-window algorithm for land surface temperature from advanced very high resolution radiometer data: validation and algorithm comparison. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *102*(D14): 16697-16713.

Coll C, Wan Z, Galve JM., 2009. Temperature-based and radiance-based validations of the V5 MODIS land surface temperature product. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *114*(D20).

Cui YY, De Foy B., 2012. Seasonal variations of the urban heat island at the surface and the near-surface and reductions due to urban vegetation in Mexico City. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, *51*: 855-868.

Donohoe A, Armour KC, Pendergrass AG, Battisti DS., 2014. Shortwave and longwave radiative contributions to global warming under increasing CO2. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *111*:16700-16705.

Firoozi F, Mahmoudi P, Jahanshahi SM, Tavousi T, Liu Y, Liang Z., 2020. Modeling changes trend of time series of land surface temperature (LST) using satellite remote sensing productions (case study: Sistan plain in east of Iran). *Arabian Journal of Geosciences*, *13*: 1-14.

Forzieri G, Alkama R, Miralles DG, Cescatti A., 2017. Satellites reveal contrasting responses of regional climate to the widespread greening of Earth. *Science*, *356*: 1180-1184.

Jin Jin M, Dickinson RE., 1999. Interpolation of surface radiative temperature measured from polar orbiting satellites to a diurnal cycle: 1. without clouds. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *104*: 2105-2116.

Jin M., 2000. Interpolation of surface radiative temperature measured from polar orbiting satellites to a diurnal cycle: 2. Cloudy-pixel treatment. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *105*: 4061-4076.

Jin M., 2004. Analysis of land skin temperature using AVHRR observations. *Bulletin of the American Meteorological Society*, *85*: 587-600.

Karbalaee A R, Hedjazizadeh Z, Masoodian S A., 2021.Spatiotemporal variations of albedo using MODIS and PCA analysis in Iran. Theor Appl Climatol 145: 245–260. https://doi.org/10.1007/s00704-021-03596-y

Kendall M G, 1975. Rank Correlation Measures, Charles Griffin, London: 272.

Liu Y, Hiyama T, & Yamaguchi Y., 2006. Scaling of land surface temperature using satellite data: A case examination on ASTER and MODIS products over a heterogeneous terrain area. *Remote Sensing of Environment*, *105*(2), 115-128.

LUINTEL N, MA W, MA Y, WANG B, SUBBA S., 2019. Spatial and temporal variation of daytime and nighttime MODIS land surface temperature across Nepal. *Atmospheric and Oceanic Science Letters*, *12*: 305-312.

Muro J, Strauch A, Heinemann S, Steinbach S, Thonfeld F, Waske B, Diekkrüger B., 2018. Land surface temperature trends as indicator of land use changes in wetlands. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, *70*: 62-71.

Niclos R, Valiente J A, Barberà M J, Caselles V., 2013. Land surface air temperature retrieval from EOS-MODIS images. *IEEE Geoscience and remote sensing letters*, *11*: 1380-1384.

NourEldeen N, Mao K, Yuan Z, Shen X, Xu T, Qin Z., 2020. Analysis of the spatiotemporal change in land surface temperature for a long-term sequence in Africa (2003–2017). *Remote Sensing*, *12*: 488.

Oku Y, Ishikawa H, Haginoya, S, Ma Y., 2006. Recent trends in land surface temperature on the Tibetan Plateau. *Journal of Climate*, *19*: 2995-3003.

Panwar M, Agarwal A, Devadas V., 2018. Analyzing land surface temperature trends using non-parametric approach: A case of Delhi, India. *Urban climate*, *24*: 19-25.

Peñuelas J, Filella I., 2009. Phenology feedbacks on climate change. *Science*, *324*: 887-888.

Pfeifroth U, Sanchez-Lorenzo A, Manara V, Trentmann J, Hollmann R., 2018. Trends and variability of surface solar radiation in Europe based on surface-and satellite-based data records. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *123*: 1735-1754.

Salama M S, Van der Velde R, Zhong L, Ma Y, Ofwono M, Su Z., 2012. Decadal variations of land surface temperature anomalies observed over the Tibetan Plateau by the Special Sensor Microwave Imager (SSM/I) from 1987 to 2008. *Climatic Change*, *114*: 769-781.

Sun D, Pinker R T., 2004. Case study of soil moisture effect on land surface temperature retrieval. *IEEE Geoscience and remote sensing letters*, *1*: 127-130.

Tomlinson C J, Chapman L, Thornes JE, Baker C J., 2012. Derivation of Birmingham's summer surface urban heat island from MODIS satellite images. *International Journal of Climatology*, *32*: 214-224.

Wan Z., 1999. MODIS land-surface temperature algorithm theoretical basis document (LST ATBD). Institute for Computational Earth System Science, Santa Barbara: 75.

Yu Y, Privette J L, Pinheiro A C., 2007. Evaluation of split-window land surface temperature algorithms for generating climate data records. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *46:* 179-192.

Zhang X, Vincent L A, Hogg W D, Niitsoo A., 2000. Temperature and precipitation trends in Canada during the 20th century. *Atmosphere-ocean*, *38*: 395-429.

Zhao W, He J, Wu Y, Xiong D, Wen F, Li A., 2019. An analysis of land surface temperature trends in the central Himalayan region based on MODIS products. *Remote Sensing*, *11*: 900.

Zhu Z, Piao S, Myneni R B, Huang M, Zeng, Z., Canadell, J. G Zeng N., 2016. Greening of the Earth and its drivers. *Nature climate change*, *6*: 791-795.

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ سی و هشتم، تابستان ۱٤۰۰

صص ۱۲۸- ۱۱۱

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.69683.1040

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر امواج گرمایی بر جزایر حرارتی کلانشهر تبریز

رقیه ملکی مرشت- دانشجوی دکترای آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

بهروز سبحانی[1] - استاد آب و هواشناسی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

مسعود مرادی- دکترای آب و هواشناسی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱۷ **تاریخ بازنگری:** ۱٤۰۰/۲/۸ **تاریخ تصویب:** ۱٤۰۰/۳/۲۱

چکیده

امواج گرمایی از فرین‌های آب و هوایی آسیب‌زا بر انسان و محیط‌زیست است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر امواج گرمایی بر جزایر حرارتی کلانشهر تبریز طی سال‌های ۲۰۱۸-۲۰۰۳ بود. بدین منظور داده‌های حداکثر دمای ایستگاه سینوپتیک تبریز از سازمان هواشناسی اخذ و روزهایی توأم با موج گرمایی با کمک شاخص فومیاکی و در محیط نرم‌افزار متلب تعیین شدند. جهت بررسی تأثیر امواج گرمایی بر تشدید جزایر حرارتی، امواج گرمایی در ماه‌های گرم و سرد سال انتخاب و جزایر حرارتی برای آن روزها و یک روز بدون موج گرمایی با کمترین دمای حداکثر قبل از هر موج گرمایی در روز هنگام و شب هنگام به کمک داده‌های دمای سطح زمین سنجندهٔ مودیس آکوا محاسبه شد. طبق نتایج، طی دورهٔ موردمطالعه حداکثر تداوم امواج گرمایی ٤ روزه و لذا کوتاه‌مدت بوده است. بیشترین فراوانی سالانه و ماهانهٔ امواج گرمایی به ترتیب در سال ۲۰۱۰ و در ماه‌های آوریل، ژوئن و دسامبر بوده و روند امواج گرمایی در دورهٔ موردمطالعه کاهش جزئی غیرمعنادار داشته است. براساس نتایج، هم در ماه‌های گرم و هم در ماه‌های سرد اغلب در هر دو شرایط وجود و عدم موج گرمایی، در روز جزیرهٔ سرمایی و در شب جزیرهٔ گرمایی در مرکز شهر وجود داشته که با وقوع موج گرما در مقایسه با روزهای عادی بر شدت جزیرهٔ سرمایی روزانه و جزیرهٔ گرمایی شبانه افزوده شده است که این وضعیت در ماه‌های گرم محسوس‌تر از ماه‌های سرد بود. همچنین طبق یافته‌ها، تداوم امواج گرمایی نقش چندانی در تشدید جزایر حرارتی نداشته است.

کلیدواژه‌ها: شاخص فومیاکی، امواج گرمایی، جزایر حرارتی، کلانشهر تبریز.

۱ نویسنده مسئول: Email: sobhani@uma.ac.ir

۱- مقدمه

امواج گرمایی از مهم‌ترین بلایای آب و هوایی اســـت که هرســـاله پیامدهای زیســـت‌محیطی مخربی را در طبیعت به‌جای می‌گذارد. کاهش پیامدهای ناشـی از امواج گرمایی آینده، در گرو شـناسـایی سـاز و کار امواج گرما، سامانه‌های هواشـناسـی ایجاد کنندۀ گرماسـت (کواتس و کاپ[1]، ۲۰۰۵ ؛ هوشـیار و همکاران، ۱۳۹۷). شـهرها در اغلـــب موارد شـرایط اقلیمی خاصی را تجربه می‌کنند که به آن اقلیم شهری گفته می‌شود، اقلـــیم شـــهری به‌واسطۀ تفاوتی که در متغیرهای اقلیمی شهر (دمای هوا، رطوبت، سرعت وجهت باد، مقدار بارش) بـــا نـــواحی کم تراکم‌تر اطرافش وجـود دارد، مشخص می‌شـــود. دمای سطح زمین یکی از پارامترهای کلیدی و عامل مهمی بـــرای مطالعـــه آب و هـــوای شـــهری محسوب می‌شود (خاندوال[2] و همکاران، ۲۰۱۷). شرایط اتمسفری راکد حاصل از امواج گرمایی، آلاینده‌ها را در مناطق شـهری گیر می‌اندازد و با اضـافه شـدن تنش شـدید آلایندۀ سـمی به تنش خطرناک هوای گرم موجود، یک مشـکل بهداشـتی را در ابعاد نامعلوم به وجود می‌آورد. همچنین در شـب یا در زمستان، وجود هوای سرد در بالا باعث می‌شـود که لایۀ هوای گرم‌تر زیرین آن به همراه لایۀ گرد و غبار ثابت بماند (الموسائد[3]، ۲۰۱۱). امواج گرمایی می‌تواند در مقیاس محلی روی دهند و سـبب مشـکلات زیسـت‌محیطی و اجتماعی – اقتصـادی شـود. این مخاطرۀ اقلیمی، به دلیل آتش‌سـوزی جنگل‌ها و مرگ و میر انسـان‌ها، خسارات اقتصادی بالایی به بار می‌آورد (بالدی[4]، ۲۰۰۴؛ صلاحی و قدرتی، ۱۳۹۷).

امواج گرمایی و جزایر حرارتی شـهری طی سـال‌های اخیر و به‌ویژه با مطرح شـدن بحث تغییر اقلیم، مورد توجه اقلیم شـناسـان و برنامه ریزان شـهری قرار گرفته اسـت. پژوهش‌های انجام شده در داخل و بیشتر در خارج از کشور، جهت بررســی رابطۀ امواج گرمایی و جزایر حرارتی، با روش‌های مختلف صـــورت گرفته اســـت که در این بخش به چند مورد از آن‌ها اشـاره می‌گردد (فنگ[5] و همکاران، ۲۰۱۴) به شبیه‌سازی جزیرۀ حرارتی در شرایط سینوپتیکی هوای گرم در شـــهر هنگزو در چین پرداختند. آنان در پژوهش خود از مدل ترکیبی WRF/UCM[6] اســـتفاده کردند. نتایج به دسـت آمده نشـان داده اسـت که جزیرۀ حرارتی عمدتاً حاصل از ذخیرۀ گرمایی زیاد در صنایع شهری در طول روز و انتشـار این گرما در شـب است (وهی[7]، ۲۰۱۵). جهت مطالعۀ امواج گرمایی سال ۲۰۱۱ گریتر هیستون، به بررسی تأثیر کاربری زمین بر دمای هوا پرداخته‌اند. طبق نتایج به دسـت آمده از پژوهش آنان، فاصـله تا خط ساحلی و مناطق خیلی توسـعه یافته، تأثیر بسـیاری بر میانگین دمای روزانه داشـته و آب‌های آزاد نیز اثر بیشـتری بر حداقل دمای روزانه دارند

1 kovats & kopp
2 Khandelwal et al
3 Almusaed
4 Baldi
5 Feng et al
6 Weather Research and Forecasting Model/ Unresolved complex mixture
7 Weihe

(دی رایدر[1] و همکاران، ۲۰۱٤). تغییرات فضـایی دمای هوا و شـدت شـبانهٔ جزیرهٔ حرارتی شـهر برنو، در جمهوری چک را بررسـی نمودند. طبق نتایج حاصـل، شـاخص‌های پوشـش گیاهی طبیعی (NDVI) و تراکم سـاختمان‌ها، مهم‌ترین عوامل توجیه کننده افزایش ۵ درجه‌ای شـدت جزایر حرارتی اوایل شـب در تابستان بوده‌اند که از مرکز شهر به سـمت حومه از شـدت آن کاسـته شده است (دابراوالنی و کراهولا[2]، ۲۰۱۵). به بررسی تأثیر سناریوی توسعهٔ شهری بر جزیرهٔ گرمایی و اسـترس گرمایی در شـهر پاریس (فرانسـه) پرداختند. بر اسـاس نتایج به دسـت آمده، در شهرهای متراکم، با تمرکز سـاکنان در مناطقی که بیشـتر تحت تأثیر جزیره حرارتی هسـتند، آسـیب‌پذیری کل جمعیت تشـدید می‌شـود (حسـینی[3]، ۲۰۱٦). جزیرهٔ گرمایی شـهر تهران را بررسـی کردند و نتایج حاصل نشان داده است که این شهر طی روز جزیرهٔ سـرمایی و در شـب جزیرهٔ گرمایی داشته است. کم‌ترین میزان جزیرهٔ سرمایی ٤- درجه کلوین در ماه مارس و بیشـترین مقدار جزیرهٔ گرمایی ۳/۹ درجه کلوین در ماه می بوده اسـت. (زهو[4] و همکاران، ۲۰۱٦) به ارزیابی فصـلی بودن جزیرهٔ حرارتی سـطحی شـهر لندن پرداختند. آنان با روش ترکیبی مشـاهدات ماهواره‌ای به مدل‌سـازی آب‌وهوای لایهٔ مرزی شـهر با اسـتفاده از مدل اقلیم شهر(UrbClim[5]) پرداختند. نتایج بررسی‌های آنان نشان داده است که مدل اقلیم شـهری می‌تواند به‌طور رضـایت بخشـی، دمای سـطح زمین (LST[6]) شهری و روستای و دمای هوای ۲ متری سـطح زمین را به‌طور رضـایت بخشـی بازسازی نماید. همچنین نتایج به‌دست آمده نشان داده است که تغییرات دمای سـطح زمین، می‌تواند عمدتاً با تغییرات فصـلی تابش دریافتی خورشـید در ارتباط باشد. (دی رایدر[7] و همکاران، ۲۰۱٦) تشـدید جزیرهٔ حرارتی شـهری در طول رخ داد امواج گرمایی در تابسـتان ۲۰۰۲ در پاریس را بررسـی نمودند. پژوهش آنان در مرحلهٔ اول، براسـاس دمای مشـاهده شـده از یک منطقهٔ شـهری و روستایی انجام شد و نتایج حاصل نشـان داده اسـت که با هر درجهٔ سـلسـیوس افزایش دما در روز، شـدت جزیرهٔ حرارتی ۰/۰۸ درجهٔ سـلسـیوس در شـبـانـه‌روز افزایش می‌یابد. (قبادی[8] و همکاران، ۲۰۱۷) به پژوهش در مورد تأثیر امواج گرمایی بر جزایر حرارتی در شـهر کرج پرداختند. نتایج حاصـل از بررسـی‌های آنان نشان داده است که در روزهای حاکمیت امواج گرمایی، جزیرهٔ گرمایی شـهری (UHI) در منطقهٔ موردمطالعه تشـدید شده و درجهٔ حرارت شهری در مقایسه با دمای مناطق روستایی، هم در روز و هم در شـب گرم‌تر شـده اسـت. (بای[9] و همکاران، ۲۰۱۷) در پژوهشـی با تحلیل مقایسـه‌ای، به بررسی امواج گرمایی و جزایر حرارتی در چند شـهر پرداخته‌اند. طبق نتایج حاصـل از پژوهش آنان، در شـهرهایی با وسـعت

---

1 De Ridder et al
2 Dobrovolny & Krahula
3 Hosseini
4 Zhou et al
5 urban climate model
6 land surface temperature
7 De Ridder et al
8 Ghobadi et al
9 Bai et al

یکسـان، رابطهٔ متفاوتی بین امواج گرمایی و جزایر حرارتی وجود داشـته اسـت. در شهرهای نیویورک، ایالت واشنگتن و بـالتیمور در مقایســه با شــهرهای کوچک، جزیرهٔ حرارتی هم‌زمان با رخ داد امواج گرمایی تقویت شــده اســت. (پاراوانتیس[1]، ۲۰۱۷) آثار دمای بالا، امواج گرمایی و جزیرهٔ حرارتی شــهری را در مرگ و میر روزانهٔ قلبی – عروقی و تنفسـی افراد بالای ٦٥ سـال طی سـال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۲ در یونان و آتن بررسی نموده و یافته‌های پژوهش آنان نشان داده اسـت که همبسـتگی بالایی در مرگ و میر روزانهٔ قلبی و عروقی و تنفسی افراد بالای ٦٥ سال و دماهای بالا وجود دارد. در دمای متوســط مرگ و میر کم‌تر اســت ولی در دماهای بالا و بســیار بالا این مرگ‌ومیرها به میزان ۲۰ تا ۳۵ درصـد افزایش یافته و بیشـترین میزان مرگ و میر، در اثر امواج گرمایی گزارش شـده اسـت. (فوندا و سـانتاموریس[2]، ۲۰۱۷) مشـارکت امواج گرمایی و جزایر حرارتی شـهری در تابسـتان بسـیار گرم ۲۰۱۲ در آتن را مطالعه نمودند. طبق نتایج به دسـت آمده، در روز حادثه، همبسـتگی قوی بین جزیرهٔ حرارتی شهری و امواج گرمایی وجود داشته است که این امر می‌تواند موجب افزایش چشـم‌گیر خطر گرما در شهرها و آسیب‌پذیری جمعیت شهری گردد. (ا–آنل[3]، ۲۰۱۷) به تحلیل آثار امواج گرمایی و ســرمایی بر بخش تولید انرژی پرداختند. بررســی‌های آنان نشــان داد که رخداد امواج ســرمایی و گرمایی می‌تواند منجر به افزایش نیاز به تولید انرژی مصــرفی شــود. (باســارا[4]، ۲۰۱۸) تأثیرپذیری جزیرهٔ حرارتی شـهری، طی رخداد موج گرمایی شـدید در شـهر اوکلاهما را بررسـی نموده و نتایج تجزیه‌وتحلیل آن‌ها نشان داده اسـت که طی حاکمیت امواج گرمایی، یک جزیرهٔ حرارتی در مرکز شـهر ایجاد شـده اسـت.(روحینی[5]، ۲۰۱۹) به بررســی امواج گرمـایی هنـد بـا اســتفاده از مدل CMIP5 پرداختند. نتایج پژوهش آنان افزایش امواج گرمایی را طی دهه‌های آتی تأیید کرده اســت. (فرون[6] و همکاران، ۲۰۱۹) به بررســی امواج گرمایی جنوب آمریکا پرداختند. آنان از ٥ مدل (CMIP5) تحت دو ســناریوی RCP 4.5 و 8.5 اســتفاده نموده و دریافتند که در دهه‌های اخیر ســهم روزهای بسـیار گرم حداقل در دسـامبر – ژانویه – فوریه دو برابر شـده اسـت. مولودی و همکاران (۱۳۹٥) با کمک شـاخص فومیـاکی و با اســتفاده از مدل CMIP5 به بررســی اثر تغییر اقلیم بر امواج گرمایی ســواحل شــمالی خلیج‌فارس پرداخته‌اند. نتایج حاصـل، نشـان داده‌اند که امواج گرمایی کوتاه‌مدت، رخ داد بیشـتری دارند و فراوانی آن طی سال‌های اخیر افزایش یـافتـه اســت. کـاشــکی و همکـاران (۱۳۹۸) بـه واکـاوی آمـاری امواج گرمایی زابل پرداختند. نتایج تجزیه‌وتحلیل آنان نشـان داد که در منطقهٔ موردمطالعهٔ آنان موج‌های گرمایی کم دوام رخداد بیشـتری داشـته و امواج گرمایی پرتداوم کمتر رخ داده است.

1 Paravantis
2 Founda & Santamouris
3 A-Añel
4 Basara
5 Rohini
6 Feron et al

بررســی پیشــینه‌های انجام شــده نشــان داد که رخ داد موج گرمایی و تشــکیل جزایر حرارتی شــهری اغلب در پژوهش‌های خارجی در ارتباط باهم بررســی شــده‌اند ولی در پژوهش‌های داخلی این دو مخاطره به‌صــورت جداگانه موردمطالعه قرار گرفته‌اند. لذا بررســی رابطهٔ این دو پدیده خصــوصــاً در کلانشــهرهای ایران، جهت کاهش آثار منفی ناشــی از افزایش دما بر اقتصــاد کشــور و محیط‌زیســت و مدیریت بحران، ضــروری به نظر می‌رسد. هدف از پژوهش حاضــر، بررســی تأثیر امواج گرمایی بر جزایر حرارتی در کلانشــهر تبریز طی ســال‌های ۲۰۱۸-۲۰۰۳ می‌باشد. افزایش مداوم دمای شــــهرها تحت عنوان جزیرهٔ حرارتی شــــهری و رخ داد ناگهانی امواج گرمایی به‌عنوان یکی از مخاطرات مهم اقلیمی، ازجمله نگرانی‌های مهم ســیاســت‌گذاران مدیریت شــهری در شهرهای بزرگ و صنعتی می‌باشد و رخ داد هم‌زمان این دو پدیده و تأثیر متقابل آن‌ها بر یکدیگر، می‌تواند ســبب تشــدید گرمای مراکز شــهری شــده و درنتیجه خســارات زیســت‌محیطی فراوانی را به دنبال داشته باشد. طبق پیش‌بینی پژوهش‌گران، امواج گرمایی طی سال‌های آتی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی، بیشــتر و پرتداوم‌تر خواهد شــد. لذا پی بردن به زمان وقوع و چگونگی رابطهٔ این مخاطرهٔ اقلیمی با جزایر حرارتی شــهری، می‌تواند آگاهی‌ها، توصــیه‌ها و راه‌کارهای لازم به کشاورزان، باغداران و مسئولان ستاد حوادث غیرمترقبــهٔ این شــــهر در خصــــوص احتمال افزایش ناگهانی دمای هوا در اثر وقوع هم‌زمان این دو مخاطرهٔ به‌منظور مدیریت بحران ارائه دهد.

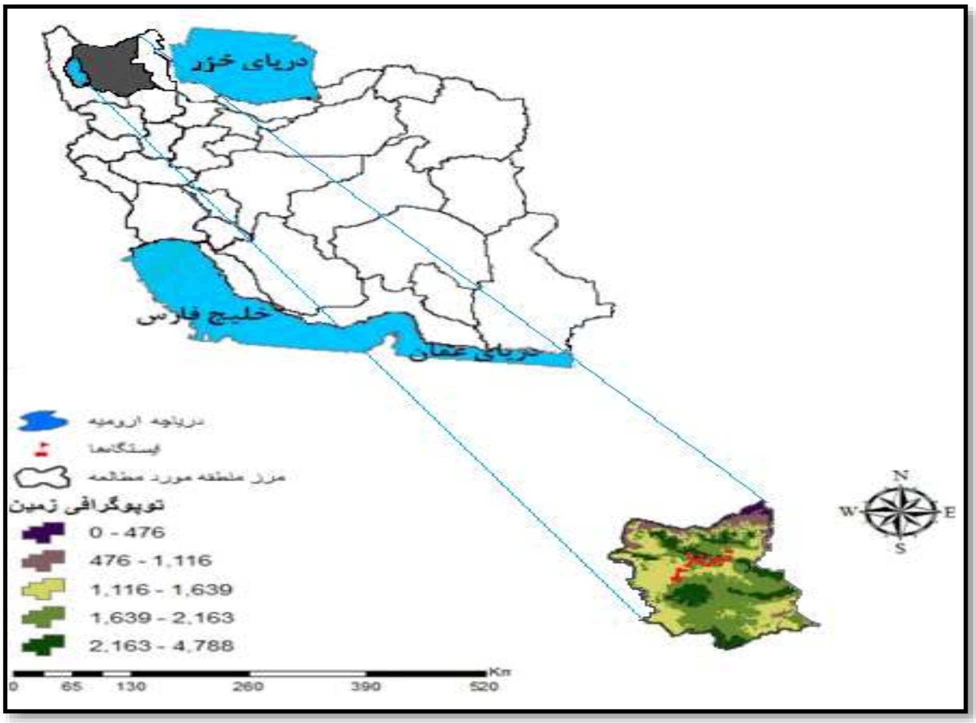
۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدودهٔ موردمطالعه

جدول ۱- موقعیت جغرافیایی و ارتفاع ایستگاه موردمطالعه

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)
تبریز	۴۶/۲	۳۸/۱	۱۳۶۱

(مأخذ: سازمان هواشناسی کشور)



شکل ۱- نقشۀ محدودۀ موردمطالعه

۲-۱- شناسایی و استخراج امواج گرمایی طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸

از نظر آماری امواج گرمایی[1] به نوسان‌های مثبت یا فرین‌های بالای میانگین دماهای حداکثر روزانه گفته می‌شود که طی روزها (گاه هفته‌ها و ماه‌های متوالی) در فضاهای جغرافیایی خاصی استمرار زمانی دارند (قویدل رحیمی، ۱۳۹۰). جهت شناسایی و استخراج امواج گرم، داده‌های حداکثر دمای روزانۀ ایستگاه تبریز مطالعه، طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸، از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید و با کمک شاخص به هنجار شدۀ دما فومیاکی[2] و از طریق برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار متلب، روزهایی که دست‌کم دو روز تداوم داشته و دمای آن بالاتر از ۲+ انحراف معیار یا بالاتر از میانگین (NTD) بود، به‌عنوان روز توأم با موج گرمایی شناسایی و انتخاب گردید. به‌منظور محاسبۀ این نمایه، نخست میانگین بلندمدت دما برای هر یک از روزهای سال محاسبه شد تا انحراف دمای هر روز خاص نسبت به میانگین بلندمدت مبنای داوری دربارۀ گرمی آن روز قرار گیرد. میانگین بلندمدت دماهای هر روز با رابطۀ ۱ به‌دست می‌آید:

$$\overline{T(i,j)} = \sum_{n=2003}^{2018} T(i,j,n) \div N \qquad (1$$

1 Heat Waves
2 Fumiaki

(مســعودیان و دارند، ۱۳۹۰؛ اســمعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲). در این رابطه$T(i,j,n)$ دمای روز i ام از ماه j ام در ســال n ام$\overline{T(i,j)}$ میانگین بلندمدت دمای روز i ام، از ماه j ام می‌باشــد. برای از بین بردن نوفه‌های (نویز[1]) موجود در میانگین، فیلتر میانگین متحرک ۹ روزه ســه بار بر روی این داده‌ها انجام شــد. به‌این‌ترتیب میانگین دمای هر روز بر مبنای دمای همان روز و ۲۹ روز همســایهٔ آن محاســبه شــد. به‌بیان‌دیگر دمای هرروز نمایندهٔ وضـع کلی دما در همان روز و دمـای دو هفته پیش و دو هفته پس از آن اســـت. درنتیجه آثار عوامل زودگذر محلی که موجب نوســـان دما گردیده‌اند، حذف و اثرات ســامانه‌های همدید که تغییرات کلان دما را تعیین می‌کنند، تقویت می‌شـود. سـپس به کمک رابطـهٔ ۲، انحراف دمای هر یک از روزهای موردبررســـی، نســـبت به میانگین بلندمدت محاســـبه شـــد (فوجیبی و همکاران[2]، ۲۰۰۷؛ اسماعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲).

$$\Delta T = (i,j,n) = T(i,j,n) - T(I,J) \qquad (۲$$

در اینجا $\Delta T=(i,j,n)$ انحراف مطلق دما از میانگین روز j ام از ماه i ام، در ســال n ام نســبت به میانگین دمای همان روز تقویمی اســـت. برای آن‌که مقادیر انحراف دمای زمان‌های مختلف در یک نقطهٔ جغرافیایی و مکان‌های مختلف در یـک‌زمـان معین بـا یکـدیگر قـابـل‌مقـایســـه باشـــند، لازم اســـت این مقادیر مطلق انحراف دما به کمک پراش دما، اســتانداردســازی شوند. همانند تغییرات روز به روز، پراش ΔT در ۳۱ روز برای هرروز تقویمی طبق رابطهٔ ۳ به دست آمد. سپس میانگین متحرک ۹ روزه سه بار انجام شد:

$$\overline{\sigma^{2(i,j)}} = \sum_{n=2003}^{2018} \sum_{j-16}^{j+16} \left[\Delta T(i,j',\mathrm{n}) - \overline{\Delta T(i,j',\mathrm{n})}\right]^2 \div 31N \qquad (۳$$

مقدار $\overline{\Delta T(i,j)}$ میانگین انحراف دما روی کرنل ۳۱ روزه است که از رابطهٔ ٤ به دست آمد:

$$\overline{\Delta T * (i,j)} = \sum_{n=2003}^{2018} \sum_{j=j-16}^{j+16} T(i,j',\mathrm{n}) \div 31N \qquad (۴$$

سرانجام نمایهٔ فومیاکی یا انحراف دمای نرمال شده (NTD[3]) از رابطهٔ ۵ زیر محاسبه گردید:

$$x\,(i,\mathrm{j},\mathrm{n}) = \Delta T(i,\mathrm{j},\mathrm{n}) \div \overline{\sigma(i,j)} \qquad (۵$$

که $\overline{\sigma(i,j)} = \sqrt{\overline{\sigma^2(i,j)}}$ می‌باشد.

1 Noise
2 Fujibe & et al
3 Normalized Thermal Deviation

امواج گرمایی با استفاده از شاخص‌های مختلفی شناسایی و بررسی می‌گردد. یکی از این شاخص‌ها، شاخص فومیاکی است که با کمک این شاخص به هنجار شدۀ دما و از طریق برنامه‌نویسی در محیط نرم‌افزار متلب، روزهایی که دست‌کم دو روز تداوم داشته و دمای آن بالاتر از ۲+ انحراف معیار یا بالاتر از میانگین (NTD) باشد، به‌عنوان روز توأم با موج گرمایی شناسایی می‌گردد. در ادامه، پس از برنامه‌نویسی در نرم‌افزار Matlab، روزهایی که ضریب NTD آن‌ها بالاتر از میانگین بود و حداقل ۲ روز تداوم داشت توسط این برنامه، روز توأم با موج گرمایی معرفی گردید. بنابراین تعریف موج گرم در این پژوهش این‌گونه بیان می‌شود که: هرگاه ضریب (NTD) برای P روز متوالی ۲ انحراف معیار بالاتر از میانگین باشد، یک موج گرمایی P روزه داریم: به عبارتی اگر NTD (i) معرف دمای بهنجار شدۀ روز i ام باشد، طبق رابطۀ ٦:

$$NTD(i), NTD(i+1),\ldots, NTD(i+p-1)\geq 2, NTD\ (i-1), NTD\ (i+p)\leq 2 \qquad (۶$$

آنگاه یک موج گرمایی P روزه داریم (اسمعیل نژاد و همکاران، ۱۳۹۲).

۲-۲- محاسبۀ جزیرۀ حرارتی سطحی شهر[1] با استفاده از داده‌های سنجندۀ مودیس- آکوا[2]

دمای بالاتر شهرها نسبت به دمای نواحی روستایی جزیره‌ای از هوای گرم ایجاد می‌کند که به آن جزیرۀ حرارتی شهری[3] (UHI) گفته می‌شود که در شب‌های آرام و صاف بر روی شهر گسترش می‌یابد (عزیزی،۱۳۸۳).

به‌منظور بررسی شدت جزیرۀ حرارتی در کلانشهر تبریز در روزهای توأم با موج گرمایی (بدون ابر) داده‌های دمای رویۀ زمین سنجندۀ مودیس – آکوا برای روز هنگام ساعت ۱۵:۲٤–۱۳:۳۸، شب هنگام ساعت ۰۳:۵۳–۰۲:۳۱، از وب‌سایت ناسا[4] در سیستم تصویری سینوسی دریافت گردید. MODIS یا اسپکترو رادیومتر تصویربرداری با قدرت تفکیک مکانی متوسط، ابزاری است که بر روی ماهوارۀ آکوا (EOS PM) راه‌اندازی شده در ماه مه ۲۰۰۲، نصب شده است. MODIS داده‌ها را در ۳٦ باند طیفی با عبور از بالای خط استوا در حوالی ۱۳:۳۰ و ۰۱:۳۰ بر ماهواره آکوا جمع‌آوری می‌کند. اعتبار سنجی در سطح ۳ برای تمام محصولات بازتابندگی سطح مودیس انجام شده است. $MOD11\_A_2$ و$MYD11_A_2$، دمای سطح زمین (LST) و توان تشعشعی ۸ روزه در سطح ۳، تشکیل شده از محصول LST روزانه۱ کیلومتر مادیس ($MOD11A_1$ و $MYD11A_1$) می‌باشد و بر روی یک شبکه سینوسی ۱ کیلومتر به‌عنوان مقدار متوسط (LSTs) در آسمان صاف در طول ۸ روز در طول روز و شب (۱۳:۳۰ و ۰۱:۳۰ برای مودیس –آکوا) ذخیره شده است (لازارینی و همکاران[5]، ۲۰۱۳).

1 SUHI
2 MODIS-Aqua
3 Urban Heat Island
4 Nasa
5 Lazzarini & et al

برداشت‌های مودیس- آکوا به این دلیل انتخاب شدند که نسبت به مودیس ترا به ساعات میانهٔ روز و میانهٔ شب (مقادیر فرین روزانه) نزدیک‌تر بودند. جهت تأیید درستی نتایج تصاویر ماهواره‌ای، وضعیت باد و رطوبت نسبی، در روزهای موردمطالعه، از سایت سازمان هواشناسی اخذ و واکاوری گردید. معمولاً جهت بررسی جزیرهٔ حرارتی سطحی، از تفاوت دمای سطح مناطق شهری با مناطق غیرشهری یا روستایی استفاده می‌شود. بااین‌حال، تمایز میان مناطق شهری و غیرشهری، هنوز متنوع است. علاوه بر شاخص (SUHI) که تفاوت دمای سطح مناطق شهری با غیرشهری را اندازه‌گیری می‌کند، بسته به کاربری غالب اطراف شهر، شاخص‌های دیگری ازجمله تفاوت دمای سطح مناطق شهری- کشاورزی، شهری- آب نیز استفاده شده است. برای محاسبهٔ جزیرهٔ حرارتی رویهٔ زمین لازم است ابتدا مناطق شهری و روستایی تعیین شود. در پژوهش حاضر برای محدودهٔ شهری از میانگین دمای تمام یاخته‌های داخل شهر استفاده شده است. منطقهٔ روستایی در گسترهٔ یک برابر مساحت شهر در اطراف آن انتخاب شده است. سپس توزیع فراوانی دمای رویهٔ زمین در این گسترهٔ روستایی از کمترین تا بیشترین مقدار ثبت شده محاسبه شده است. در ادامه دمایی که بیشترین فراوانی را در منطقهٔ روستایی داشته است به‌عنوان نمایندهٔ منطقهٔ روستایی انتخاب شده است. برای این کار از رابطهٔ (۷) استفاده شده است:

$$SUHI = MLST_{urban} - FLST_{rural} \qquad (7$$

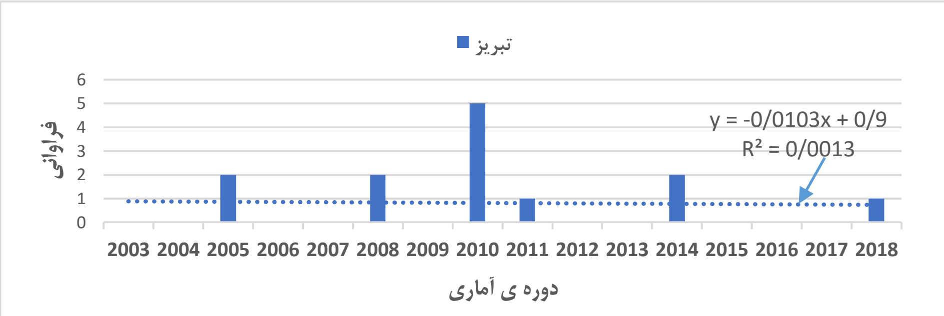
که در آن SUHI جزیرهٔ گرمایی رویهٔ زمین، $MLST_{urban}$ میانگین دما در منطقهٔ شهری و $FLST_{rural}$ دمای رویهٔ زمین با بیشترین فراوانی رخداد در منطقهٔ روستایی است. برای مطالعهٔ نقطه‌ای SUHI، از اختلاف دمای دو یاخته معرف داخل و بیرون شهر استفاده شد (مجرد و همکاران، ۱۳۹۷). در مرحلهٔ بعد، به‌منظور بررسی تأثیر رخ داد امواج گرمایی بر جزایر حرارتی شهری، یک روز عادی (بدون موج گرما)، تا فاصلهٔ حداکثر دو هفته قبل از وقوع هر موج گرمایی که کم‌ترین دمای حداکثر را داشت انتخاب گردید و بعد از محاسبهٔ جزیرهٔ حرارتی در آن روز، تفاوت جزیرهٔ حرارتی در دو شرایط متفاوت (وجود و عدم موج گرمایی) در شهر تبریز بررسی شد.

۳- نتایج و بحث

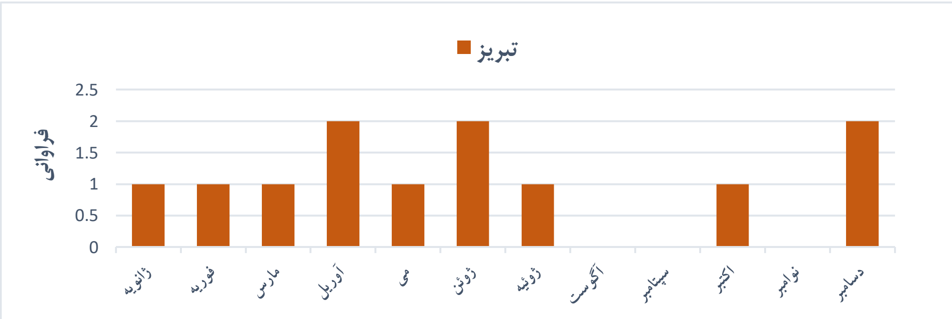
۳-۱- نتایج استخراج امواج گرمایی با اعمال شاخص فومیاکی

براساس نتایج حاصل از اعمال شاخص فومیاکی، امواج گرمایی ایستگاه تبریز شناسایی و به دو دستهٔ امواج کوتاه و امواج بلند تقسیم شد (امواج گرمایی با تداوم بین ۲ تا ۵ روزه با عنوان امواج گرمایی کوتاه‌مدت و امواج با تداوم ٦ روزه یا بیشتر، امواج گرمایی بلندمدت معرفی گردیدند). طی دورهٔ مورد مطالعه (۲۰۱۸-۲۰۰۳)، بیشترین فراوانی مخاطرهٔ موج گرمایی در ایستگاه تبریز، در سال ۲۰۱۰ بوده است (شکل ۲). بررسی روند خطی امواج گرمایی (در شکل ۲) نشان‌گر روند کاهشی جزئی و غیرمعنادار رخ داد امواج گرمایی در تبریز از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ بوده است

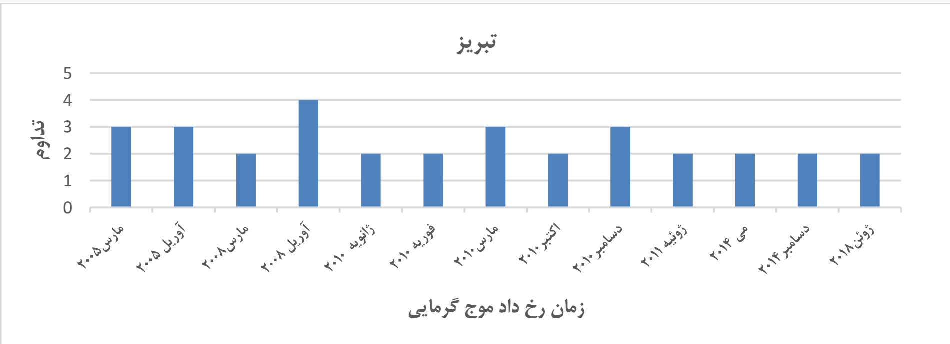
(شکل ۲). بیشترین فراوانی رخ داد این مخاطره در این ایستگاه در ماه‌های آوریل، ژوئن و دسامبر بوده است (شکل ۳). از نظر تداوم، طی ١٦ سال موردمطالعه، حداکثر تداوم امواج گرمایی ٤ روز بوده لذا امواج گرمایی در این شهر کوتاه‌مدت بوده است (شکل ٤).



شکل ۲- فراوانی سالانه و روند خطی امواج گرمایی در ایستگاه تبریز (۲۰۱۸-۲۰۰۳)



شکل۳- فراوانی ماهانهٔ امواج گرمایی در ایستگاه تبریز (۲۰۱۸-۲۰۰۳)



شکل٤- زمان رخ داد و تداوم امواج گرمایی در ایستگاه تبریز (۲۰۱۸-۲۰۰۳)

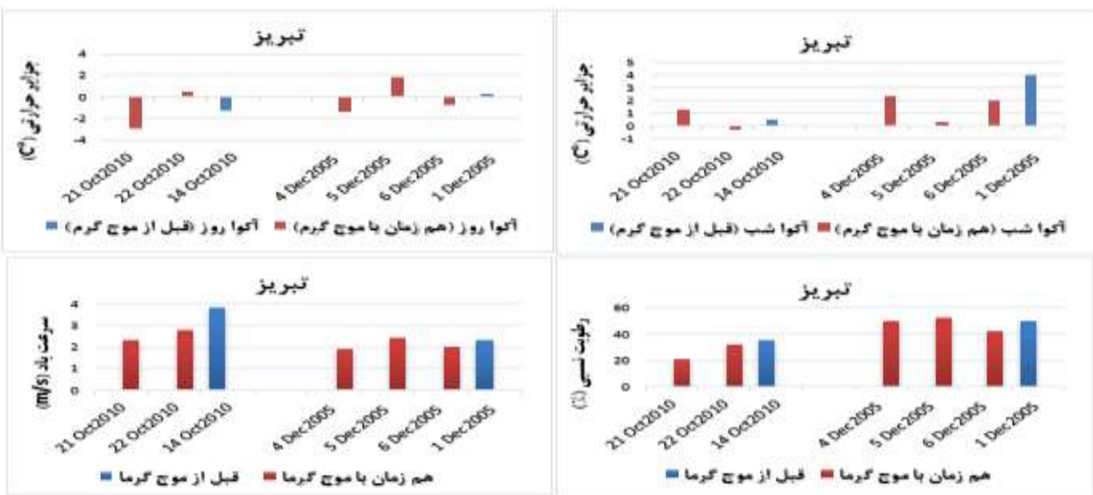
۳-۲- نتایج مقایسهٔ شدت جزایر حرارتی در شرایط وجود و عدم موج گرمایی در ماه‌های گرم و سرد

به‌منظور بررسی میزان تأثیرپذیری شدت جزایر حرارتی از رخ داد امواج گرمایی در کلانشهر تبریز در ماه‌های گرم و سرد سال و مقایسهٔ آن با روزهای بدون موج گرمایی، از داده‌های دمای رویهٔ زمین (LST) در برداشت‌های روز هنگام و شب هنگام سنجندهٔ مودیس- آکوا با قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر (در روزهای بدون ابر)، برای شهر تبریز طی دورهٔ آماری ۱۶ ساله (۲۰۱۸-۲۰۰۳) استفاده گردید. مقادیر جزیرهٔ حرارتی برای روزهایی که موج گرمایی در این شهر رخ داده و برای یک روز عادی بدون موج گرما با پایین‌ترین دمای حداکثر تا فاصلهٔ حداکثر دو هفته قبل از وقوع هر موج گرما برای ماه‌های گرم و سرد سال محاسبه گردید که نتایج در جدول ۲ ارائه شده است. در جداول ذکر شده، ارقام مثبت حاصل از محاسبهٔ اختلاف دمای رویهٔ زمین در مناطق شهری و غیر شهری نشانگر تشکیل جزیرهٔ گرمایی شهری و ارقام منفی نمایانگر جزیرهٔ سرمایی شهری می‌باشند. به‌منظور تهیه نقشه جزیره گرمایی کلانشهر تبریز، ابتدا نقطه‌ای در مرکز این شهر به موقعیت ۳۸/۰۷ عرض شمالی، ٤٦/۳ طول شرقی انتخاب شده و تا شعاع ۲۰ کیلومتری اطراف این نقطه پیکسل‌هایی که خارج از محدودهٔ شهر بوده‌اند برای محدودهٔ غیرشهری تعیین شد. شکل ۵ محدودهٔ کلان‌شهر تبریز در گوگل ارث است که مختصات آن با داده‌های سنجندهٔ مودیس- آکوا منطبق شده و پیکسل‌ها استخراج گردیده‌اند.

شکل ۵- محدودهٔ کلان‌شهر تبریز در گوگل ارث

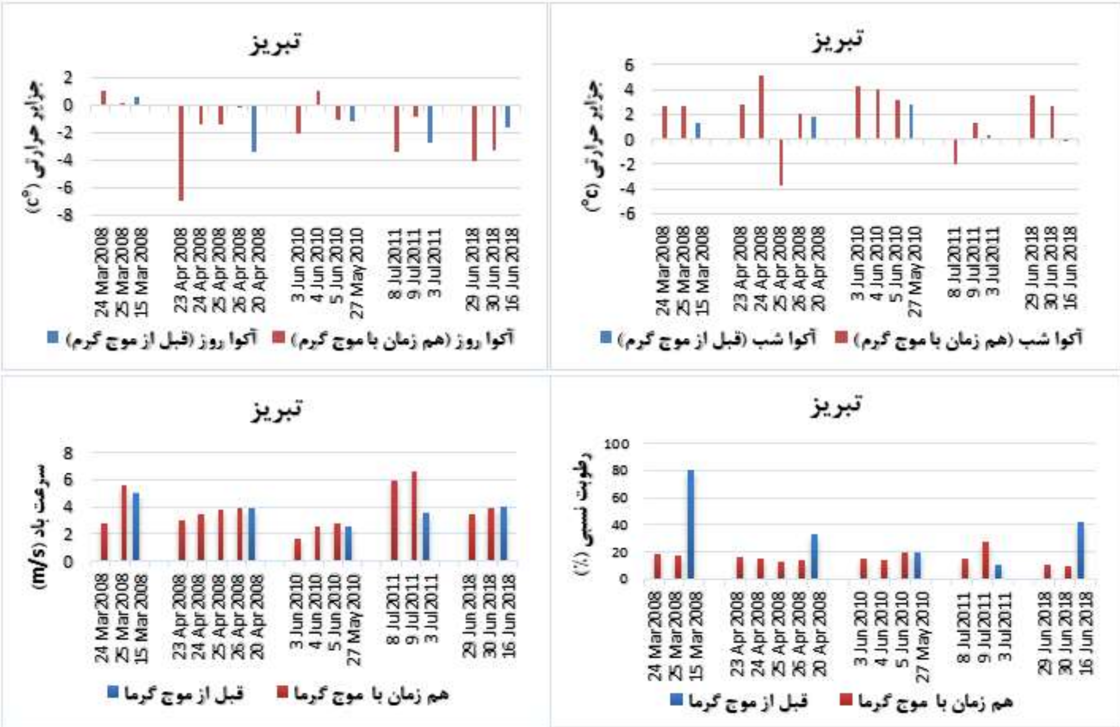
طبق نتایج، چه در شرایط عادی چه هم‌زمان با حاکمیت امواج گرمایی، در ماه‌های گرم و سرد سال، اغلب در روز هنگام، دمای مرکز شهر تبریز از دمای مناطق غیر شهری اطراف آن کمتر ولی در شب هنگام، بیشتر بوده است (جدول ۲ و اشکال ٦ و۷). بنابراین اغلب در روز، جزیرهٔ سرمایی و در شب، جزیرهٔ گرمایی در مرکز این شهر تشکیل شده است. همچنین بررسی‌ها نشان دادند که تداوم امواج گرمایی نقش چندانی بر تشدید جزایر حرارتی نداشته چراکه

جزایر حرارتی تحت تأثیر امواج گرمایی دو روزه و چهار روزه، تقریباً یکسـان بوده اسـت. طبق جدول (۲) و شـکل (٦) در ماه‌های سـرد، درصد رطوبت نسبی و حداکثر سرعت باد در روزهای رخ داد امواج گرمایی کمتر از شرایط قبل از موج گرمایی بوده اسـت. بررسـی جزایر حرارتی در این شهر نشان داد که در روز هنگام در هر دو شرایط (وجود و عدم موج گرمایی) جزیرهٔ سـرمایی در مرکز شـهر تشـکیل شـده اسـت که در شرایط حاکمیت موج گرمایی بر شدت جزیرهٔ سـرمایی نسـبت به روز عادی افزوده شـده اسـت. در شب هنگام چه در شرایط عادی و چه در شرایط رخ داد امواج گرمایی، جزیرهٔ گرمایی در مرکز شـهر تبریز ایجاد شـده که شـدت جزایر گرمایی شبانه اغلب در زمان حاکمیت موج گرمایی دسـت‌کم در یک روز، بیشـتر از شرایط عادی بوده است. به نظر می‌رسد رخ داد امواج گرمایی در ماه‌های سـرد اغلب سـبب تشـدید جزایر گرمایی شبانه و جزیرهٔ سرمایی روزانه شده است. بررسی وضعیت جزایر حرارتی در ماه‌های گرم سـال (جدول ۲ شـکل ۷). نشـان داد که به‌استثنای دو موج گرمایی ژوئن ۲۰۱۰ و مارس ۲۰۰۸ که جزیرهٔ گرمایی در روز هنگام تجربه شـــده در بقیهٔ موارد در هر دو شـــرایط وجود و عدم موج گرمایی، در مرکز شـــهر جزیرهٔ سـرمایی ایجاد شـده اسـت که شدت جزایر سرمایی در زمان حاکمیت امواج گرمایی اغلب بیشتر از شرایط بدون موج گرمایی بوده اسـت. در شـب هنگام اغلب جزیرهٔ گرمایی در مرکز شـهر وجود داشـته که شـدت آن بیشتر از وضعیت عادی بوده اسـت. شـکل ۸ نقشـه‌های جزیرهٔ گرمایی کلانشـهر تبریز، به ترتیب در ۲٤ آوریل ۲۰۰۸ (الف) و ٤ ژوئن ۲۰۱۰ (ب) به‌عنوان نماینده‌ای از سـایر روزهای توأم با موج گرمایی می‌باشـند که جزیرهٔ گرمایی شـدت قابل توجه داشـته و نشـان می‌دهد که حاکمیت موج گرمایی و تشـکیل جزیرهٔ حرارتی به‌طور هم‌زمان، سبب بالا رفتن دمای رویهٔ زمین در بخش مرکزی این شهر در روزهای مذکور شده است.



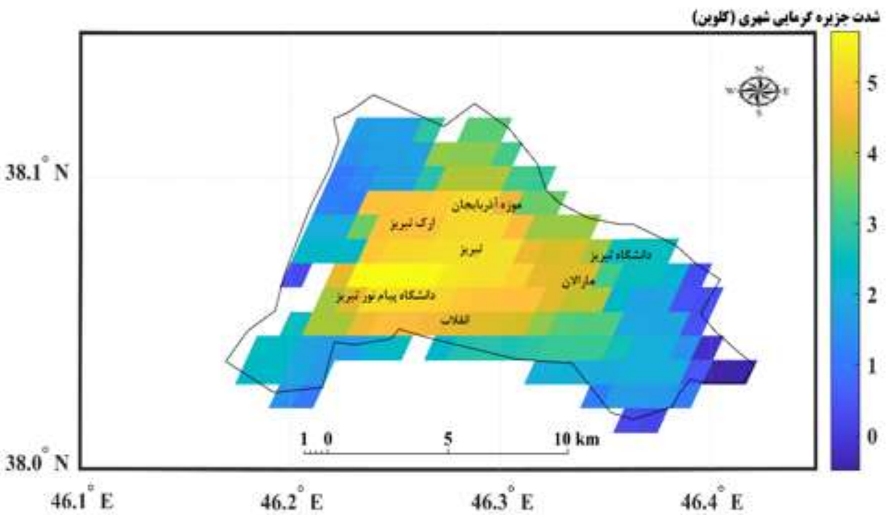
الف) ماه‌های سرد

شکل ٦- مقایسهٔ جزایر حرارتی، باد و رطوبت نسبی در شرایط وجود و عدم موج گرمایی ماه‌های سرد (۲۰۱۸-۲۰۰۳)

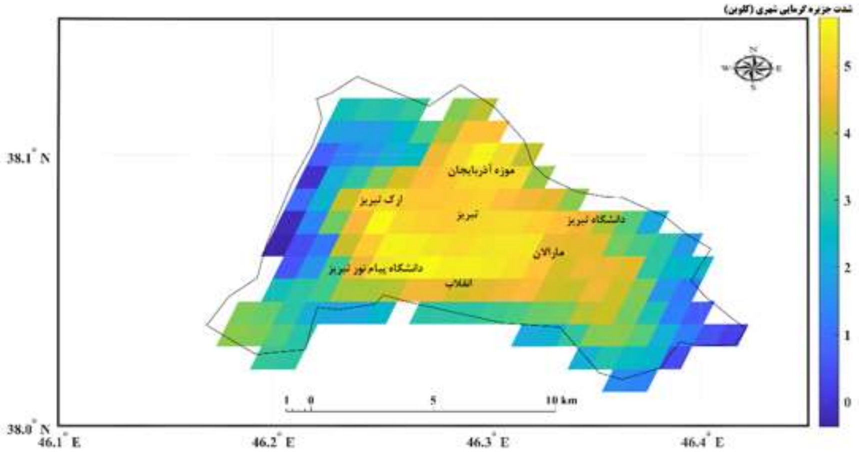


ب) ماه‌های گرم

شکل ۷- مقایسهٔ جزایر حرارتی، باد و رطوبت نسبی در شرایط وجود و عدم موج گرمایی ماه‌های گرم (۲۰۱۸-۲۰۰۳)



الف) شدت جزیره گرمایی ۲۴ آوریل ۲۰۰۸



ب) شدت جزیره گرمایی٤ ژوئن ۲۰۱۰

شکل ۸- پراکنش مکانی شدت جزیره گرمایی شهر تبریز در ۲٤ آوریل ۲۰۰۸ و ٤ ژوئن ۲۰۱۰

جدول ۲- جزیرهٔ حرارتی محاسبه شده در ماه‌های سرد و گرم در شرایط وجود (HW) و عدم موج گرمایی(NHW)

شرایط وجود و عدم موج گرمایی	پارامترهای موردبررسی	حداکثر دما (°C)	جهت باد	سرعت باد m/s	رطوبت نسبی (٪)	جزیرهٔ حرارتی سطحی شهر (SUHI)(°C)	
						مودیس آکوا	
						روز ۱۳:۳۸–۱۵:۲٤	شب ۰۲:۳۱–۰۳:۵۳
ماه‌های سرد سال							
HW	۲۱ اکتبر ۲۰۱۰	۲۸/٤	NE	۲/۳	۲۱	-۲/۹	۱/۳
	۲۲ اکتبر ۲۰۱۰	۲٦/۸	N	۲/۸	۳۲	۰/۵	-۰/۳
NHW	۱٤ اکتبر ۲۰۱۰	۲۳/٤	W	۳/۸	۳۵	-۱/۳	۰/۵
HW	٤ دسامبر ۲۰۰۵	۱۷/۲	W	۱/۹	۵۰	-۱/٤	۲/۳
	۵ دسامبر ۲۰۰۵	۱۷/٤	W	۲/٤	۵۲	۱/۸	۰/۳
	٦ دسامبر ۲۰۰۵	۱٦/٦	NE	۲	٤۲	-۰/۸	۲
NHW	۱ دسامبر ۲۰۰۵	۱۳/٤	W	۲/۳	۵۰	۰/۳	٤
ماه‌های گرم سال							
HW	۲٤ مارس ۲۰۰۸	۲۵/٤	NW	۲/۸	۱۸	۱/۱	۲/۷
	۲۵ مارس ۲۰۰۸	۲۵/٦	SW	۵/٦	۱۷	۰/۲	۲/٦
NHW	۱۵ مارس ۲۰۰۸	۹/٤	N	۵	۸۰	۰/٦	۱/۳
HW	۲۳ آوریل ۲۰۰۸	۲۸	NW	۳	۱٦	-٦/۹	۲/۸
	۲٤ آوریل ۲۰۰۸	۲۸/۸	W	۳/۵	۱۵	-۱/٤	۵/۱
	۲۵ آوریل ۲۰۰۸	۲۹/٦	SW	۳/۸	۱۳	-۱/٤	-۳/۸

پارامترهای موردبررسی / شرایط وجود و عدم موج گرمایی		حداکثر دما (°C)	جهت باد	سرعت باد m/s	رطوبت نسبی (٪)	جزیرهٔ حرارتی سطحی شهر (SUHI)(°C) مودیس آکوا	
						روز ۱۳:۳۸–۱۵:۲٤	شب ۰۲:۳۱–۰۳:۵۳
	۲٦ آوریل ۲۰۰۸	۳۰/٤	SW	۳/۹	۱٤	-۰/۲	۲
NHW	۲۰ آوریل ۲۰۰۸	۱۹/٦	N	۳/۹	۳۳	-۳/٤	۱/۸
HW	۳ ژوئن ۲۰۱۰	۳٤	E	۱/٦	۱۵	-۲/۱	٤/۲
	٤ ژوئن ۲۰۱۰	۳٤/٦	SW	۲/۵	۱٤	۱/۱	٤
	۵ ژوئن ۲۰۱۰	۳۵/٦	W	۲/۸	۱۹	-۱	۳/۲
NHW	۲۷ می ۲۰۱۰	۲٦/٦	SW	۲/٦	۲۰	-۱/۲	۲/۸
HW	۸ ژوئیه ۲۰۱۱	٤۱	E	۵/۹	۱۵	-۳/٤	-۲
	۹ ژوئیه ۲۰۱۱	۳۹/۸	W	٦/٦	۲۷	-۰/۸	۱/۳
NHW	۳ ژوئیه ۲۰۱۱	۳۳/۲	W	۳/٦	۱۰	-۲/۷	۰/۳
HW	۲۹ ژوئن۲۰۱۸	۳۷/٦	E	۳/۵	۱۱	-٤/۱	۳/۵
	۳۰ ژوئن۲۰۱۸	۳۸/٤	SW	۳/۹	۹	-۳/۳	۲/۷
NHW	۱٦ ژوئن۲۰۱۸	۲۹/٦	W	٤	٤۲	-۱/٦	-۰/۱

٤- جمع‌بندی

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر امواج گرمایی بر تشدید جزایر حرارتی در کلانشهر تبریز بود. طبق نتایج حاصل، رخ داد امواج گرمایی از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۸ در تبریز روند کاهشی غیر معنادار داشته است. بیشترین فراوانی رخ داد این مخاطره در سال ۲۰۱۰ و در ماه‌های آوریل، ژوئن و دسامبر بوده، بنابراین هم در ماه‌های گرم و هم در ماه‌های سرد سال موج گرمایی در این شهر فراوانی بالایی داشته است. طی دورهٔ موردمطالعه، حداکثر تداوم امواج گرمایی در این شهر ٤ روزه و لذا کوتاه‌مدت بوده است. مقایسهٔ شدت جزیرهٔ حرارتی در شرایط وجود و عدم موج گرمایی در ماه‌های گرم و سرد سال نشان داد که رخ داد امواج گرمایی در تشدید جزایر حرارتی هم در ماه‌های گرم و هم در ماه‌های سرد بی‌تأثیر نبوده که البته تأثیر آن در ماه‌های گرم سال محسوس‌تر بوده و اغلب شدت جزیرهٔ سرمایی روز هنگام در هر شرایط حاکمیت امواج گرمایی نسبت به شرایط عادی در ماه‌های گرم و سرد سال افزایش یافته است. سرعت باد و رطوبت نسبی در مقایسه با شرایط عادی کمتر شده است. همچنین در روزهای موردمطالعه، در مرکز شهر اغلب در زمان حاکمیت امواج گرمایی در شب هنگام جزیرهٔ گرمایی شدیدتر از وضعیت عادی بوده، که این شرایط در ماه‌های گرم محسوس‌تر از ماه‌های سرد سال بوده است.

طبق نتایج، به نظر می‌رسد با وقوع موج گرمایی، در روز حومهٔ شهر به دلیل داشتن آسمانی صاف و بدون آلودگی، با حداقل پوشش گیاهی و نبود منابع آب سطحی و داشتن زمین‌های لخت با ظرفیت گرمایی پایین، نسبت به

مرکز شــهر ســریع‌تر تحت تأثیر امواج گرمایی قرار گرفته و درنتیجه با گرم‌تر شدن رویۀ زمین در اطراف شهر نسبت به مرکز آن، جزیرۀ سـرمایی در مرکز شـهر تشـکیل یافته و در شـب هنگام نیز حومۀ شـهر به دلیل ظرفیت گرمایی پایین، گرمای جذب شـده در طول روز را سـریع‌تر، از دسـت داده و لذا نسـبت به مرکز شهر سردتر شده و درنتیجه در مرکز شـهر به دلیل دمای بالاتر، جزیرۀ گرمایی تشـکیل شـده اسـت. همچنین با وقوع موج گرما، به دلیل رابطۀ معکوسی که بین دما و رطوبت نسـبی وجود دارد، میزان رطوبت نسبی مراکز شهری اغلب در مقایسه با روزهایی عادی کاهش یافته اســـت. در مجموع می‌توان گفـت که رخ داد امواج گرمایی در تشـــدید جزایر حرارتی در کلانشـــهر تبریز به‌ویژه در ماه‌های گرم ســال تأثیر محســوســی داشــته اســت و با توجه پیش‌بینی دانشــمندان در خصــوص وقوع تغییر اقلیم و گرمایش زمین، احتمال می‌رود طی دهه‌های آتی در این شـــهر، خصـــوصـــاً در شـــب هنگام ماهای گرم ســـال، جزایر گرمایی شـبانه و جزایر سـرمایی روزانه شدت بیشتری پیدا کند. یافته‌های پژوهش حاضر از این لحاظ که رخ داد امواج گرمایی سـبب تشـدید جزایر حرارتی شـهری می‌شود با یافته‌های الی بودن (۲۰۱۳)، قبادی و همکاران (۲۰۱۷)، بوزید و رامورتی (۲۰۱۷)، جفری و همکـاران (۲۰۱۸)، لی و همکاران (۲۰۱۸) هم راســـتا بود. طبق نتایج حاصـــل، جزایر حرارتی شــهری حتی در صــورت عدم موج گرمایی در مرکز این شــهر وجود داشــته و با رخ داد موج گرمایی تحت تأثیر قرار گرفته اسـت. بنابراین جهت کاسـتن شـدت جزایر حرارتی در مرکز این شـهر راهکارهایی ازجمله: پوشاندن سـطوح و ساختمان‌ها با مصالحی با ظرفیت گرمایی بالا، استفاده از درختان و درختچه‌ها در اطراف ساختمان‌ها، افزودن فضـاهای سبز و ایجاد بام سبز در مرکز شهر، توجه به جهت باد در ساخت‌وسازها و احداث غیر متمرکز آن‌ها در مرکز شهر به‌منظور کانالیزه شدن باد و تخلیۀ حرارتی بین ساختمان‌ها، مناسب به نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

با سـپاس از سـازمان هواشـناسـی کشـور و با تشـکر از زحمات اسـاتید محترم راهنما و مشـاور. پژوهش حاضر مستخرج از رساله دکتری است.

کتابنامه

اسمعیل نژاد، مرتضی؛ خسروی، محمود؛ علیجانی، بهلول؛ مسعودیان، سید ابوالفضل؛ ۱۳۹۲. شناسایی امواج گرمایی ایران. *جغرافیا و توسعه*. شماره ۳. صص ٥٤ – ۳۹.

رحیمی، داریوش؛ میر هاشمی، حمید؛ علیزاده، تیمور؛ ۱۳۹٦. تحلیل ساختار امواج گرمایی در غرب و شمال غرب ایران. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. شماره ۳. صص ۸۰– ٦۹.

سازمان هواشناسی کشور http://www.irimo.ir.

صـــلاحی، برومند؛ قدرتی، زینب؛ ۱۳۹۷. پیش‌بینی و تحلیل امواج گرمایی شـــهر زنجان با اســـتفاده از ریزگردان LARS-WG و شاخص بالدی. فصلنامه جغرافیای طبیعی، شماره ٤۰. صص ٤۸–۳٥.

عزیزی، قاسم؛ ۱۳۸۳. *تغییر اقلیم*. تهران: نشر قومس. چاپ اول. ص ٤۳٤.

قاسـمی فر، الهام؛ ناصـرپور، سـمیه؛ ۱۳۹٦. تحلیل سینوپتیکی امواج گرما و سرما در سواحل جنوبی دریای خزر. *فصلنامه علمی – پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*. شماره ۱۰۳. صص ۱٤٦–۱۳۷.

کاشکی، عبدالرضا؛ کرمی، مختار؛ با عقیده، محمد؛ علیمرادی، محمدرضا؛ ۱۳۹۸. واکاوی آماری امواج گرمایی زابل، *دگرگونی‌ها و مخاطرات آب و هوایی*. شماره ۱. صص ۵۵–٤۰.

مجرد، فیروز؛ معصـوم‌پور، جعفر؛ رستمی، طیبه؛ ۱۳۹۷. بررسی تغییرات دوره‌ای و فصلی جزیرۀ گرمایی شهر کرمانشاه در شب و روز با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. *فیزیک زمین و فضا*. شماره ۲. صص ٤۹٤ –٤۷۹.

مولودی، گلاله؛ خورانی، اسـدالله؛ مرادی، عباس؛ ۱۳۹٤. اثر تغییر اقلیم بر امواج گرمایی سـواحل شمالی خلیج‌فارس. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. شماره ۱. صص ۱٤ –۱.

هوشیار، محمود؛ سبحانی، بهروز؛ حسینی، سید اسعد؛ ۱۳۹۷. چشم انداز تغییرات دماهای حداکثر ارومیه با استفاده از ریزگردانی آماری خروجی مدل CanESM2، *نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی*. شماره ٦۳، ۳۲۵–۳۰۵.

A. Añel J, Fernández-González M, Labandeira X, López-Otero X, de la Torre L., 2017. Impact of Cold Waves and Heat Waves on the Energy Production Sector. *Atmosphere* 10: 1-13.

Almusaed A., 2011. The Urban Heat Island Phenomenon upon Urban Components. *Biophilic and Bioclimatic Architecture* 21: 139-150.

Bai L, Gangqiang D, Shaohua G, Peng B, Buda S, Dahe Q, Ramamurthy P, Bou-Zeid E., 2017. Heatwaves and urban heat islands: A comparative analysis of multiple cities. *Journal of geophysical research Atomospheres an AGU JOURNAL* 122: 168-178.

Basara J, Basara H, Bradley I, Kenneth C., 2018. The Impact of the Urban Heat Island during an Intense Heat Wave in Oklahoma City. *Advances in Meteorology* 7: 1-10.

De Ridder K, Maiheu B, Lauwaet D, Daglis I A, Keramitsoglou I, Kourtidis K, Manunta P, Paganini M. 2016. Urban Heat Island Intensification during Hot Spells-The Case of Paris during the Summer of 2003. *Urbanscience* 1: 1-11.

Dobrovolny P, Krahula L., 2015. The spatial variability of air temperature and nocturnal urban heat island intensity in the city of Brno, Czech Republic, *Moravian Geographical Reports* 23: 8-16.

Feng C, Xuchao Y, Weiping Z., 2014. WRF simulations of urban heat island under hot-weather synoptic conditions: The case study of Hangzhou City, China. Atmospheric Research 138: 364–377.

Feron- Sarah R, Cordero R, Alessdro- Damiani P, Llanillo J, Jorquera J, sepulveda E, Asencio V, Laroze D, Labbe F, Carrasco J, torres G., 2019. observations and projections of Heat Waves in south Americas. *Scientific reports*t 9: 1-15.

Founda D, Santamouris M., 2017. Synergies between Urban Heat Island and Heat Waves in Athens (Greece), during an extremely hot summer (2012), *Scientific Reports* 7: 1-16.

Fujibe F, Yamazaki N, Kobayashi K, Nakamigawa H. 2007. long-term changes of temperature extremes and day-to-day variability in Japan, papers in Meterology and Geophysics, *IPCC* 85: 63-70.

Ghobadi A, Khosravi M, Tavousi T., 2017. Surveying of Heat waves Impact on the Urban Heat Islands: Case study, the Karaj City in Iran. *Urban Climate* 10: 1-16.

Hosseini A., 2016. Assessment of Urban Heat Island based on the relationship between land surface temperature and Land Use/Land Cover in Tehran, *Sustainable Cities and Society* 23: 94-104.

Khandelwal S, Goyal R, Kaul N, Mathew A., 2017. Assessment of land surface temperature variation due to change in elevation of area surrounding Jaipur, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 21): 1-8.

Lazzarini M, Marpu PR, Ghedira H., 2013. Temperature-land cover interactions: the inversion of urban heat island phenomenon in desert city areas. *Remote Sensing of Environment* 130: 136-152.

Lemonsu A, Viguié V, Daniel M, Masson V., 2015. Vulnerability to heat waves: Impact of urban expansion scenarios on urban heat island and heat stress in Paris (France). *Urban Climate* 14: 586–605.

Paravantis J, Santamouris M, Constantinos C, Efthymiou C, Kontoulis N., 2017 Mortality Associated with High Ambient Temperatures Heatwaves, and the Urban Heat Island in Athens, Greece, *Sustainability* 606: 2-22.

Ramamurthy P, Bou-Zeid E., 2017. Heatwaves and urban heat islands: A comparative analysis of multiple cities. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 1: 168-178.

Rohini, P.; Pajeevan, m., and Mukhopahay, P., 2019. Future projections of heat waves over India from CMIP5 models, *Climate Dynamics*, (53), 975–988.

Solomon S, Qin D, Manning Ch, Marquis M, Muhire M, K.B. I, Ahmed F. 2016. Spatiotemporal trends in mean temperatures and aridityindex over Rwanda. *Theoretical and Applied Climatology* 123: 399-414.

Weihe Z, Shuang Ji, Tsun-Hsuan Ch, Hou Y, Zhang K., 2014. The 2011 heat wave in Greater Houston: Effects of land use on temperature. *Environmental Research* 135: 81–87.

Wilks D.S. 2006. Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, Second Edition, Academic Press is an imprint of Elsevier, *Cornell University, USA* 648.

Zhou B, Lauwaet D, Hooyberghs H, De Ridder, Kropp K, D- Rybski J., 2016. Assessing Seasonality in the Surface Urban Heat Island of London, *Journal Of Applied Meteorology and Climatology* 55: 493-505.

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارۀ سی و هشتم، تابستان ۱٤۰۰

صص ۱٤٦- ۱۲۹

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.69365.1032

مقاله پژوهشی

تاب‌آوری مجموعه‌های شهری از طریق مکان‌یابی و رتبه‌بندی ایستگاه‌های آتش‌نشانی (مورد پژوهی: منطقه ۱۰ تهران)

روح‌الله معمارزاده - پژوهشگر دکتری شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران.

لعلا جهانشاهلو[1] - استادیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

فرهاد حسین زاده لطفی- استاد دانشکده ریاضی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

عاطفه دهقان توران پشتی- استادیار دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران غرب، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۳ تاریخ بازنگری: ۱٤۰۰/۲/۲٦ تاریخ تصویب: ۱٤۰۰/۲/۳۰

چکیده

تاب‌آوری میزان مقاومت سیستم‌ها و توانایی آن‌ها در تحمل تغییر و ظرفیت برگشت به تعادل پس از سانحه است. ازجمله شاخص‌های ابعاد اجتماعی و سازمانی و نهادی تاب‌آوری، سرعت پاسخگویی به‌موقع است. ایستگاه‌های آتش‌نشانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مراکز خدمات‌رسانی در شرایط بحرانی با افزایش سرعت خدمات‌رسانی و پاسخگویی نقش مؤثری در افزایش ایمنی و تاب‌آوری دارند. در این پژوهش که با هدف افزایش سرعت پاسخگویی حین بحران از طریق مکان‌یابی و رتبه‌بندی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در منطقه ۱۰ تهران صورت گرفته است، از دوازده شاخص جهت رتبه‌بندی یازده ایستگاه پیشنهادی استفاده شده است. روش پژوهش توصیفی-تحلیلی با هدف کاربردی است و از روش تاپسیس فازی جهت اولویت‌بندی مکان پیشنهادی ایستگاه‌ها استفاده شده است. نظرات خبرگان آتش‌نشانی نشان می‌دهد از میان معیارهای مورداستفاده، معیارهای دسترسی، همجواری و ترافیک بیشترین میزان اهمیت را دارا می‌باشند و نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد ایستگاه حائز رتبه اول در معیارهای فوق بیشینه مقدار و ایستگاه رتبه آخر دارای کمترین مقدار در معیار عرض معبر بوده است و به دلیل قرارگیری بر روی مرز محدوده موردبررسی و در نتیجه داشتن مقادیر کم در معیارهای با اهمیت از منظر خبرگان، رتبه آخر را کسب نموده است. همچنین نتایج رتبه‌بندی نشان می‌دهد ایستگاه ۸۵ آتش‌نشانی (ایستگاه موجود) در نقطه استقرار مناسبی قرار دارد اما ایستگاه ۸ آتش‌نشانی (ایستگاه موجود) در مکان بهینه استقرار ندارد

[1] نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۷۸۸۷۵۸ Email: laala_jahan@yahoo.com

که این امر بر ایمنی مناطق تحت پوشش و کاهش سرعت پاسخگویی و در نتیجه کاهش تاب‌آوری اثرگذار است.

کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری، مکان‌یابی و رتبه‌بندی، ایستگاه آتش‌نشانی، تاپسیس فازی، منطقه ده تهران.

۱- مقدمه

کشور ایران، یکی از کشورهای حادثه‌خیز دنیا به شمار می‌رود. وقوع بلایای طبیعی در کشور باعث شده که ایران جزء ده کشور نخست جهان در زمینه بلاخیزی باشد (بوزرجمهری, جوانی و کاتبی ۱۳۹٤). ایجاد مراکز ایمنی یکی از راه‌های حفظ جان و مال شهروندان است و توزیع مکانی مناسب این مراکز در سطح شهر ضرورت دارد. در واقع با مکان گزینی بهینه ایستگاه‌های خدمات اضطراری مثل آتش‌نشانی، مراکز پلیس و اورژانس حفظ جان و مال مردم در سطح شهر در مواقع اضطراری میسر خواهد شد (اجزاء شکوهی, شایان و درودی ۱۳۹۳). یکی از اصول حاکم در نظریه‌های مکان گزینی، تعیین مکان بهینه بر مبنای حداقل هزینه است؛ یعنی مکانی که بیشترین سود را از کاهش هزینه عاید می‌کند (پاپلی یزدی و رجبی سناجردی ۱۳۸۹). یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کارایی خدمات آتش‌نشانی در شهرها، سرعت پاسخگویی به‌موقع است. این موضوع یکی از شاخص‌های بعد اجتماعی و بعد سازمانی و نهادی تاب‌آوری است. این پژوهش با رویکرد مکان گزینی به موضوع تاب‌آوری می‌پردازد و می‌کوشد تا با به‌گزینی مکان ایستگاه‌های خدمات اضطراری و به‌صورت خاص ایستگاه‌های آتش‌نشانی در منطقه ده تهران شرایط را برای افزایش ظرفیت «برگشت به تعادل» پس از سانحه که یکی از تعاریف تاب‌آوری است هموار نماید. جهت نیل به این هدف ۱۲ معیار جهت مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و ۱۱ ایستگاه جهت احداث ایستگاه پیشنهاد گردیده است. درنهایت موقعیت رتبه‌های برتر، با موقعیت ایستگاه‌های موجود در منطقه ۱۰ تهران (ایستگاه‌های ۸ و ۸۵) مقایسه گردیده تا بهینگی موقعیت استقرار ایستگاه‌های موجود ارزیابی شود.

تفکر تاب‌آوری به اشکال گوناگونی تعریف شده و حلقه‌های مفهومی متعددی از آن نیز شکل گرفته است. در تعریفی که از سوی آلبرتی و دیگران (۲۰۰۳) صورت گرفته است، تاب‌آوری را درجه‌ای از سیستم که قادر است خطرات را جذب کرده و خودش را دوباره سازماندهی کند بیان نموده است. تاب‌آوری ترکیبی از «جذب اختلالات و رسیدن به وضع تعادل»، «خود سازماندهی دوباره» و «افزایش ظرفیت یادگیری و سازگاری» است (قرایی, مثنوی و حاجی بنده ۱۳۹٦). کاتر[1] و همکاران (۲۰۱۰) تاب‌آوری را ظرفیت جذب و عملکردهای اساسی و ویژه در طی سوانح و نیز ظرفیت بازیابی «برگشت به تعادل» پس از سانحه، تعریف می‌کنند (رضایی, سرایی و بسطامی نیا ۱۳۹۵).

ایستگاه‌های آتش‌نشانی ازجمله مراکز مهم و حیاتی خدمات‌رسانی در شهرها هستند. خدمات‌رسانی به‌موقع این ایستگاه‌ها بیش از هر چیز مستلزم استقرار آن‌ها در مکان‌های مناسب است که بتوانند در اسرع وقت و بدون مواجه

---

1 Cutter

شدن با موانع و محدودیت‌های محیط شهری و با ایجاد کمترین آثار منفی بر ساکنان شهر به محل حادثه برسند و اقدامات امداد را به انجام برسانند (شیری و شمس ۱۳۹۵). آیین کار ضوابط مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهری (استاندارد ٦٤٣٠) ایستگاه‌های آتش‌نشانی را به سه دسته بزرگ (مادر)، متوسط و کوچک تقسیم‌بندی می‌کند (آیین کار ضوابط مکان یابی ایستگاههای آتش نشانی شهری ۱۳۸۰). بر اساس استاندارد جهانی مدت‌زمان رسیدن خودروهای آتش‌نشانی به محل وقوع حریق ۳ دقیقه می‌باشد. این زمان در ایران ۵ دقیقه می‌باشد (حیدری و جودکی ۱۳۹۸). سیاست کلی ایجاد ایستگاه‌های آتش‌نشانی در ایران سیاستی بدون برنامه خاص و مدون بوده است به‌گونه‌ای که برای ایجاد هر ایستگاه در محدوده‌های شهری مهم‌ترین اصل، خالی بودن زمین، بدون مالک بودن آن و یا عوامل دیگری است که به‌موجب آن‌ها بایستی زمین ارزشی نداشته باشد که این امر بر مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در سطح شهرها تأثیرگذار بوده است (ایمانی جاجرمی ۱۳۷۵). پژوهشگرانی چون فقهی فرهمند و حاجی کریمی (۱۳۸۹)، اجزاء شکوهی و همکاران (۱۳۹۲)، رهنما و آفتاب (۱۳۹۳)، وارثی و همکاران (۱۳۹٤)، شیری و شمس (۱۳۹۵)، معمارزاده و همکاران (۱۳۹۹)، رُز (۲۰۰۷)، کانن و همکاران (۲۰۱۰)، زنجیرانی و همکاران (۲۰۱۰)، پرز و همکاران (۲۰۱۵)، ابراهیمی و میرزایی مدام (۲۰۱٦) در خصوص مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شاخص‌هایی را ارائه داده‌اند.

۲- روش تحقیق

این پژوهش با رویکرد عملیاتی و اجرایی به موضوع مکان‌یابی و رتبه‌بندی ایستگاه‌های آتش‌نشانی می‌پردازد و با شناخت و تبیین عوامل مؤثر در مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی امکان توسعه ایستگاه‌ها را با اولویت به‌گزینی برای برنامه ریزان و مدیران شهری فراهم می‌آورد. ضمن اینکه مبنای این فرآیند را تاب‌آوری و تأکید بر شاخص سرعت پاسخگویی به‌موقع قرار می‌دهد. روش پژوهش توصیفی-تحلیلی با هدف کاربردی است. برای شناسایی عوامل مؤثر بر مکان‌یابی از نظرگاه خبرگان و استانداردهای موجود استفاده شده است، سپس از روش تاپسیس فازی جهت اولویت‌بندی مکان پیشنهادی ایستگاه‌ها استفاده شده است. با توجه به ماهیت پژوهش از روش تحقیق کتابخانه‌ای و میدانی استفاده شده است. بر این اساس اطلاعات و داده‌ها از طریق دستورالعمل‌ها و استانداردهای مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی و مقالات علمی محققین و تجربیات جهانی و تجربیات خبرگان آتش‌نشانی تدوین و شاخص‌های لازم جمع آوری شده است و سپس با استفاده از روش تاپسیس فازی و با در نظر گرفتن شاخص‌ها به‌صورت دقیق و فازی، اولویت‌بندی ایستگاه‌های مکان‌یابی شده موردبررسی قرار گرفته است. جامعه آماری پرسش شوندگان ٦٧ نفر از خبرگان و کارشناسان آتش‌نشانی و شهرسازی بوده‌اند که از آن جمله می‌توان کارشناسان با تجربه شاغل در ایستگاه‌های مختلف آتش‌نشانی تهران (شامل ایستگاه‌های موجود در محدوده موردپژوهش و دیگر

ایستگاه‌ها) را نام برد. این تعداد بر اساس تعداد خبرگان شاغل در ایستگاه‌های تحت پوشش محدوده موردپژوهش و به تعداد ۹٤ نفر با توجه به فرمول کوکران و با سطح اطمینان ۹۵ درصد تعیین گردیده است.

۳- داده‌ها و روش کار

۳-۱- تکنیک تاپسیس فازی

تکنیک شباهت به گزینه ایدآل[1] که به‌اختصار روش تاپسیس[2] نامیده می‌شود، یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که برای ارزیابی و رتبه‌بندی مورداستفاده قرار می‌گیرد. این تکنیک از معیارهای کمی و کیفی به‌طور توأمان برای ارزیابی و رتبه‌بندی بهره می‌گیرد و یکی از مزایای بارز آن تصمیم‌گیری، متمایز ساختن و اهمیت دادن به معیارها بر اساس معیارهای مثبت و منفی است (کلانتری ۱۳۹۱). در این روش برای تعیین وزن معیارها و رتبه‌بندی گزینه‌ها از مقادیر دقیق و معین استفاده می‌شود. در بسیاری از مواقع تفکرات انسان با عدم قطعیت همراه است و این عدم قطعیت در تصمیم‌گیری تأثیرگذار است. در این موارد بهتر است از روش تصمیم‌گیری فازی[3] استفاده شود. در روش شباهت به گزینه ایدآل فازی[4] ماتریس تصمیم‌گیری یا وزن معیارها و یا هر دو آن‌ها توسط متغیرهای زبانی که توسط اعداد فازی ارائه شده‌اند، ارزیابی شده و بدین ترتیب بر مشکلات روش شباهت به گزینه ایدآل کلاسیک غلبه شده است (عطایی ۱۳۹٤). مراحل این تکنیک عبارتست از:

۱- ساختن ماتریس تصمیم فازی ۲- بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم فازی ۳- اعمال وزن ٤- تعریف ایدآل مثبت و منفی فازی ۵- فاصله از ایدآل‌ها ٦- محاسبه مقیاس رتبه ۷- رتبه‌بندی. در ادامه هریک از مراحل این تکنیک بیان می‌گردد:

۱- ساختن ماتریس تصمیم

۲- بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم

اگر ماتریس تصمیم فازی بی مقیاس $\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]$ باشد، داریم:

$$\tilde{r}_{ij} = (\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*})$$

که در آن برای معیارهای مثبت

$$c_j^* = \max_i \{c_{ij}\}$$

همچنین

1 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
2 TOPSIS
3 Fussy
4 FTOPSIS

$$\tilde{r}_{ij} = (\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}})$$

که در آن برای معیارهای منفی

$$c_j^- = \min_i \{a_{ij}\}$$

۳- وزن دهی به ماتریس تصمیم فازی بی مقیاس شده

مقدار ماتریس تصمیم فازی بی مقیاس شده با $\tilde{V}_{ij} = (\tilde{v}_{ij})$ نمایش داده می‌شود که از طریق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times w_j$$

٤- محاسبه راه‌حل ایدآل مثبت و منفی فازی

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, ..., \tilde{v}_n^*)$$

که در آن

$$v_j^* = \max_i \{v_{ij3}\}$$

و

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, ..., \tilde{v}_n^-)$$

که در آن

$$v_j^- = \min_i \{v_{ij1}\}$$

۵- محاسبه فاصله از راه‌حل ایدآل مثبت و منفی فازی

$$d_i^* = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*)$$

و

$$d_i^- = \sum_{j=1}^{n} d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-)$$

مقدار d عبارتست از فاصله بین دو عدد فازی که مقدار آن برای دو عدد فازی مثلثی $\tilde{x} = (a_1, b_1, c_1)$ و $\tilde{y} = (a_2, b_2, c_2)$ به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$d(\tilde{x}, \tilde{y}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2]}$$

٦- محاسبه نزدیکی گزینه‌ها با جواب ایدآل

شاخص نزدیکی گزینه‌ها با جواب ایدآل از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$cc_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^*}$$

۷- رتبه‌بندی گزینه‌ها

با توجه به میزان شاخص نزدیکی گزینه‌ها، گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند.

۳-۲- آنتروپی شانون[۱]

آنتروپی یک مفهوم عمده در علوم فیزیکی، علوم اجتماعی و تئوری اطلاعات می‌باشد. به‌طوری‌که نشان دهنده مقدار عدم اطمینان موجود از محتوای مورد انتظار اطلاعاتی از یک پیام است. آنتروپی در تئوری اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته (P_i) (اصغر پور ۱۳۹٤). آنتروپی شانون روشی شناخته شده برای به دست آوردن وزن در یک مسئله MADM است. مخصوصاً زمانی که به دست آوردن وزن مناسب بر اساس اولویت‌ها و تصمیم خبرگان امکان‌پذیر نباشد (حسین زاده لطفی و فلاح نژاد[۲]، ۲۰۱۰). اندازه‌گیری این عدم اطمینان به‌وسیله شانون به‌صورت زیر بیان شده است (آذر ۱۳۹٦):

$$E_i = S(P_1, P_2, ..., P_n) = -K\sum_{i=1}^{n} P_i \ln P_i \qquad i = 1, 2, ..., m$$

K: مقدار ثابت

در ماتریس تصمیم‌گیری P_{ij} که دارای m گزینه و n معیار است، داریم:

$$p_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} r_{ij}}; \qquad j = 1, ..., n \qquad \forall i, j$$

آنتروپی E_j به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E_j = -K\sum_{i=1}^{m} p_{ij} \ln p_{ij}; \qquad \forall j$$

K مقداری ثابت است و به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$K = \frac{1}{\ln_m}$$

که مقدار E_j را بین صفر و یک نگه می‌دارد. سپس مقدار d_j (درجه انحراف) محاسبه می‌شود که بیان می‌کند شاخص مربوطه (j) چه میزان اطلاعات مفید برای تصمیم‌گیری در اختیار تصمیم گیرنده قرار می‌دهد.

$$d_j = 1 - E_j; \qquad \forall j$$

حال مقدار وزن W_j محاسبه می‌گردد که در آن بهترین وزن انتخاب می‌شود:

1 Shannon Entropy
2 Hosseinzadeh Lotfi, Fallahnejad (2010)

$$W_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^{n} d_j}; \quad \forall j$$

اگر تصمیم گیرنده از قبل وزن خاصی (λ_j) را برای هر معیار j در نظر گرفته باشد، در این صورت وزن جدید W_j به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$W_j = \frac{\lambda_j W_j}{\sum_{j=1}^{n} \lambda_j W_j}; \quad \forall j$$

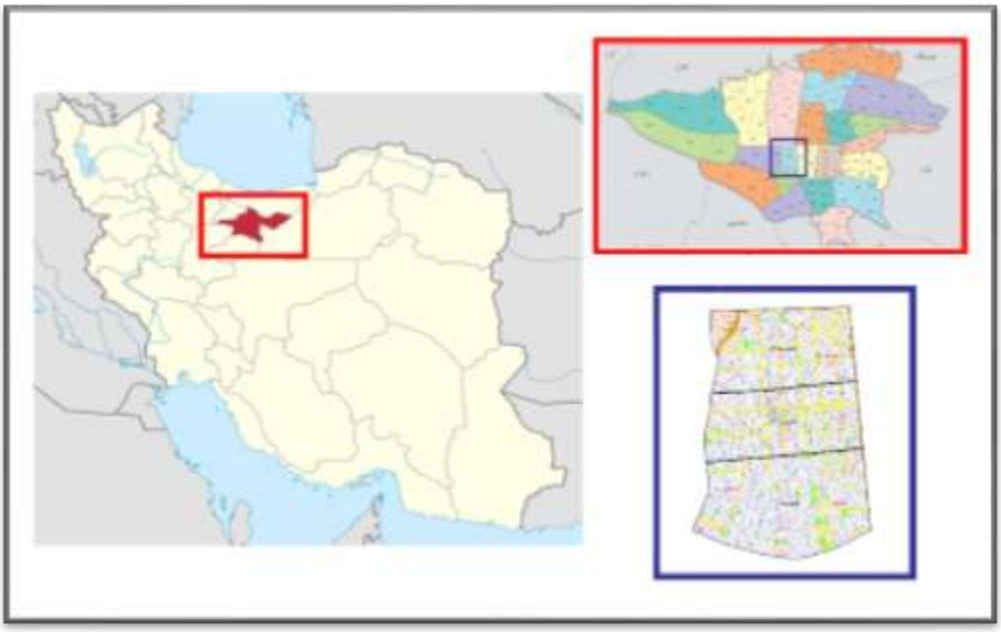
۳-۳- معیارهای مکان‌یابی و رتبه‌بندی

در این پژوهش از ۱۲ معیار جهت رتبه‌بندی ایستگاه‌های آتش‌نشانی استفاده شده است. بخشی از این معیارها مستخرج از استاندارد ٦٤٣٠ و بخشی دیگر محصول نظر خبرگان آتش‌نشانی است. این معیارها عبارتند از: ملاحظات ژئو تکنیکی، قیمت زمین، دسترسی، تعداد حریق و حوادث گذشته، شعاع عملکرد مفید، ترافیک، جمعیت، هزینه احداث ایستگاه، همجواری و کاربری، تراکم، اندازه قطعه زمین، ناپایداری (فرسودگی)، کاربری‌های آتش زا در محدوده (معمارزاده و همکاران، ۱۳۹۹). در این پژوهش در مدل‌سازی، به‌جای استفاده از فرسودگی، از شاخص ناپایداری (که یکی از معیارهای فرسودگی است) استفاده گردیده است. بررسی آراء صاحب‌نظران در خصوص معیارهای تعیین کننده فرسودگی بافت‌های شهری نشان می‌دهد اختلاف‌نظرهای بسیاری در این خصوص وجود دارد و معیارهای ارائه شده فوق مورد نقد صاحب‌نظران این حوزه است. چون مبنای این پژوهش استفاده از میزان فرسودگی به‌عنوان یکی از شاخص‌ها و نه تحلیل آن بوده است، لذا صرفاً شاخص ناپایداری که به موضوع موردپژوهش ارتباط بیشتری داشته به‌عنوان شاخص موردبررسی در محاسبات مد نظر قرار گرفته است و محاسبات مربوطه توسط این معیار صورت پذیرفته است.

۳-٤- محدوده موردمطالعه

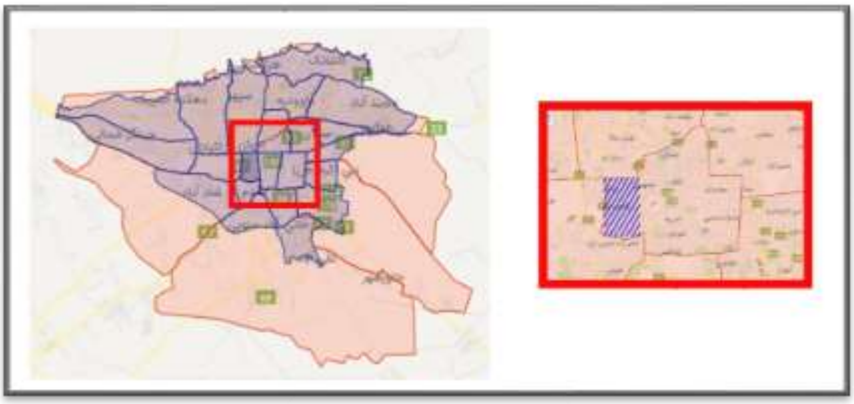
محدوده موردمطالعه در این پژوهش منطقه ۱۰ تهران است. این منطقه با ۸۱۷ هکتار مساحت ، کوچک‌ترین منطقه شهرداری تهران بعد از منطقه هفده محسوب می‌شود. جمعیت منطقه در حدود ۳۲۷ هزار نفر و با تراکم ناخالص جمعیتی حدود ۳۹۹ نفر در هر هکتار بوده که از این حیث، از پرتراکم‌ترین مناطق شهر تهران در بین مناطق ۲۲ گانه محسوب می‌شود. منطقه ده به لحاظ موقعیت جغرافیایی از شمال به خیابان آزادی، از جنوب به خیابان قزوین، از شرق به بزرگراه شهید نواب صفوی و از غرب به خیابان شهیدان منتهی می‌شود. منطقه ده ، در بخش غربی شهر تهران واقع و با مناطق ۲ (شمال)، ۹ (غرب)، ۱۷ (جنوب) و ۱۱ (شرق) همجوار می‌باشد و یکی از مناطق

قدیمی شهر تهران است که حدود یک قرن پیش شکل گرفته و تراکم بالای جمعیت، از ویژگی‌های بارز این منطقه به‌حساب می‌آید (https://region10.tehran.ir n.d.).



شکل ۱- موقعیت شهر تهران، مناطق و منطقه ۱۰ (مأخذ: نگارندگان)

سازمان آتش‌نشانی و خدمات ایمنی تهران دارای ۸ منطقه عملیاتی است که هر منطقه توسط تعدادی ایستگاه پوشش داده می‌شود. منطقه ۱۰ تهران به‌عنوان محدوده موردبررسی این پژوهش در منطقه ۵ عملیاتی آتش‌نشانی تهران قرار دارد. ایستگاه‌های موجود در منطقه ۱۰ شهرداری، ایستگاه‌های ۸ و ۸۵ می‌باشند. ایستگاه ۸ واقع در خیابان میمنت، جنب سازمان آتش‌نشانی تهران، و ایستگاه ۸۵ که در خیابان جیحون، حدفاصل خیابان مرتضوی و خیابان کمیل، نبش کوچه شهید انصاری قرار دارد.



شکل ۲- مناطق ۸ گانه عملیاتی آتش‌نشانی تهران و منطقه ۵ عملیاتی (مأخذ: نگارندگان)

۳-۵- مکان‌یابی ایستگاه‌ها در محدوده موردبررسی

جهت یافتن نقاطی که بتوان در آن‌ها ایستگاه خدمات اضطراری احداث نمود، ابتدا نیاز به بررسی محدوده موردبررسی است. شناخت منطقه و تحلیل ساختار محدوده از نظر دسترسی، بافت و مالکیت زمین، ازجمله عوامل مؤثر بر یافتن نقاط احداث ایستگاه است. در این پژوهش جهت یافتن مکانی که برای احداث ایستگاه‌های خدمات اضطراری مناسب باشد عوامل مالکیت زمین، دسترسی، بافت، قیمت زمین، ملاحظات سیاسی، همجواری، موقعیت نسبت به کاربری‌های آتش زا بررسی گردیده است. جهت محدوده موردپژوهش ۱۱ ایستگاه پیشنهاد شده است. این مکان‌ها با در نظر گرفتن استاندارد ٦٤٣٠ در خصوص عدم همجواری ایستگاه با مراکز خاص و دوم محدودیت‌های وجود زمین در منطقه ۱۰ شهرداری تهران پیشنهاد شده‌اند. ایستگاه‌های پیشنهادی از میان زمین‌هایی انتخاب شده‌اند که تا حد امکان از مراکز خاص اعلام شده در استاندارد فاصله داشته باشند، همچنین زمین‌های انتخابی عمدتاً انبار و یا کارگاه‌های موجود در محدوده موردبررسی هستند که فرسوده بوده و امکان خرید آن‌ها وجود دارد، همچنین از نظر مساحت نیازهای یک ایستگاه را تأمین نماید.

شکل ۳- موقعیت ایستگاه‌های پیشنهادی و ایستگاه‌های موجود در منطقه ۱۰ تهران (مأخذ: نگارندگان)

جدول (۱) مشخصات و محل استقرار ایستگاه‌های پیشنهادی را ارائه می‌دهد.

جدول ۱ – مشخصات ایستگاه‌های پیشنهادی، مأخذ: نگارندگان

ایستگاه	مختصات UTM		مساحت (مترمربع)	کاربری موجود
	Y	X		
ایستگاه پیشنهادی ۱	۳۹۵۰۳۸۹	۵۳۳٤۳۲	۷۰۰	زمین خالی
ایستگاه پیشنهادی ۲	۳۹۵۰۲۹۹	۵۳۲٤۳۱	۲۲۰۰	پارکینگ بهنود
ایستگاه پیشنهادی ۳	۳۹٤۹۵۲۳	۵۳۲۸۹۵	٤۷۰۰	گاراژ و انبار قدیمی
ایستگاه پیشنهادی ٤	۳۹٤۹٤۳۵	۵۳۳۸۰٤	۱۱۰۰	زمین خالی
ایستگاه پیشنهادی ۵	۳۹٤۸۵۲۱	۵۳۳٦۹۰	٦۰۰۰	گاراژ و انبار قدیمی
ایستگاه پیشنهادی ٦	۳۹٤۸٤۵۳	۵۳۲٦۱۸	۲۰۰۰	زمین خالی
ایستگاه پیشنهادی ۷	۳۹٤۸۰۳۱	۵۳۳۱٤۷	۱٤۰۰	زمین خالی
ایستگاه پیشنهادی ۸	۳۹٤۷٤۸۵	۵۳۲۲۹۱	٦۸۰۰	گاراژ و انبار قدیمی
ایستگاه پیشنهادی ۹	۳۹٤۷۱۹۷	۵۳۲۹٤٦	۲۸۰۰	گاراژ و انبار قدیمی
ایستگاه پیشنهادی ۱۰	۳۹٤۷۳٤۱	۵۳٤۰۷۳	۲۹۰۰	گاراژ و انبار قدیمی
ایستگاه پیشنهادی ۱۱	۳۹٤۷۷۱۰	۵۳٤۵۰۷	۹۸۰	–

جدول (۲) معیارها و گزینه‌های مورد اقدام در پژوهش و مقدار هرکدام را نشان می‌دهد. این جدول همان ماتریس تصمیم پژوهش می‌باشد.

جدول ۲- معیارهای مورداستفاده در پژوهش

معیارها	ملاحظات ژئو تکنیکی	دسترسی (متر)	شعاع عملکرد مفید	جمعیت	همجواری و کاربری	اندازه زمین (مترمربع)	قیمت زمین (تومان)	تعداد حریق و حوادث گذشته	ترافیک	هزینه‌های احداث (هر مترمربع به تومان)	تراکم	ناپایداری
وضعیت معیار	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	مثبت	منفی	مثبت	منفی	منفی	مثبت	مثبت
ایستگاه پیشنهادی ۱	مناسب	۲۰	۸۰۰	٦٤۹۰۸	۱٦۳	۷۰۰	۱۱۰۰۰۰۰۰	٤۱۱/۲۳	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰۳۹۷	۰/۰۰٤۸٦
ایستگاه پیشنهادی ۲	مناسب	۲۰	۸۰۰	٤۱۲٦۳	۱٤۰	۲۲۰۰	۱۱۵۰۰۰۰۰	۲۹۵/۰۸۱	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰۳۵.	۰/۰۰٤۲۷
ایستگاه پیشنهادی ۳	مناسب	۱٦	۸۰۰	۹۳۰۱۵	٤۸	٤۷۰۰	۱۱۳۰۰۰۰۰	٥٤۸/٥۱۲	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰٤٦۹	۰/۰۰٦۸٤
ایستگاه پیشنهادی ٤	مناسب	۲۰	۸۰۰	۸۹٥۷۹	۳٥	۱۱۰۰	۱۰۸۰۰۰۰۰	٥۱۹/۰۹۸	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰٥	۰/۰۰٦۸۷
ایستگاه پیشنهادی ٥	مناسب	۳۰	۸۰۰	۹٦۹۹۰	٦٤	٦۰۰۰	۱۰۲٥۰۰۰۰	٦٤۰/۳۷٦	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰٤۹	۰/۰۱۲۱
ایستگاه پیشنهادی ٦	مناسب	٤٥	۸۰۰	۷۹۳۷٤	٥٤٦	۲۰۰۰	۱۰۲۰۰۰۰۰	٥٤۹/٤۸۲	خیلی زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰٤٤	۰/۰۱۰۲٦
ایستگاه پیشنهادی ۷	مناسب	۱٦	۸۰۰	۹۸۹٥۸	۳٥۰	۱٤۰۰	۱۰۰۰۰۰۰۰	٦٦۹/٥۷۱	خیلی زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰٤۹۲	۰/۰۱۳٤٥
ایستگاه پیشنهادی ۸	مناسب	٤٥	۸۰۰	٤۱۰۷٦	٦۳	٦۸۰۰	۹٥۰۰۰۰۰	۳٤۳/٤۱٦	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰٤۲۷	۰/۰۰۸۹
ایستگاه پیشنهادی ۹	مناسب	٤٥	۸۰۰	٤۹٤۸۲	٦۲	۲۸۰۰	۹٥۰۰۰۰۰	٤٤٤/۳۲۹	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰٤۱۲	۰/۰۱٤٦

معیارها	ملاحظات ژئو تکنیکی	دسترسی (متر)	شعاع عملکرد مفید	جمعیت	همجواری و کاربری	اندازه زمین (مترمربع)	قیمت زمین (تومان)	تعداد حریق و حوادث گذشته	ترافیک	هزینه‌های احداث (هر مترمربع به تومان)	تراکم	ناپایداری
ایستگاه پیشنهادی ۱۰	مناسب	٤٥	۸۰۰	۳۱٤٦٥	۱۰۰	۲۹۰۰	۹۵۰۰۰۰۰	٤۳۲/۳۰٦	زیاد	۲۰۰۰۰۰۰	۰/۰۳۲۹	۰/۰۱٦۱
ایستگاه پیشنهادی ۱۱	مناسب	۱۰	۸۰۰	۲۸۵۲۱	۹۳	۹۸۰	مالکیت شهرداری	۳٤٦/۵۹	کم	۲۰۰۰۰۰۰۰	۰/۰۳۷۹	۰/۰۱۲۵

در این پژوهش از اعداد فازی مثلثی (a,b,c) استفاده شده است. جدول (۳) وضعیت معیارها را از نظر دقیق یا فازی و همچنین مثبت یا منفی بودن نشان می‌دهد.

جدول ۳- وضعیت معیارها

ردیف	معیار	وضعیت معیار	دقیق / فازی
۱	ملاحظات ژئوتکنیکی	مثبت	فازی
۲	عرض خیابان (دسترسی)	مثبت	دقیق
۳	شعاع عملکرد مفید	مثبت	دقیق
٤	جمعیت	مثبت	دقیق
۵	همجواری و کاربری‌ها	مثبت	دقیق
٦	اندازه قطعه زمین	مثبت	دقیق
۷	قیمت زمین	منفی	فازی
۸	تعداد حریق و حوادث گذشته	مثبت	دقیق
۹	ترافیک	منفی	فازی
۱۰	هزینه احداث ایستگاه	منفی	دقیق
۱۱	تراکم	مثبت	دقیق
۱۲	ناپایداری	مثبت	دقیق

برای ساختن ماتریس تصمیم فازی از متغیرهای زبانی زیر برای ارزیابی اهمیت معیارها استفاده شده است.

متغیر زبانی			عدد فازی متناظر
کاملاً مناسب	خیلی خوب	خیلی زیاد	(۱ و ۱ و ۰/۸۵)

متغیر زبانی			عدد فازی متناظر
مناسب	خوب	زیاد	(۰/۹ و ۰/۸ و ۰/٦٥)
بی تفاوت	متوسط	متوسط	(۰/۷ و ۰/۵ و ۰/۳)
نامناسب	ضعیف	کم	(۰/۳۵ و ۰/۲ و ۰/۱)
کاملاً نامناسب	خیلی ضعیف	خیلی کم	(۰/۱ و ۰ و ۰)

مطابق با روش تاپسیس فازی کلیه معیارها وزن دهی می‌شوند. جهت وزن دهی به معیارها با استفاده از نظر خبرگان و کارشناسان با تجربه شاغل در ایستگاه‌های مختلف آتش‌نشانی تهران (شامل ایستگاه‌های موجود در محدوده موردپژوهش و دیگر ایستگاه‌ها) استفاده گردید. در جدول (٤) میزان اهمیت معیارهای خبرگان محاسبه گردیده و وزن ارائه شده کارشناسان جهت انجام محاسبات تکنیک تاپسیس فازی تدوین شده است.

جدول ٤- محاسبه میزان اهمیت معیارها از نظر خبرگان

ردیف	معیار	میزان اهمیت					محاسبه	وزن پیشنهادی کارشناسان
		خیلی زیاد	زیاد	متوسط	کم	خیلی کم		
۱	ملاحظات ژئوتکنیکی	۳۰	۲٤	۷	٤	۲	٤/۹٤٦٤	۰/۹٦٥۱
۲	عرض خیابان	۳۱	۲۷	۷	۱	۱	٥/۱۲٥	۱
۳	جمعیت	۱٥	۲۹	۱٤	٦	۰	٤/۳۷٥	۰/۸٥۳٦
٤	همجواری ها	۳۰	۲۳	۱٤	۰	۰	٥/۰۷۱٤	۰/۹۸۹٥
٥	اندازه قطعات	۲۲	۲۷	۱۲	٥	۱	٤/۷۳۲	۰/۹۲۳۳
٦	قیمت زمین	۱۱	۹	۱٥	۱٤	۱۷	۳/۲۳۲	۰/٦۳۰٦
۷	کاربری‌های آتش زا	۳۰	۲۰	۱۲	۱	۲	٤/۸۲۱	۰/۹٤۰۷
۸	تعداد حریق و حوادث گذشته	۲۲	۲۲	۱۸	٤	۱	٤/٦٦۱	۰/۹۰۹٤
۹	عوامل سیاسی	۸	۱۳	۲٤	۱۲	۹	۳/٥۱۸	۰/٦۸٦٤
۱۰	ترافیک	۳۸	۱۲	۹	٤	۳	٤/۹۲۸	۰/۹٦۱٦
۱۱	هزینه احداث	۱۰	۲۰	۱۲	۱٥	۱۰	۳/٦۷۸	۰/۷۱۷۸
۱۲	تراکم	۱۷	۲۲	۱۹	۸	۱	٤/٤۱۱	۰/۸٦۰٦
۱۳	ناپایداری	۲٥	۲٤	۹	۷	۲	٤/٤۱٤	۰/۹۱۹۸

در این پژوهش از روش آنتروپی شانون جهت ارزیابی وزن‌ها استفاده شده است و مقادیر حاصل از آن در جدول (٥) آمده است.

جدول ۵- مقادیر آنتروپی شانون

معیارها	ملاحظات ژئو تکنیکی	دسترسی	شعاع عملکرد مفید	جمعیت	همجواری و کاربری	اندازه زمین	قیمت زمین	حریق و حوادث گذشته	ترافیک	هزینه احداث	تراکم	ناپایداری
آنتروپی شانون	۰/۰۴۴	۰/۱۰۵۵	۰/ ۰۴۳۲	۰/۰۷۸	۰/۲۴۶۱	۰/۱۵۳۲	۰/۰۶۲۴	۰/۰۵۶۷	۰/۰۵۴	۰/۰۳۳	۰/۰۴۳۶	۰/۰۷۹۵

٤- بحث و تحلیل یافته‌های پژوهش

در این پژوهش مکان‌یابی و اولویت‌بندی ایستگاه‌های پیشنهادی آتش‌نشانی در منطقه ۱۰ تهران جهت نیل به شاخص سرعت پاسخگویی به‌موقع (که از شاخص‌های ابعاد اجتماعی و سازمانی و نهادی تاب‌آوری است) موردبررسی قرار گرفت. این شاخص جهت خدمات‌رسانی حین بحران و پس از بحران اهمیت بسیاری دارد. ایستگاه‌های آتش‌نشانی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین مجموعه‌های خدمات اضطراری از طریق شاخص سرعت پاسخگویی به‌موقع می‌توانند نقش مؤثری در افزایش تاب‌آوری نواحی شهری داشته باشند. یازده گزینه دوازده معیار جهت رتبه‌بندی با تاپسیس فازی مورداستفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از رتبه‌بندی برای ایستگاه‌های پیشنهادی آتش‌نشانی در جدول (٦) تدوین یافته است.

جدول ٦- رتبه‌بندی با تکنیک تاپسیس فازی

شماره ایستگاه	d^*	d^-	CC	رتبه
ایستگاه پیشنهادی ۱	۰/۲۹۹٦٦	۰/۱۱۲۷۸۲	۰/۲۷۳٤٤۹	۸
ایستگاه پیشنهادی ۲	۰/۳۰۲۱۰۵	۰/۱۰۲٦۰٦	۰/۲۵۳۵۳	۹
ایستگاه پیشنهادی ۳	۰/۲٦۸۳۵۹	۰/۱۳۹۲۳۹	۰/۳٤۱٦۰۸	٦
ایستگاه پیشنهادی ٤	۰/۳۱۹۱۱۷	۰/۰۸۵۸۷۳	۰/۲۱۲۰۳٦	۱۰
ایستگاه پیشنهادی ۵	۰/۲۱٦۵۱۱	۰/۱۸٤۰۸۵	۰/٤۵۹۵۲۸	۳
ایستگاه پیشنهادی ٦	۰/۱۰۰۰۱۵	۰/۲۹۳٦۸۷	۰/۷٤۵۹٦۳	۱
ایستگاه پیشنهادی ۷	۰/۱۸٦۳۹۵	۰/۲۲۰۳۹۱	۰/۵٤۱۷۸٦	۲
ایستگاه پیشنهادی ۸	۰/۲۳۱۹۰۹	۰/۱٦۱٦۲۹	۰/٤۱۰۷۰۷	٤
ایستگاه پیشنهادی ۹	۰/۲٦٦٤۹۸	۰/۱۲۷۰٤	۰/۳۲۲۸۱٦	۷
ایستگاه پیشنهادی ۱۰	۰/۲۵۷۷۰۳	۰/۱۳۵۸۳۵	۰/۳٤۵۱٦۳	۵
ایستگاه پیشنهادی ۱۱	۰/۳۵۷۷۳٦	۰/۰۵۳۳۹۳	۰/۱۲۹۸٦۸	۱۱

از میان معیارهای مورداستفاده، معیارهای دسترسی (عرض خیابان)، همجواری و ترافیک بیشترین میزان اهمیت را دارا می‌باشند. منطقه ده تهران بدلیل تراکم زیاد (پرتراکم‌ترین منطقه شهر تهران در بین مناطق ۲۲ گانه) و اینکه بخش‌هایی از آن دارای بافت فرسوده است، نیازمند توجه ویژه به ساختار شبکه ارتباطی و ترافیک جهت مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی است. همچنین با توجه به وجود کاربری‌های محدود کننده مثل بیمارستان و مدرسه در محدوده موردبررسی، عدم توجه به این محدودیت می‌تواند سرعت پاسخگویی را کاهش دهد. جهت بررسی نتایج، مقادیر معیارهای همجواری، ترافیک، اندازه قطعات، ناپایداری و تعداد حریق و حوادث گذشته در ایستگاه‌های رتبه ۲ و ۳ و ٤ با ایستگاه رتبه یک به‌عنوان ایستگاه مبنا موردبررسی قرار گرفته است. ایستگاه پیشنهادی ٦ اولین رتبه را در اولویت‌بندی احداث ایستگاه بدست آورده است. همچنین ایستگاه ۱۱ به‌عنوان آخرین ایستگاه در رتبه‌بندی بدست آمده است. جهت ارزیابی نتایج از امتیاز معیارهای خبرگان استفاده شده است. جهت این امر از معیارهایی که امتیاز بالای ۹۰ درصد داشته‌اند استفاده شده است. جدول (۷) مقدار معیارهای بالای ۹۰ درصد که از نظرات خبرگان حاصل گردیده و معیار ارزیابی رتبه‌های حاصل از تکنیک تاپسیس در نظر گرفته شده را نشان می‌دهد، که در آن ایستگاه‌های حائز رتبه اول تا چهارم و رتبه آخر جهت مقایسه آورده شده است.

جدول ۷– مقادیر معیارهای دارای امتیاز بالای ۹۰ درصد در ایستگاه‌های رتبه

رتبه	نام ایستگاه	دسترسی (۱۰۰ درصد)	همجواری (۹۹ درصد)	ترافیک (۹٦ درصد)	اندازه قطعات (۹۲ درصد)	ناپایداری (۹۲ درصد)	تعداد حریق و حوادث گذشته (۹۱ درصد)
۱	ایستگاه پیشنهادی ٦	٤٥	٥٤٦	خیلی زیاد	۲۰۰۰	۰/۱۰۲٦	٥٤۹/٤۸
۲	ایستگاه پیشنهادی ۷	۱٦	۳٥۰	خیلی زیاد	۱٤۰۰	۰/۰۱۳٤٥	٦٦۹/٥۷
۳	ایستگاه پیشنهادی ٥	۳۰	٦٤	زیاد	٦۰۰۰	۰/۰۱۲۱	٦٤۰/۳۷
٤	ایستگاه پیشنهادی ۸	٤٥	٦۳	زیاد	٦۸۰۰	۰/۰۰۸۹	۳٤۳/٤۱
۱۱	ایستگاه پیشنهادی ۱۱	۱۰	۹۳	کم	۹۸۰	۰/۰۱۲٥	۳٤٦/٥۹

نگاهی کلی به ضریب اهمیت معیارها نشان می‌دهد که ایستگاه پیشنهادی ٦ که رتبه اول را به دست آورده است، تقریباً از نظر تمامی معیارهای دارای امتیاز بالا، در اولویت قرار دارد، خصوصاً از نظر معیار دسترسی دارای بیشتری مقدار عرض معبر است. در مقابل ایستگاه ۱۱ که آخرین رتبه را به دست آورده است از نظر معیار دسترسی دارای کمترین مقدار در میان ایستگاه‌های پیشنهادی است. همچنین به دلیل استقرار ایستگاه ۱۱ بر روی مرز محدوده موردبررسی به نسبت همه ایستگاه‌های پیشنهادی دارای کمترین سطح تحت پوشش است و در نتیجه میزان جمعیت و تراکم آن نیز کمتر از سایرین است. مجموع این عوامل باعث کسب رتبه آخر این ایستگاه شده است. ایستگاه‌های

موجود در فرآیند رتبه‌بندی دخیل نشده‌اند تا نتایج حاصل از پژوهش بتوانـد بهینگـی محـل اسـتقرار آن‌هـا را ارزیـابی نماید. همانگونه که در شکل (۳) نشان داده شده است ایستگاه ۸۵ آتش‌نشانی تهران در محـدوده ایسـتگاه‌های ۳ و ٤ و ۵ و ٦ و ۷ قرار دارد. این ایستگاه‌ها به ترتیب دارای رتبه‌های ٦ و ۱۰ و ۳ و ۱ و ۲ می‌باشند. این امر نشان مـی‌دهـد کـه ایستگاه ۸۵ در نقطه استقرار مناسبی قرار دارد، چون ایستگاه‌های مجاور آن رتبه‌های برتر را کسـب نموده‌انـد. همچنـین ایستگاه ۸ آتش‌نشانی تهران در محدوده ایستگاه‌های ۱ و ۲ پیشنهادی قرار دارد که این ایسـتگاه‌ها در فرآینـد رتبه‌بنـدی به ترتیب رتبه‌های ۸ و ۹ را بدست آورده‌اند. این موضوع نشان مـی‌دهـد ایسـتگاه ۸ موجـود (واقـع در خیابـان آزادی نبش میمنت) در مکان بهینه استقرار ندارد. این نتایج می‌تواند احداث ایستگاه در مکان بهینه را با رویکـرد تـاب‌آوری از طریق افزایش سرعت پاسخگویی را ارتقاء دهد و حداقل زمان دسترسی به محـل حادثـه از نظـر آتـش نشـانان تـأمین گردد. درنهایت جهت بهبود مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی پیشنهاداتی به شرح زیر می‌توان ارائه نمود:

۱– مکان‌یابی ایستگاه‌های جدید بر اساس ضوابط و معیارهای مکان گزینی.

۲– احداث ایستگاه بر اساس اولویت رتبه‌بندی در محدوده جهت افزایش سرعت پاسخگویی.

۳– انتقال حق توسعه[1] (TDR) در مورد زمین‌هایی که جهت احداث ایستگاه تخصیص می‌یابند.

٤– طبقه تشویقی به مالکین جهت زمین‌های تحت مالکیت وی در هر منطقـه از شـهر جهـت تسـهیل در تصـرف زمین بر اساس اولویت احداث ایستگاه.

کتابنامه

آذر، عادل؛ ۱۳۹٦. *تصمیم‌گیری کابردی* (رویکرد **MADM**). نگاه دانش.

آئین نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله؛ ۱۳۹۳. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهر سازی.

آیین کار ضوابط مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی شهری (استاندارد ٦٤۳۰)؛ ۱۳۸۰. مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران.

اجزاء شکوهی، محمد؛ شایان، حمید؛ درودی، محمد هادی؛ ۱۳۹۳. مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در شهر مشهد. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره پیاپی ۱۱، ۱۰۷–۱۲۷.

اصغر پور، محمد جواد؛ ۱۳۹٤. *تصمیم‌گیری‌های چند معیاره*. انتشارات دانشگاه تهران.

ایمانی جاجرمی، حسین؛ ۱۳۷۵. *مطالعه‌ای در باب ایجاد سازمان‌های مرکزی آتش‌نشانی کشور*. انتشارات مرکز مطالعات برنامه ریزی شهری.

بوزرجمهری، خدیجه، جوانی، خدیجه، کاتبی، مجید رضا؛ ۱۳۹٤. مکان‌یابی بهینه پایگاه اسکان موقت در مدیریت بحران نواحی روستایی (نمونه موردمطالعه: بخش مرکزی شهرستان فاروج). *جغرافیا و مخاطرات طبیعی*. شماره پیاپی ۱٦، ۱–۱۹.

1 Transfer of Development Rights

پاپلی یزدی، محمد حسین؛ رجبی سناجردی، حسین؛ ۱۳۸۹. *نظریه‌های شهر و پیرامون*. انتشارات سمت.

حیدری، احمد؛ جودکی، حمید رضا؛ ۱۳۹۸. بررسی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی در بافت فرسوده شهرها، مطالعه موردی بافت فرسوده شهر تهران. *فصلنامه مطالعات شهر ایرانی اسلامی*. شماره ۳۸، ۷۵-۸۵.

زبردست، اسفندیار؛ خلیلی، احمد؛ دهقانی، مصطفی؛ ۱۳۹۲. کاربرد روش تحلیل عاملی در شناسایی بافت‌های فرسوده شهری. *نشریه هنرهای زیبا*، معماری و شهر سازی. شماره ۲، ۲۷-٤۲.

زنگی آبادی، علی؛ محمدی، جمال؛ صفایی، همایون؛ قائد رحمتی، صفر؛ ۱۳۸۷. تحلیل شاخص‌های آسیب پذیری مساکن شهری در برابر زلزله (نمونه موردی: مساکن شهر اصفهان). *فصلنامه جغرافیا و توسعه*. شماره پیاپی ۱۲، ٦۱-۷۹.

سرشماری نفوس و مسکن، گزارش سرشماری نفوس و مسکن؛ ۱۳۹۵. مرکز آمار ایران.

شیری، فاطمه؛ شمس، مجید؛ ۱۳۹۵. عوامل مؤثر بر مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با بهره گیری از تکنیک تحلیل خوشه‌ای. *فصلنامه آمایش محیط*. شماره ۳۳، ۱۱۳-۱۳۲.

عطایی، محمد؛ ۱۳۹٤. *تصمیم‌گیری چند معیاره فازی*. انتشارات دانشگاه شاهرود.

فقهی فرهمند، ناصر؛ حاجی کریمی، بابک؛ ۱۳۸۹. مکان‌یابی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند شاخصه TOPSIS و SAW و انتخاب مکان بهینه با استفاده از روش بردا (شهر صنعتی البرز قزوین). *فصلنامه مطالعات کمی در مدیریت*. شماره ۳. ۵۳-٦۷.

قرایی، فریبا؛ مثنوی، محمد رضا؛ حاجی بنده، مونا؛ ۱۳۹٦. بسط شاخص‌های کلیدی سنجش تاب‌آوری مکانی-فضایی شهری؛ مرور فشرده ادبیات نظری. *باغ نظر*. شماره ۵۷، ۱۹-۳۲.

معمارزاده، روح‌الله؛ ۱۳۹۸. مصاحبه با کارشناسان آتش‌نشانی تهران.

کلانتری، خلیل؛ ۱۳۹۱. *مدل‌های کمی در برنامه ریزی* (منطقه‌ای، شهری و روستایی). فرهنگ صبا.

معمارزاده، روح‌الله؛ حسین زاده لطفی، فرهاد؛ جهانشاهلو، لعلا؛ دهقان توران پشتی، عاطفه؛ ۱۳۹۹. رتبه‌بندی ایستگاه‌های آتش‌نشانی با استفاده از دنباله فیبوناچی (مورد پژوهی: منطقه ده تهران). *مجله تحقیق در عملیات در کاربردهای آن* (پذیرش مقاله).

Ebrahimi, M., Mirzayi Modam M., 2016. Selecting the best zones to add new emergency services based on a hybrid fuzzy MADM method: A case study for Tehran. Safety Science (Science Direct). 67-76.

Hosseinzadeh Lotfi F., Fallahnejad R., 2010. Imprecise Shannon’s Entropy and Multi Attribute Decision Making. Entropy. 53-62.

http://region10.tehran.ir.

Kanoun I., Chabchoub H., Belaid A., 2010. Goal Programming Model for Fire and Emergency Service Facilities Site Selection. Taylor & Francis. 143-153.

Pérez J., Maldonado S., Marianov V., 2015. A reconfiguration of fire station and fleet locations for the Santiago Fire Department. International Journal of Production Research. 1-17.

Rose, K., 2007. Theory and pragmatism in locating emergency services. Taylor & Francis. 247-254.

Zanjirani Farahani, R., Steadie Seifi, M., Asgari, N., 2010. Multiple criteria facility location problems: A survey. 34: 1689-1709.

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ سی و هشتم، تابستان ۱۴۰۰

صص ١٦٥- ١٤٧

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.70107.1052

مقاله پژوهشی

ارائه مدل گردشگری ایمن برای تداوم فعالیت کسب‌وکارهای حوزه گردشگری در شرایط بحران کووید-۱۹

احسان خسروی- دانشجوی دکتری کارآفرینی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

نادر نادری[1]- دانشیار، گروه مدیریت و کارآفرینی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

بیژن رضایی- استادیار، گروه مدیریت و کارآفرینی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

حسین آزادی- عضو هیئت‌علمی گروه جغرافیا، دانشگاه گنت، گنت، بلژیک؛ عضو هیئت‌علمی دانشکده علوم زیست‌محیطی، دانشگاه علوم زندگی پراگ. پراگ، جمهوری چک.

تاریخ دریافت: ١٤٠٠/١/٨ تاریخ بازنگری: ١٤٠٠/٢/٢٥ تاریخ تصویب: ١٤٠٠/٣/٧

چکیده

کرونا ویروس یکی از بحران‌های است که اخیراً نه‌تنها سلامتی، بلکه تمام ابعاد زندگی انسان را در معرض خطر قرار داده است. بخش گردشگری یکی از بخش‌های اقتصادی است که آسیب‌های فراوانی در اثر شیوع این ویروس دیده است و متأسفانه سیاست‌گذاری‌هایی که در جهت مدیریت بحران کروناویروس اعمال می‌گردد آسیب‌های وارده را دوچندان کرده است. بااینکه این ویروس ناخوانده مشکلاتی ایجاد نموده است، اما با تدبیر و سیاست‌گذاری مناسب می‌تواند از تهدید به یک فرصت تبدیل شود و زمینه رشد و توسعه بلندمدت را فراهم نماید. در این راستا، هدف از پژوهش حاضر ارائه مدل گردشگری ایمن برای تداوم فعالیت کسب‌وکارهای حوزه گردشگری در شرایط بحران کووید-۱۹ است. جامعه موردمطالعه، صاحبان کسب‌وکارهای گردشگری استان کرمانشاه بودند. برای انتخاب مصاحبه‌شوندگان از نمونه‌گیری هدفمند از نوع گلوله برفی استفاده شد. معیار تعیین حجم نمونه رسیدن به اشباع نظری بود که در این تحقیق با بررسی ۳۸ نمونه از جامعه مذکور، اشباع نظری حاصل شد. جمع‌آوری داده‌ها از طریق پرسشنامه باز، مصاحبه عمیق انفرادی، یادداشت‌برداری، بررسی اسناد و مدارک یا اغلب ترکیبی از این روش‌ها صورت گرفت. تجزیه‌وتحلیل اطلاعات با استفاده از کدگذاری باز، محوری و انتخابی انجام گرفت

---

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۱۳۱۳٤٦٧ Email: n.naderi@razi.ac.ir

و براساس آن، مدل پژوهش شکل گرفت. نتایج نشان داد می‌توان از طریق سیاست‌گذاری صحیح و نگاه سیستمی، با رعایت اصول و پروتکل‌های بهداشتی و با نظارت و هماهنگی دستگاه‌های ذی‌ربط و از همه مهم‌تر به‌کارگیری فناوری‌های سازگار با گردشگری در شرایط بحران کووید-۱۹، فرآیند گردشگری استان کرمانشاه ساماندهی و ایمن‌سازی نمود.

کلیدواژه‌ها: تداوم کسب‌وکار، گردشگری ایمن، بحران کروناویروس، توسعه درون‌زا، استان کرمانشاه.

۱- مقدمه

بحران‌ها[1] همیشه در تمام جوامع بشری وجود داشته و همواره بر زندگی آنان تأثیر گذاشته است. در این راستا، در دسامبر ۲۰۱۹ در شهر ووهان چین یک بحران بزرگ تحت عنوان ویروس کووید-۱۹[2] شایع شد و در ۱۱ مارس ۲۰۲۰ توسط سازمان بهداشت جهانی به‌عنوان یک بیماری همه‌گیر[3] اعلام شد (پارنل و همکاران[4]، ۲۰۲۰؛ رازر و همکاران[5]، ۲۰۲۰؛ ویلیامز[6]، ۲۰۲۰؛ خالد و همکاران[7]، ۲۰۲۱) و این ویروس به‌سرعت در سراسر جهان گسترش یافت (شارما و ماهندرا[8]، ۲۰۲۰) و تأثیرات ویرانگر زیادی بر سیستم‌های مختلف بهداشتی، انسانی، سیاسی، اجتماعی و اقتصادی داشته است (فنچز[9]، ۲۰۲۰؛ گریتزل و همکاران[10]، ۲۰۲۰).

اثرات منفی کروناویروس بر اقتصاد جهانی آن‌قدر پررنگ بود که نظر بسیاری از محققان را به خود جلب کرد (شارما و همکاران، ۲۰۲۱؛ پن و همکاران[11]، ۲۰۲۱؛ مهرولیا و همکاران[12]، ۲۰۲۰)، چراکه راهکارهای اتخاذشده جهت مقابله با این بحران بهداشتی، بیشترین تأثیر منفی را بر اقتصاد و به‌مراتب کسب‌وکارهای مختلف گذاشته است که در این بین، کسب‌وکارهای حوزه گردشگری بیش از سایر صنایع و کسب‌وکارها متحمل آسیب شدند (باسکارا و ویاچاسلاو[13]، ۲۰۲۱؛ لیئو[14]، ۲۰۲۰؛ سازمان گردشگری جهانی[15]، الف۲۰۲۰)، زیرا بسیاری از کشورها برای جلوگیری از شیوع ویروس، گردشگری و سفرهای بین‌المللی را محدود یا به حالت تعلیق درآورده‌اند (پن و همکاران، ۲۰۲۱؛

---

1 Crises
2 COVID-19
3 Pandemic
4 Parnell et al
5 Roser et al
6 Williams
7 Khalid et al
8 Sharma & Mahendru
9 Fuchs
10 Gretzel et al
11 Pan et al
12 Mehrolia et al
13 Bhaskara & Viachaslau
14 Liew
15 United Nations World Tourism Organization (UNWTO)

خالد، ۲۰۲۱؛ بوام و های[1]، ۲۰۲۰؛ گازلینگ و همکاران[2]، ۲۰۲۰) لـذا تعطیـل شـدن کسـب‌وکارهای متعـدد و اجـرای محدودیت‌های اساسی در گذرگاه‌های مرزی، اقتصاد گردشگری را در سراسـر جهـان از بـین بـرده اسـت (گـادوین[3]، ۲۰۲۰) و این صنعت، بدون تحرک گردشگران نمی‌تواند به بقای خود ادامه دهد؛ آن‌چنان‌که طبق آمار سـازمان جهـانی گردشگری (ب۲۰۲۰)، اعمال محدودیت‌های سفر موجب کاهش ۲۲ درصدی تعداد گردشگران در سـه‌ماهه اول سـال ۲۰۲۰ نسبت به سه‌ماهه مشابه در سال ۲۰۱۹ شده است. مکان‌هایی که قبلاً از مشکلات شدید بازدیـد بیش‌ازحـد رنـج می‌بردند (میلانو و همکاران[4]، ۲۰۱۹) در حـال حاضـر بسـیار خلـوت هسـتند (کـیملمن[5]، ۲۰۲۰)، موزه‌هـا، هتل‌هـا و رستوران‌ها تعطیل‌شده‌اند و سواحل و پیست‌های اسکی خالی هستند، بدون شک، تأثیرات اقتصادی بـه‌ویژه در منـاطق محلی و یا حتی کشورهایی که اقتصاد آنان وابستگی زیادی به ورود گردشگران دارند فاجعه‌بار بوده اسـت (آیونیـدز و جیموتی[6]، ۲۰۲۰). بنابراین در این بحران با اعمال محـدودیت‌ها و منع‌هـای تـرددی سـبب ایجـاد رکـود اقتصـادی در سراسر جهان شده و این امر میلیون‌ها شغل در صنعت گردشـگری را در معـرض خطـر، آسـیب و نـابودی قـرار داده است (شارما و همکاران، ۲۰۲۱؛ سازمان گردشگری جهانی، ب۲۰۲۰).

اگرچه گردشگری تاکنون با بحران‌های مختلفی روبرو شده است؛ اما اثرات کوویـد–۱۹ حـداقل از نظـر اقتصـادی، ویرانگرتر از هر بحران دیگری در طول تاریخ برای این صنعت بوده است (هال و همکاران[7]، ۲۰۲۰). بحـران کوویـد–۱۹ یک وضعیت جدید و مداوم با یک دوره زمـانی نـامعلوم اسـت (گـازولین و همکـاران، ۲۰۲۰) و برخلـاف سـایر بحران‌هایی که مدت‌زمان مشخصی دارند، عدم اطمینان زیادی در رابطـه بـا کنتـرل کوویـد –۱۹ وجـود دارد (سـازمان بهداشت جهانی[8]، ۲۰۲۰)؛ چراکه بسیاری بر این باورند که حتی با کشف واکسن نیز هـیچ تضـمینی وجـود نـدارد کـه جهان با ویروس جهش‌یافته آن و یا در آینده نزدیک با انواع دیگری از ویروس‌های مشـابه مواجـه نگـردد و در عمـل تلاش‌هایی که برای کشف واکسـن کرونـاویروس صـورت گرفتـه اسـت هـدر رود، لـذا عـدم اطمینـان، پیش‌بینـی و برنامه‌ریزی برای آینده صنعت گردشگری را دشوار می‌کند (ژو و لی[9]، ۲۰۲۰). به نظـر می‌رسـد بـرای مقابلـه مـؤثر بـا شرایط حین یک بحران، نیاز به سازگاری[10] و انعطاف‌پذیری[11] است (لیئو و همکـاران[12]، ۲۰۲۰). بـه‌عبارت‌دیگر، ایـن

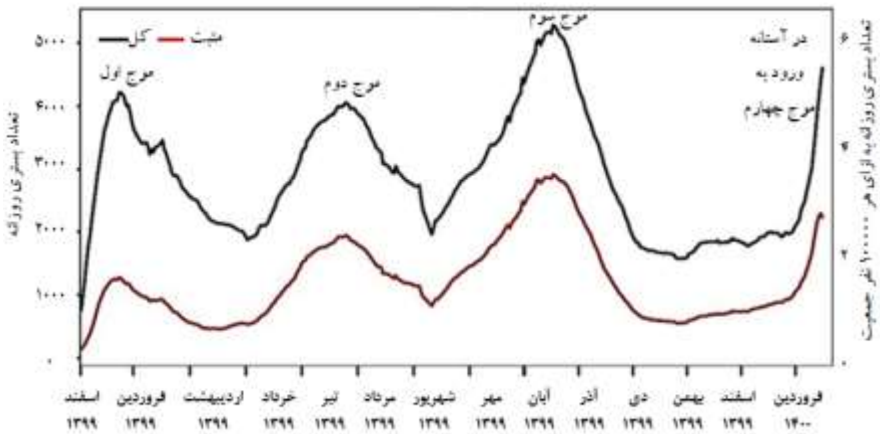
1 Baum & Hai
2 Gossling et al
3 Goodwin
4 Milano et al
5 Kimmelman
6 Ioannides & Gyimóthy
7 Hall et al
8 World Health Organization (WHO)
9 Xu & Li
10 Adaption
11 Flexibility
12 Liu et al

نحوه پاسخگویی کسب‌وکارها است که تعیین می‌کند چالش کرونا برای کسب‌وکارها و اقتصاد جهانی یک فرصت است یا یک تهدید (کرک و ریفکین[۱]، ۲۰۲۰). هرچند مقابله با بیماری همه‌گیر بخصوص در صنعت گردشگری بسیار دشوار است، اما شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد می‌توان با اقدامات صحیحی همچون به‌کارگیری سیستم عامل‌های دیجیتال با شرایط بحران پیش‌آمده سازگار شوند و به مقابله خود با شرایط حین بحران برای تداوم بقا ادامه دهند (مهرولیا و همکاران[۲]، ۲۰۲۰). لذا بنگاه‌های اقتصادی برای ارائه پاسخ‌های سازگار و انعطاف‌پذیر بحران در گام نخست باید مدل‌های کسب‌وکار و استراتژی‌های درآمد خود را متناسب با شرایط بحران اصلاح کنند تا شانس بقای شرکت تضمین شود. راهکارها و قابلیت‌های نوآورانه و سازگار، نقش اساسی در بهبود وضعیت شرایط حین و پس از بحران دارند (بریئر و همکاران[۳]، ۲۰۲۱) بااین‌وجود، بسیاری از مشاغل گردشگری از کمبودهای اقدامات نوآورانه رنج می‌برند (بریئر و همکاران، ۲۰۲۱؛ جانسن و وندروور[٤]، ۲۰۲۰) و این امر، آنان را در برابر بحران‌های بهداشتی ازجمله کروناویروس بسیار آسیب‌پذیر کرده است. در این راستا برخی استدلال می‌کنند که گردشگری ممکن است وارد دوره "عادی جدیدی[۵]" شده باشد که همه مشاغل گردشگری را ملزم می‌کند مدل‌های تجاری خود را دوباره بازنگری کنند و متعاقباً اقدامات عملیاتی خود را (رعایت پروتکل‌های بهداشتی به شکل هوشمند و...) مطابق با الزامات جدید دولت و انتظارات مصرف‌کننده اصلاح نمایند (راتن[٦]، ۲۰۲۰؛ هال و همکاران، ۲۰۲۰). لذا باید برنامه‌ریزی و راهکارهای کسب‌وکارهای حوزه گردشگری به سمتی پیش رود که اثرات این بحران در تداوم فعالیت گردشگری به حداقل ممکن برسد (دانثو و گاستافاستون[۷]، ۲۰۲۰) و این تهدید به فرصتی برای توسعه و رشد صنعت گردشگری در شرایط حین و دوران پساکرونا تبدیل گردد.

در این بین در ایران به‌طور اعم و استان کرمانشاه به‌طور اخص بحران ناشی از بیماری کرونا برای کسب‌وکارهای حوزه گردشگری به‌شدت محسوس شده است. استان کرمانشاه به‌منزله یکی از مناطق مهم مستعد گردشگری در ایران، به دلیل برخورداری از ویژگی‌های منحصربه‌فرد تاریخی، فرهنگی، مذهبی و طبیعی طی دوره‌های مختلف تاریخی در سطح ملی و بین‌المللی از توانمندی‌های بالایی برای جذب گردشگران برخوردار بوده است و با توجه به آمار بالای بیکاری در این استان، رونق و توسعه کسب‌وکارهای گردشگری از اهمیت بالایی برخوردار است. اما متأسفانه همه‌گیری کروناویروس و به‌مراتب استراتژی‌های غیراصولی و غیرعلمی از سوی سیاست‌گذاران ملی و استانی موجب رکود کسب‌وکارهای گردشگری در این استان شده است. روند شیوع کروناویروس و موج‌های ایجادشده بر

1 Kirk & Rifkin
2 Mehrolia et al
3 Breier et al
4 Janssen & van der Voor
5 New Normal
6 Ratten
7 Donthu & Gustafsson

اساس نمودارها و تطابق آن با سیاست‌های اتخاذ شده در این استان حاکی از آن است که زمینه حرکت به سمت توسعه‌یافتگی استان را معکوس نموده است؛ چرا که در زمان اوج موج‌های شیوع کروناویروس به‌درستی اقدامات منع تردد و ... اعمال نشده است و شواهد حاکی از آن است که در مابین موج‌ها، متأسفانه اقدامات جهت کاهش اثرات این ویروس به‌صورت یک‌باره رهاشده و به زمان‌بندی مناسب اعمال قوانین توجه کافی نشده است که این امر زمینه ظهور موج‌های بعدی و البته قوی‌تر و با اثرات بیشتر را فراهم نموده است (شکل ۱).



شکل ۱- روند بستری بیماران کرونایی و موج‌های ایجادشده در اثر شیوع کروناویروس از اسفند ۱۳۹۸ تا اردیبهشت ۱٤۰۰ (منبع: وزارت بهداشت، ۱٤۰۰).

در این راستا، این مطالعه به دنبال پاسخ به این سؤال است که چگونه کسب‌وکارهای حوزه گردشگری استان کرمانشاه می‌توانند در شرایط حین بحران به فعالیت خود ادامه دهند و با ایجاد برنامه‌ریزی مناسب برای دوران پساکرونا این تهدید را به فرصتی برای پیشرفت خود و توسعه درون‌زای استان کرمانشاه تبدیل کنند؟ البته باید گفت منظور از شرایط بحرانی قرار گرفتن در رنگ‌بندی‌های نارنجی، زرد و آبی می‌باشد که کسب‌وکارهای گردشگری می‌توانند با ارائه راهکارهای تداوم فعالیت و به‌کارگیری الگوی گردشگری ایمن طوری به ادامه فعالیت خود بپردازند که زمینه ایجاد موج جدید ایجاد نگردد، وگرنه در شرایط قرمز و سیاه، بهترین راهکار تعطیلی[1] است. به عبارتی، پیش‌فرض اصلی این مطالعه بر آن است که اقدامات انجام‌گرفته از قبیل رهاسازی یک‌باره محدودیت‌ها در بین موج‌ها صحیح نبوده و این پژوهش به دنبال ارائه الگو و راهکارهایی برای تداوم فعالیت کسب‌وکارهای گردشگری در مابین موج‌های ایجاد شده می‌باشد؛ به‌نحوی‌که زمینه ایجاد موج جدید حاصل نگردد. هدف اساسی از پژوهش حاضر " ارائه مدل گردشگری ایمن برای تداوم فعالیت کسب‌وکارهای حوزه گردشگری در شرایط حین بحران با

1 Lock-Down

تأکید بر توسعه درون‌زا استان کرمانشاه" می‌باشد. در زمینه راهکارهای تداوم فعالیت کسب‌وکارها در شرایط بحران، تحقیقات مرتبطی انجام پذیرفته است که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود:

گریتزل[1] (۲۰۲۰) در پژوهش خود بیان می‌کند که فناوری در بحران شیوع کروناویروس به یک عامل اصلی در تداوم فعالیت در صنعت گردشگری تبدیل‌شده است. هیراماتسو و مارشال[2] (۲۰۱۸) در پژوهش خود بیان می‌کنند که کسب‌وکارهایی که از وام‌های فاجعه (بحران) استفاده نموده‌اند دارای تداوم بیشتری در شرایط بحران هستند و همچنین با سرعت بیشتری به حالت تعادل اولیه خود قبل از بحران برگشته‌اند و بیشتر در معرض فرصت‌های بهبود و ارتقا کسب‌وکار خود قرارگرفته‌اند. داهلس و سوسیلوواتی[3] (۲۰۱۵) در مطالعه خود تاب‌آوری کسب‌وکارهای کوچک گردشگری در مناطق شهری اندونزی را با روش کیفی و از نوع مردم‌نگاری مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داد عدم وابستگی معیشت به یک منبع و تعریف مجموعه‌ای از راهبردهای معیشتی مهم‌ترین رویکرد کسب‌وکارها برای بهبود تاب‌آوری در هنگام بحران‌های اقتصادی بوده است. خسروی و همکاران (۱۳۹۹) در پژوهشی نشان دادند که عوامل راهبردهای سازمانی، تمرکز بانکی، مزیت رقابتی، سپرده‌های بانکی و محصولات و خدمات کلیدی بر تاب‌آوری کسب‌وکارها مؤثر هستند.

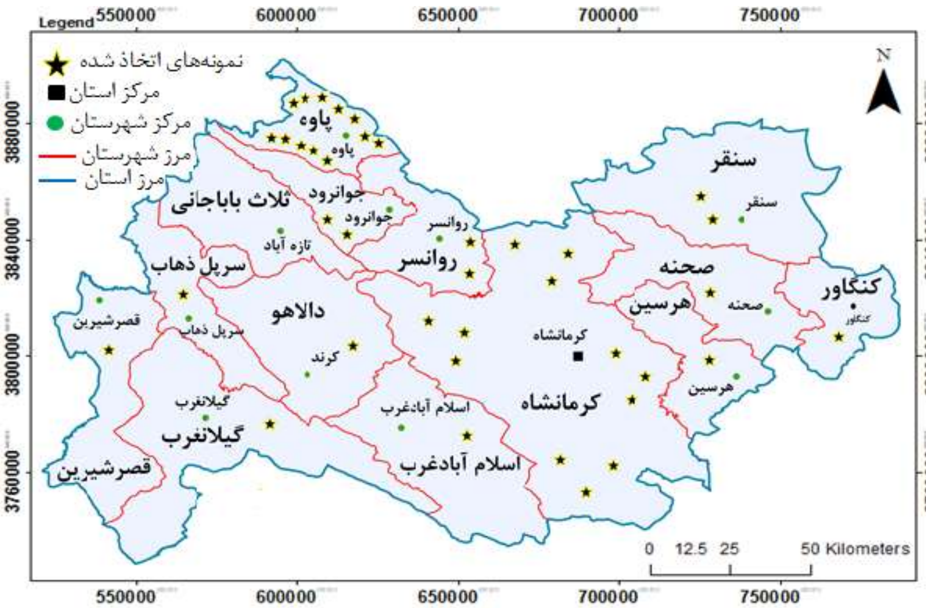
۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه موردمطالعه

پژوهش حاضر از نظر محدوده مکانی به استان کرمانشاه محدود می‌گردد. این استان دارای وسعت ۲٤٥٤۹ کیلومترمربع است که ۱/۵ درصد مساحت کل کشور را در بر می‌گیرد و از استان‌های غربی به شمار می‌آید که با کشور عراق بیش از ۳۳۰ کیلومتر مرز مشترک دارد. طبق اطلاعات معاونت آمار و اطلاعات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمانشاه و بر اساس آخرین تقسیمات کشوری در این استان تعداد ۱٤ شهرستان، ۳۱ بخش و ۸٦ دهستان وجود دارد (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمانشاه، ۱۳۹۹)؛ (شکل ۲). کرمانشاه یکی از کهن‌ترین استان‌های ایران است که دارای ٤۰۰۰ اثر شناخته شده تاریخی و طبیعی می‌باشد که بیش از ۲۲۰۰ مورد آن به ثبت ملی رسیده است، اثر جهانی بیستون در کنار آثار شاخص دیگری همچون طاق‌بستان، معبد آناهیتا، تکیه معاون الملک، مجموعه قلعه یزدگرد، چهارقاپی و کاخ خسرو و غار قوری قلعه که جملگی در فهرست موقت ثبت جهانی قرار دارند (اداره کل گردشگری، صنایع‌دستی و میراث فرهنگی استان کرمانشاه، ۱۳۹۹)، که این استان را مستعد گردشگری در حوزه‌های مربوطه ازجمله گردشگری ورزشی، گردشگری بوم‌گردی و گردشگری روستایی کرده

1 Gretzel et al
2 Hiramatsu & Marshall
3 Dahles & Susilowati

است. همچنین بالا بودن میزان خدمات سلامتی استان کرمانشاه را جزء یکی از قطب‌های گردشگری سلامت در غرب کشور و حتی در بین کشورهای همسایه به‌ویژه عراق قرار داده است. تجمع فرهنگ‌های غنی ایلات و عشایر مختلف سبب تنوع در آداب و رسوم این استان شده است که آن را به یکی از مستعدترین مناطق برای گردشگری فرهنگی، گردشگری آموزشی، گردشگری تفریحی و گردشگری غذایی تبدیل کرده است. تنوع مذهبی و به‌مراتب وجود بقاع متبرکه و زیارت‌گاه‌های مختلف در سطح استان و همچنین وجود مرز مشترک و مسیرهای منتهی به زیارتگاه‌های عراق، این استان را جزء یکی از مناطق مستعد گردشگری مذهبی قرار داده است. همچنین وجود عناصر اولیه گردشگری (از جمله سینما، برپایی نمایشگاه، وجود بوستان‌ها و مکان‌های تاریخی و...) و همچنین وجود عناصر ثانویه گردشگری (از جمله بازارها، مهمان‌سرا، سفره‌خانه‌ها و ...) در سطح شهرها این استان را جزء مستعدترین مناطق برای گردشگری شهری قرار داده است. متأسفانه این استان در گذر زمان از بلایای طبیعی در امان نبوده به‌عنوان مثال آخرین آن را می‌توان به زلزله آبان ماه ۱۳۹٦ در شهرستان سرپل‌ذهاب اشاره کرد که حاکی از آن است این استان مستعد گردشگری سیاه یا تلخ نیز می‌باشد. لذا در یک جمع‌بندی و به طور کلی می‌توان گفت که این استان دارای انواع مختلف جاذبه‌ها و پتانسیل‌های گردشگری در حوزه‌های مختلف می‌باشد که منبع غنی از فرصت‌های کارآفرینانه می‌باشد که در حول اکثر این حوزه‌ها در استان کرمانشاه کسب‌وکارهایی تأسیس شده است.



شکل ۲- نقشه تقسیمات کشوری استان کرمانشاه به تفکیک شهرستان و بخش

(سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمانشاه، ۱۳۹۹).

۲-۲- روش انجام پژوهش

پژوهش حاضر از نظر رویکرد، جزء تحقیقات کیفی؛ ازلحاظ هدف، کاربردی و با روش نظریه بنیانی انجام گرفت. نظریه بنیانی یک روش برای استخراج مفاهیم[1] از دل داده‌ها و سپس ترکیب آن‌ها می‌باشد (گلیزر و استراوس[2]، ۱۹٦۷). مطابق با نظریه بنیانی، فرضیه از پیش تعیین‌شده‌ای وجود ندارد، اما در فرآیند تجزیه‌وتحلیل می‌توان به آن دست‌یافت (کوربین و استراوس[3]، ۲۰۰۸)، زمانی که هیچ فرضیه روشنی وجود ندارد و یا اینکه در منطقه‌ای، تاکنون تحقیقی در زمینه‌ای صورت نگرفته باشد و یا تحقیقات محدودی صورت گرفته باشد، روش نظریه بنیانی نتایج خوبی را ارائه خواهد داد (جووانوویک و همکاران[4]، ۲۰۱۷). با توجه به اینکه مسئله مورد پژوهش، مسئله روز می‌باشد و بر اساس بررسی‌های صورت گرفته به نظر می‌رسد که تاکنون در مورد آن به‌طور مستقیم و بخصوص در شرایط حین بحران کروناویروس پژوهشی صورت نگرفته است، لذا به نظر می‌رسد در بین روش‌های مختلف پژوهش، مناسب‌ترین پاسخ را نظریه بنیانی ارائه می‌دهد.

جامعه مورد مطالعه در این پژوهش، تمام صاحبان کسب‌وکارهای حوزه گردشگری در استان کرمانشاه می‌باشند. در این پژوهش، از روش نمونه‌گیری هدفمند[5] از نوع گلوله برفی استفاده گردید. مرحله جمع‌آوری داده‌ها[6] (نمونه‌گیری) تا رسیدن به اشباع نظری[7] ادامه یافت؛ یعنی زمانی که دیگر هیچ اطلاعات جدیدی به دست نیاید و مفاهیم جدیدی شناسایی نشوند. در این تحقیق با تعداد ۳۸ نفر اشباع نظری حاصل شد. به عبارت دیگر تعداد نمونه مورد مطالعه در این تحقیق برابر با ۳۸ نفر می‌باشند. در این مطالعه از پرسشنامه باز[8] (بدون ساختار[9])، مصاحبه عمیق انفرادی[10] و یادداشت‌برداری[11] (یادداشت کردن سخنان کلیدی افراد و یادداشت کردن حالات رفتاری آنان مانند خشم، عصبانیت، خوشحالی و غیره و سپس استفاده از آن در مرحله تجزیه‌وتحلیل) و یا اغلب ترکیبی از این موارد به‌منظور جمع‌آوری داده‌های اولیه و البته با رعایت پروتکل‌های بهداشتی و در مواردی با بهره‌گیری از فنّاوری‌های جدید ارتباطی (تماس‌های صوتی و تصویری) استفاده شد و برای تمرکز بیشتر، با رضایت برخی شرکت‌کنندگان، مکالمه‌ها ضبط شدند. مصاحبه‌ها به‌طور میانگین در حدود ۲۰ – ٤۵ دقیقه به طول انجامید. داده‌ها به‌طور هم‌زمان

1 Concepts
2 Glaser & Strauss
3 Corbin & Strauss
4 Jovanovic et al
5 Purposeful sampling
6 Data collection
7 Theoretical saturation
8 Open questionnaire
9 Unstructured
10 Individual depth interviews
11 Not-taking

جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل شدند. اعتبارپذیری و اطمینان‌پذیری یافته‌های تحقیق از طریق تکنیک مثلث‌سازی[۱] حاصل شد. در تکنیک مثلث سازی سعی شد چهار مفهوم مرتبط ازجمله اعتبارپذیری، انتقال‌پذیری، تأییدپذیری و اطمینان‌پذیری مورد توجه قرار گیرد. بدین منظور جهت افزایش اعتبارپذیری در مرحله گردآوری اطلاعات، با طرح سؤالات متنوع، صریح و شفاف از کارشناسان در زوایای مختلف و در مرحله تحلیل داده‌ها از روش زاویه‌بندی تحلیلی استفاده شد. سپس با استفاده از راهبرد منابع مختلف جمع‌آوری و تحلیل داده در چند جلسه و درگیری بیشتر با افراد شرکت‌کننده به لحاظ افزایش تنوع (کارشناسان و صاحب‌نظران مختلف) جهت جمع‌آوری اطلاعات، افزایش انتقال‌پذیری در این بخش از پژوهش محقق شد که جهت جلوگیری از سوگیری و اطمینان از صحت نتایج به‌دست‌آمده به کمک گروه پژوهش، مفاهیم استخراج‌شده از تحلیل محتوا، گزارش‌ها، دست‌نوشته‌ها و یادداشت‌های پژوهش مجدداً در اختیار گروه پژوهش و دیگر محققان قرار گرفت و گروه پژوهش در زمینه‌ی نحوه جمع آوری داده‌ها و چگونگی تفسیر و تحلیل به توافق رسیدند. در نهایت به‌منظور اطمینان‌پذیری داده‌ها از تکنیک بازبینی یافته‌ها توسط مشارکت‌کنندگان و بازبینی توسط گروه پژوهش استفاده شد.

تحلیل محتوای مصاحبه‌ها بر اساس اصول روش‌شناسی نظریه بنیانی که شامل سه مرحله کدگذاری باز[۲]، کدگذاری محوری[۳] و کدگذاری انتخابی[٤] است (پریست، ۲۰۰۲؛ کوربین و استراوس[٥]، ۱۹۹۰)، انجام شد. در کدگذاری باز ابتدا تمامی یادداشت‌های میدانی حاصل از مصاحبه‌ها، بازخوانی و پس از تشخیص فرایندهای آن، مفاهیم اصلی استخراج شد و در کدگذاری محوری، زمینه شکل گیری زیرطبقات و طبقات محوری فراهم شد. به این صورت که کدهای مشابه با توجه به قرابت معنایی در یک طبقه قرار گرفتند. در کدگذاری انتخابی با استفاده از خط سیر داستانی، ارتباط بین کدهای محوری مشخص شد و مدل پژوهش شکل گرفت. لازم به ذکر است در طول مرحله تجزیه‌وتحلیل، روش مقایسه دائمی مورد استفاده قرار گرفت. یعنی محقق از همان ابتدا بر مفهوم‌سازی[٦] تمرکز دارد و با استفاده از روش مقایسه دائمی این کار را انجام می‌دهد؛ یعنی دائماً باید یک گام به عقب برگردد و در مفاهیم تجدیدنظر نماید (گلیزر و هاتلن[۷]، ۲۰۰٤).

1 Triangulation
2 Open coding
3 Axial coding
4 Selective coding
5 Corbin and Strauss
6 Conceptualisation
7 Glaser & Holton

۳- نتایج و بحث

نتایج پژوهش حاضر در قالب کدگذاری سه مرحله باز، محوری و انتخابی حاصل‌شده است. در کدگذاری باز به‌منظور دستیابی به مفاهیم کلیدی، پس از پیاده نمودن مصاحبه‌های ضبط‌شده و یادداشت‌برداری میدانی بر روی کاغذ، بررسی میکروسکوپی پاراگراف به پاراگراف انجام گرفت و مفاهیم استخراج گردید. از آنجا که در این مرحله، از عین کلمات مصاحبه‌شونده جهت کدگذاری استفاده شد، لذا کدها، کدهای اساسی نام دارند. در این مرحله ۳۲ کد اساسی استخراج گردید. پس از استخراج مفاهیم طی کدگذاری باز، مرحله کدگذاری محوری انجام شد. در این مرحله با استفاده از تکنیک مقایسه دائمی داده‌ها، ارتباط بین مفاهیم مشخص شد و براساس قرابت معنایی آن، طبقه‌بندی صورت پذیرفت. به‌عبارت‌دیگر، مفاهیمی که دارای قرابت معنایی بودند در یک طبقه قرار گرفتند. در جدول (۱) مفاهیم حاصل از کدگذاری باز و طبقات محوری حاصل از کدگذاری محوری نشان داده شده است.

جدول ۱- مفهوم‌سازی داده‌ها (کدگذاری باز) و طبقات حاصل از مفاهیم (کدگذاری محوری)

کد	جملات کلیدی	مفهوم استخراج‌شده	طبقه محوری
A1	من خیلی برای رونق کسب‌وکارم وام گرفتم ولی متأسفانه با این اوضاع کرونا نه‌تنها کسب‌وکارم رونق نگرفت بلکه از رونق افتاد آگه وام‌های قبل از بحران امهال شوند می‌تواند خیلی مؤثر باشد	امهال وام‌های ماقبل بحران	اقتصادی (A)
A2	واقعاً کسب‌وکارها در هر زمینه‌ای خیلی ضرر کردن. بهتر است وام بلاعوض بدهند تا دوای درد ما باشد	ارائه وام بلاعوض	
A3	باید دولت به فکر مردم هم باشد. چون اگر اقتصاد مردم بهبود نیابد عملاً هیچ نوع گردشگری هم وجود نخواهد داشت.	بهبود وضعیت اقتصادی مردم	
A4	در دوران شیوع کرونا وام‌هایی تحت عنوان وام بحران به مراکز دادند. باید تا پایان کرونا امهال شوند	امهال وام‌های بحران تا دوران پسا بحران	
B1	باید افرادی که در بیمارستان‌ها و سایر موارد مشابه (نه با هدف گردشگری بلکه منظورم همه افراد است) تست کرونا مثبت دارند در سامانه‌های مختلف دولت به هم وصل شوند و برای تمام ادارات این افراد تا پایان دوره کرونا شناسایی‌شده باشند	شناسایی افراد کرونایی و عدم ارائه خدمت دولتی به آنان	مدیریتی- نظارتی (B)
B2	پس‌ازاینکه افراد کرونایی در مراکز مربوطه شناسایی شدند، باید از طرق مختلف جلوی تردد این افراد و خانواده آنان گرفته شود مثلاً پلاک خودروها و موبایل و ... این خانوار رصد و کنترل و در صورت عدم رعایت به‌شدت جریمه و تنبیه شوند	پس از شناسایی افراد کرونایی، رصد و کنترل تحرک و اعمال قرنطینه آنان	
B3	اطلاع‌رسانی و اعلام اخطار از طریق سامانه پیامکی به افراد کرونا مثبت که قرنطینه و قوانین را نقض می‌کنند؛ مثلاً بهشون بگویند که بر اساس رصد امروز شما در فلان جا دیده شده‌اید و این کار از طریق ردیابی تلفن همراه یا پلاک خودرو آنان یا کارت کشیدن در مراکز خرید و ... برای دولت قابل‌اجراست.	اعلام اخطار به ناقلان کرونایی که قوانین قرنطینه را نقض نموده‌اند.	
B4	الان وضعیت قرمز است، بنابر مصوبه استانی تردد بین شهرستان‌ها قطع است، تشریف	اجرای صحیح قوانین کرونایی	

کد	جملات کلیدی	مفهوم استخراج‌شده	طبقه محوری
	ببرید فرمانداری هر کسی آشنا داره در حال دریافت نامه تردد است! اونایی هم که پارتی برای دریافت نامه ندارند جاده‌های فرعی را برای تردد انتخاب می‌کنند، خب این مدیریت در شرایط قرمز اشتباه ما است. مشخص است بیماری کنترل نمی‌شود. باید قوانین به‌درستی اجرا شود. دولت می‌گوید قرنطینه... قرنطینه... در خانه بمانید... ولی این همه صف مرغ چی میگه؟؟ این همه صف دفاتر خدمات ارتباطی چیه؟؟ خب مسلم است که با این اوضاع کنترل صورت نمی‌گیرد.	از سوی مسئولان	
B5	پلیس راهور به جای اینکه معیار را پلاک بومی و غیر ومی قرار دهد باید با تب‌سنج اقدام به انجام تست اولیه کرونا کند، حقیقتاً دولت طوری مدیریت می‌کند آدم فکر می‌کند هدفش کنترل بیماری نیست بلکه درآمدزایی از این شرایط است.	انتخاب معیارهای مناسب برای شناسایی و تنبیه افراد کرونایی ناقض قوانین	
B6	من گردشگر بین‌المللی داشتم که از خیلی وقت پیش رزرو شده بود. به‌محض رسیدنش به استان یک‌باره و یک‌شبه منع تردد اعمال شد، بدون هیچ‌گونه اطلاع‌رسانی. علاوه بر اینکه من از نظر مالی متضرر شدم در بلندمدت هم برند گردشگری این استان زیر سؤال رفت.. این گردشگران در سایت‌ها و فضاهای مجازی با هم در ارتباط هستند. خب چه چهره‌ای از من، استان، مدیران استانی و ... در ذهن این گردشگر به جا می‌ماند؟ آقای مدیر روند شیوع بیماری مشخصه. خب از قبل بیان کن.. مثلاً بگو اگر رعایت نکنید و اگر به اینقدر مبتلا در روز برسیم منع تردد می‌کنیم... چرا بدون برنامه و اطلاع‌رسانی و یک‌باره؟!	داشتن برنامه و اطلاع‌رسانی به‌موقع قوانین تصویب‌شده به مراکز گردشگری	
B7	کرونا هست و پیش‌بینی‌شده که ممکن است تا چند سال دیگر هم ادامه داشته باشد .... حتی با ساخت واکسن باز هم مثل سرماخوردگی و آنفلوانزا در بین مردم خواهد بود.. هرچقدر قانون سفت‌وسخت هم گذاشته شود اگر نظارت نباشد ارزشی ندارد... پس علاوه بر مراکز گردشگری باید در کل شهر هم نظارت وجود داشته باشد.	نظارت بر روند اجرای دستورالعمل‌ها	
C1	در مراکز بوم‌گردی مجاز، پروتکل‌های بهداشتی رعایت گردد و سعی شود تست تب و.... به‌صورت مرتب انجام گیرد.	رعایت پروتکل‌های بهداشتی در مراکز گردشگری	بهداشتی (C)
C2	گردشگرانی که در سامانه ثبت‌نام می‌کنند باید ابتدا بصورت مجازی تست آنلاین بدهند و سپس از آن‌ها در مراکز مورد تأیید محل سکونت خود تست پی سی آر گرفته شود	تست مجازی و حضوری کرونا از گردشگرانی که در سامانه ثبت‌نام کرده‌اند	
C3	باید به کسب‌وکارهای گردشگری وسایل و تجهیزات بهداشتی (ماسک، مواد ضدعفونی و ...) ارائه دهند که ما هم آن‌ها را بین گردشگران توزیع کنیم.	حمایت‌های بهداشتی	
C4	مسلماً وقتی قانونی اجرا می‌شود باید نظارت بر اجرای قانون هم وجود داشته باشد. در زمینه رعایت پروتکل‌های بهداشتی هم باید نظارت بر مراکز وجود داشته باشد.	نظارت بر مراکز جهت رعایت پروتکل‌های بهداشتی	
C5	برای پایدار ماندن در این شرایط باید فاصله اجتماعی به‌منظور رعایت پروتکل‌های بهداشتی رعایت شود... مسلماً برای این امر، مراکز گردشگری باید با نصف ظرفیت خود به فعالیت ادامه دهند و برای اطمینان از این امر باید دستگاه ذی‌ربط نظارت داشته باشد.	نظارت بر ظرفیت پذیرش گردشگران در مراکز	
D1	اداره کل گردشگری در استان یک سایت ساده تبلیغاتی به‌منظور جذب گردشگر ندارد چه	افزایش همکاری اداره کل	بازاریابی (D)

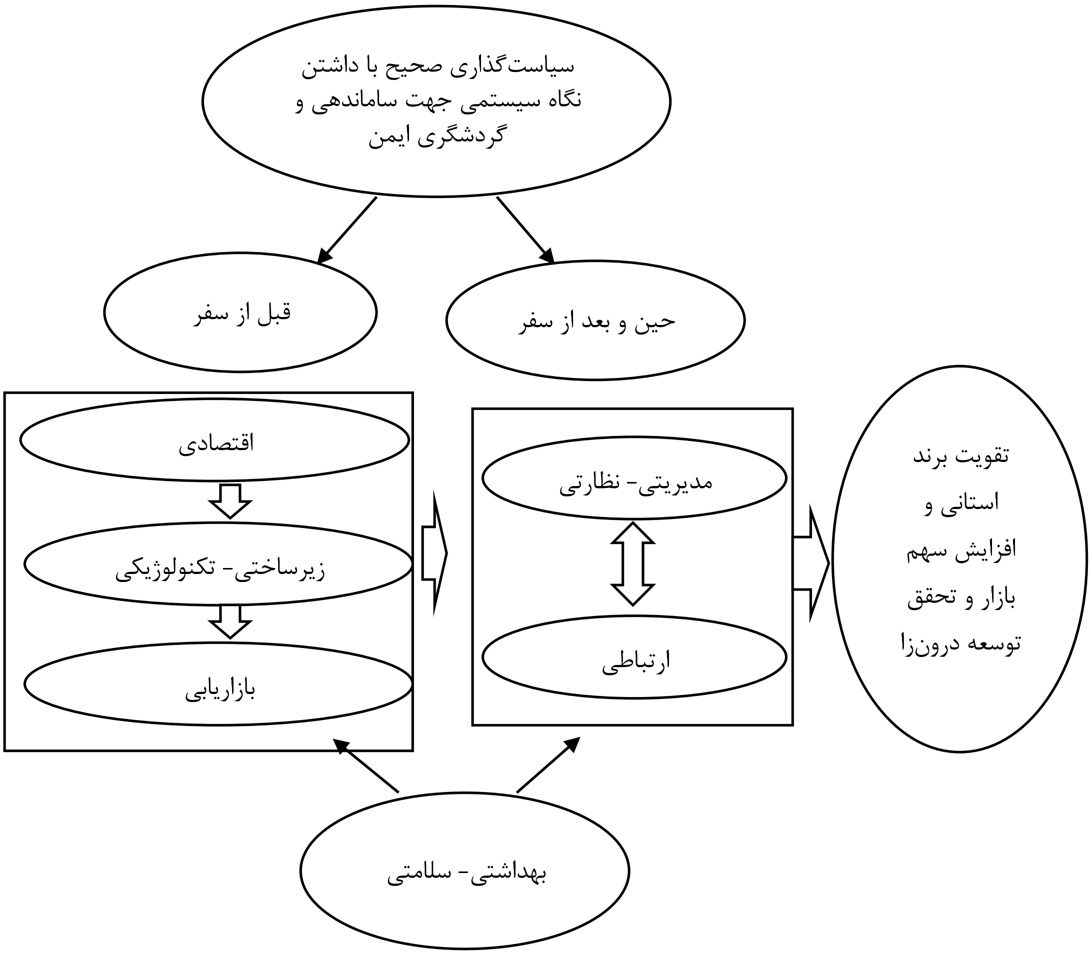
کد	جملات کلیدی	مفهوم استخراج‌شده	طبقه محوری
	برسد به تبلیغات بین‌المللی...چطور باید انتظار داشت این استان از نظر گردشگری پیشرفت کند؟!	گردشگری در زمینه تبلیغات و جذب گردشگری	
D2	باید از کمیت و کیفیت تور الگو فیلم‌برداری صورت گیرد و در سایت‌های تبلیغاتی اداره کل گردشگری ارائه شود تا از این طریق، زمینه اعتمادسازی مردم فراهم شود؛	استفاده از تور الگو جهت افزایش اعتمادسازی گردشگران	
D3	به نظر من بیشتر باید افراد خانواده پذیرش شوند. چون در افرادی که با تورهای گردشگری می‌آیند خطر احتمال شیوع کرونا بیشتر است.	پذیرش خانواده‌ها به جای تورهای عمومی	
E1	متأسفانه همکاری زیادی بین ارگان‌های ذی‌ربط وجود ندارد... مثلاً اداره کل گردشگری مجوز جذب گردشگر را صادر کرده است اما وزارت بهداشت به‌طور مستقیم جلوگیری می‌کند، پلیس راهور منع تردد می‌کند و...	افزایش هماهنگی در اجرای قوانین در بین دستگاه‌های اجرایی ذی‌ربط	ارتباطی (E)
E2	باید دستگاه‌های اجرایی به هم دیگر وصل شوند و نسبت به اطلاعات همدیگر دسترسی مجاز داشته باشند.	افزایش ارتباط بین دستگاه‌های اجرایی جهت داشتن بانک اطلاعاتی قوی‌تر	
F1	اداره کل گردشگری در فضای مجازی سامانه را طراحی کند و متقاضیان به گردشگری در آن سامانه خود را معرفی کنند.	طراحی سامانه برای ثبت‌نام گردشگران	زیرساختی– تکنولوژیکی (F)
F2	اداره کل گردشگری باید اپلیکیشنی را طراحی کند و در دسترس متقاضیان به گردشگری قرار گیرد.	طراحی اپلیکیشن	
F3	خدمات تا حد امکان بصورت مجازی و مبتنی بر فضای مجازی باشد.	انجام خدمات در فضای مجازی	
F4	آموزش و ارتقا مهارت‌های فضای مجازی صاحبان کسب‌وکارها باید موردتوجه قرار گیرد.	توسعه مهارت‌های فناوری اطلاعات	
F5	تقویت آنتن دهی در مناطق دیگر و توسعه اینترنت پرسرعت در آن مناطق	توسعه زیرساخت‌های فناوری اطلاعات	
G1	درصورتی‌که تأیید شود فردی سالم است و مبتلا نیست، با حفظ رعایت پروتکل‌های بهداشتی، مجوز تردد کوتاه‌مدت برای فرد باید صادر شود.	ارائه مجوز تردد کوتاه‌مدت به گردشگرانی که سلامت آنان احرازشده است	سیاست‌گذاری صحیح جهت ساماندهی و گردشگری ایمن (G)
G2	دولت چطور یک سوپر مارکت بدون مجوز را سریع می‌بندد! یا یک پزشک قلابی را سریع دادگاهی و تحت پیگرد قرار می‌دهد! ولی کسب‌وکارهای بدون مجوز حوزه گردشگری از قبیل مراکز بوم‌گردی را پیگیری نمی‌کند؟ آن‌ها نه مجوزی دارند نه تخصصی، نه آموزشی دیده‌اند، نه هزینه زیادی کرده‌اند و نه استانداردها را رعایت می‌کنند ... با این اوضاع گردشگر به این مراکز می‌رود و پول زیادی هم به مراکز می‌دهند.. خب این به ضرر کسب‌وکارهای دارای مجوزه	برخورد قاطع و قانونی اداره کل گردشگری و سایر ارگان‌های ذی‌ربط جهت منع فعالیت کسب‌وکارهای بدون مجوز	
G3	مراکزی که دارای مجوز هستند باید از طرق مختلف مانند کلیپ، عکس و.. به‌صورت مجازی به گردشگران معرفی شوند.	معرفی مراکز دارای مجوز به گردشگران در سامانه	

کد	جملات کلیدی	مفهوم استخراج‌شده	طبقه محوری
G4	مشکل دیگر این است که دولت در شرایط قرمز مدتی به‌صورت سفت‌وسخت جلوی تردد را می‌گیرد و قوانینی وضع می‌کند؛ اما یهو به‌محض کاهش تعداد مبتلایان و خوب شدن اوضاع، دوباره شدت کنترل‌ها و نظارت‌ها یک‌باره کاهش می‌یابد. این کار باعث زمینه‌سازی برای موج و پیک جدید قوی‌تر و البته جهش‌یافته‌تر می‌شود. این روش صحیح نیست چون هم مردم بعد از یه مدت رعایت نمی‌کنند و شرایط عادی می‌شود و هم این که پیامدهای کوتاه‌مدت و بلندمدت زیادتری برای کسب‌وکارهای حوزه گردشگری دارد...	تداوم در اعمال قوانین در رنگ‌بندی‌های مختلف تا زمان خاموش شدن کامل کرونا	
G5	شاید قبل از کرونا تأکید می‌شد از وسایل حمل‌ونقل عمومی برای گردشگران استفاده شود اما الان با این وضعیت بهتر است از وسیله شخصی خود برای دیدن از آثار دیدنی استفاده کنند.	الزام گردشگران به رفت‌وآمد با ماشین‌های شخصی	
G6	... البته نباید حتی افراد سالم هم هر جایی بتوانند بروند بلکه فقط باید به مراکز بوم‌گردی مجاز معرفی شوند و صرفاً مجوز ورود به مناطق باز با تراکم پایین را داشته باشند.	ارائه مجوز به گردشگران سالم برای ورود به مراکز بوم‌گردی مجاز (مراکز باز با تراکم پایین)	

منبع: یافته‌های پژوهش.

۳-۱- مدل گردشگری ایمن تداوم فعالیت کسب‌وکارهای حوزه گردشگری در شرایط حین بحران با تأکید بر توسعه درون‌زا استان کرمانشاه

به‌منظور دستیابی به مدل پژوهش، از نتایج به‌دست‌آمده در کدگذاری محوری و انتخابی استفاده شد. این مدل شامل دو قسمت کلی فرایندهای قبل از سفر و حین و بعد از سفر می‌باشد. نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد در هر دو مرحله قبل و بعد از سفر باید رعایت اصول بهداشتی و سیاست‌گذاری صحیح از طرف ارگان‌های ذی‌ربط انجام گیرد تا از این طریق، گردشگری ایمن برای مسافران و گردشگران فراهم گردد. در مرحله قبل از سفر در کنار رعایت اصول بهداشتی و سیاست‌گذاری صحیح، اقدامات اقتصادی، زیرساختی- تکنولوژیکی و بازاریابی اهمیت فراوانی دارد در این زمینه پاسخگویان معتقد بودند باید کسب‌وکارهای گردشگری از نظر شرایط اقتصادی به حالت تعادل خود برگردند سپس باید زیرساخت‌ها و تکنولوژی‌های لازم جهت سازگاری با کروناویروس فراهم گردد و در نهایت باید اقدام به بازاریابی در فضای مجازی و جذب گردشگرانی که سلامت آنان احراز شده است، گردد. در مرحله دوم (یعنی حین و بعد از سفر) باید به صورت مداوم گردشگران و صاحبان کسب‌وکارها و اقدامات آنان مدیریت، نظارت و رصد شود و این اقدامات باید با هماهنگی و ارتباطات مناسب بین دست‌اندرکاران صورت گیرد و تمام این اقدامات باید در زیر چتر سیاست‌گذاری‌های صحیح و رعایت اصول بهداشتی انجام پذیرد. مدل پژوهش در شکل (۳) نشان داده شده است.



شکل ۳- مدل پژوهش؛ مدل گردشگری ایمن جهت تداوم فعالیت کسب‌وکارهای حوزه گردشگری در شرایط حین بحران با تأکید بر توسعه درون‌زا استان کرمانشاه (منبع: یافته‌های پژوهش).

نتایج نشان داد که سیاست‌گذاری‌ها هر چند که از نظر رعایت اصول بهداشتی به درستی تدوین و تصویب شده بودند اما سیاست‌گذاران با دید کوتاه‌مدت، کنترل شیوع ویروس را تدوین و تصویب نموده بودند و اعمال سیاست‌گذاری‌های سخت‌گیرانه صرفاً به زمان اوج شیوع کرونا و در اوج موج‌ها محدود گشته است و متأسفانه پس از تغییر در شرایط و بهبودی اولیه، محدودیت‌های کرونایی و نظارت‌ها به یک‌باره رها شده و زمینه را برای ایجاد موجی قوی‌تر فراهم نموده است. به عبارتی، در کنترل شیوع ویروس کرونا به زمان‌شناسی توجه خاصی نشده است و مسئولان در هر موج، زمانی به فکر ارائه راهکار و اجرای قوانین سفت و سخت پرداختند که موج شیوع گسترده اتفاق افتاده بود؛ درحالی‌که باید قبل از رسیدن به هر موج تصمیمات و برنامه‌ریزی‌های مناسب تدوین گردد. همچنین مسئله دیگری که در نقد سیاست‌گذاری‌های دولت در دوران کرونا می‌توان به آن اشاره داشت، شیوه اجرای قوانین

کرونایی از سمت دولت می‌باشد. درحالی‌که به دلیل شیوع گسترده این ویروس، مسئولان کشوری مدام "در خانه ماندن" و "رعایت فاصله‌گذاری اجتماعی" را به مردم توصیه می‌کنند، اما سیاست‌های درنظرگرفته شده، جریان را به سمتی پیش می‌برد که ناخودآگاه مردم را ناچار به عدم رعایت پروتکل‌های بهداشتی کرده است. به‌عنوان‌مثال "فروش مرغ با تعرفه دولتی" و "تسهیلات بانکی حمایتی ویژه یارانه بگیران" باعث ازدحام جمعیت شده و زمینه برای شیوع موجی قوی‌تر فراهم می‌کند. لذا عدم وجود دیدگاه سیستمی در زمینه کنترل شیوع ویروس کرونا آسیب فراوانی را به سایر سیستم‌ها بخصوص سیستم اقتصاد و به‌طور ویژه کسب‌وکارهای حوزه گردشگری وارد کرده و این امر می‌تواند تأثیر منفی بر روند توسعه استان کرمانشاه داشته باشد. در مدل ارائه‌شده در این پژوهش، تأکید اساسی بر ساماندهی کسب‌وکارهای گردشگری در شرایط بحران کرونا در استان کرمانشاه بود که تمرکز اصلی آن، بر داشتن نگاه سیستمی بین ابعاد مختلف اقتصادی، نظارتی، زیرساختی و ارتباطی در سایه قانون‌گذاری‌های درست و به‌موقع از طرف دولت و با رعایت کامل پروتکل‌های بهداشتی می‌باشد. این مدل در دو مرحله کلی اقدامات قبل از سفر و اقدامات حین و بعد از سفر ارائه‌شده است. در هر دو مرحله همواره باید بر رعایت اصول و پروتکل‌های بهداشتی و داشتن نگاه سیستمی در تدوین سیاست‌ها تأکید گردد.

نتایج پژوهش نشان داد مصاحبه‌شوندگان به بهبود وضعیت اقتصادی جامعه (گردشگران و صاحبان کسب‌وکارهای گردشگری) به‌عنوان راهکاری برای تداوم کسب‌وکارها اشاره داشتند؛ به‌طوری‌که بر این امر به‌عنوان پیش‌نیاز اساسی برای بهبود کسب‌وکارها تأکید شد. مصاحبه‌شوندگان بیان نمودند که باید علاوه بر بهبود وضعیت اقتصادی جامعه، وضعیت اقتصادی صاحبان مراکز گردشگری از طریق حمایت‌های دولتی مانند ارائه یارانه و وام‌های بحران بدون سود و با بازپرداخت بلندمدت در دوران پساکرونا به حالت تعادل خود برگردد. یافته‌های این بخش از پژوهش با یافته‌های هیراماتسو و مارشال (۲۰۱۸)؛ داهلس و سوسیلوواتی (۲۰۱۵) و خسروی و همکاران (۱۳۹۹) هم‌راستا می‌باشد. طبق نتایج حاصل از پژوهش، پس‌ازآنکه وضعیت اقتصادی صاحبان مراکز به حالت تعادل خود نزدیک شد، باید زیرساخت‌ها و تکنولوژی‌هایی که موجب سازگاری صاحبان کسب‌وکارهای گردشگری در شرایط بحران می‌شود؛ فراهم گردد. یافته‌های این بخش از پژوهش با یافته‌های گریتزل(۲۰۲۰) هم‌راستا می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر، باید از طریق سیاست‌گذاری‌های مناسب دولت و رعایت اصول بهداشتی، به جذب گردشگر اقدام گردد.

یافته‌ها حاکی از آن بود پس از بهبود وضعیت اقتصادی و فراهم آوردن زیرساخت‌های لازم جهت جذب گردشگران، باید بازاریابی مجازی مناسب تحت نظارت وزارت بهداشت و در راستای گردشگری ایمن و در بستر فناوری اطلاعات صورت گیرد. در این زمینه باید گفت مسلماً پس از وقوع هر بحرانی بخصوص اگر آن بحران موجب بروز اختلال در سلامتی انسان‌ها شده باشد، اعتماد مردم به‌طور فزاینده‌ای کاهش می‌یابد؛ به‌طوری‌که حتی پس

از اتمام بحران و بهبود شرایط، ترس و واهمه‌ای که در دل مردم وجـود دارد موجـب می‌شـود تـا مـدت‌ها بـه مراکـز مختلف گردشگری اعتمادی نداشته باشند. بر این اساس، لازم است سامانه‌ها و اپلیکیشن‌هایی طراحـی گـردد و مراکـز گردشگری که دارای مجوز رسمی فعالیت از سوی اداره کـل گردشـگری و وزارت بهداشـت هسـتند بـه گردشـگران معرفی شود. همچنین لازم است از طریق به تصویر کشیدن نحوه رعایـت پروتکل‌هـای بهداشـتی توسـط مراکـز دارای مجوز با استفاده از کلیپ‌ها و نشریه‌های دیجیتالی، زمینه اعتماد گردشگران فـراهم آیـد تـا از ایـن طریـق، دسـتیابی بـه گردشگری ایمن برای همگان فراهم شود.

همچنین طبق نتایج حاصل از این مطالعه، در سامانه طراحی‌شده، باید همواره به مدیریت و نظارت مسـتمر اهمیـت داده شود و این امر در کانون توجه قرار گیرد. چراکه ایـن پژوهشـگران در مطالعـه خـود بـه ایـن نتیجـه رسـیدند کـه صاحبان کسب‌وکارها پس از پاسخ‌های موقتی و واکنشی کوتاه‌مدت، باید از طریق تقویت زیرسـاخت‌های سـازگار بـا بحران، نظیر زیرساخت‌های فیزیکی، اطلاعاتی، نظارتی و بازاریابی، توانایی مشاغل را برای آمادگی و مقابله با ایـن بلایـا ارتقاء دهند. در پژوهش حاضر نیز نتایج نشان داد باید در حین سفر اقدامات مدیریتی– نظارتی نیز انجـام گیـرد و فقـط گردشگرانی در مراکز گردشگری پذیرفته شوند که ابتدا سلامتی آنان بصورت آنلـاین و سـپس بصـورت حضـوری در مراکز معتمد اداره کل گردشگری و وزارت بهداشت تأیید شود و سپس اقدام به رزرو آنان در مراکز ایمن و بـا نظـارت و حمایت‌های بهداشتی مستمر همراه با رعایت پروتکل‌های بهداشـتی شـود. البتـه نکتـه مهـم در ایـن زمینـه، وجـود هماهنگی و ارتباط قوی بین ارگان‌های ذی‌ربط است. باید تمام ارگان‌ها برای دستیابی به توسعه و گذر از ایـن شـرایط بحرانی، هم سو باشند. چراکه این بحران نیازمند وجود تلاش همگانی می‌باشد. بـه‌عنوان‌مثال همـه ارگان‌هـا ماننـد اداره گردشگری، پلیس راهور، اداره بهداشت و... باید به اطلاعات گردشگران که در سامانه ثبت‌شده اسـت دسترسـی داشـته باشند و پلیس راهور فقط برای افراد سالم مجوز تردد صـادر نمایـد. درواقـع لـازم اسـت بـا همـاهنگی بـین مراکـز و دستگاه‌های ذی‌ربط، به‌طور مداوم بر فعالیت گردشگران و مراکز گردشگری نظارت شود. ایـن فراینـد حتـی در دوران پس از سفر و تا حداقل یک هفته پس از سفر ادامه یابد و افراد در محل سکونت خود به مدت چند روز تسـت مـداوم از آنان گرفته شود تا از عدم ناقل بودن آنان اطمینان حاصل گردد.

٤- جمع‌بندی

این پژوهش ضمن انتقـاد از سیاسـت‌گذاری‌های تک‌بعـدی اعمال‌شـده، تلـاش دارد تـا از طریـق سیاسـت‌گذاری صحیح و نگاه سیستمی، با رعایت اصول و پروتکل‌های بهداشتی و با نظـارت و همـاهنگی دسـتگاه‌های ذی‌ربـط و از همه مهم‌تر به‌کارگیری فناوری‌های سازگار با گردشگری در بحران‌های بهداشتی بخصوص بحران کوویـد–۱۹، فرآینـد گردشگری استان کرمانشاه را ساماندهی و ایمن‌سازی کند و مدل کسب‌وکار آنان را بـا شـرایط کرونـایی بـازطراحی و سازگار نماید تا از این طریق، ضمن تداوم فعالیت مراکز گردشگری اسـتان در شـرایط حـین بحـران، زمینـه معرفـی و

به‌مراتب تقویت برند گردشگری استان محیا گردد و سهم بازار استان در جذب و پذیرش ایمن گردشگر در بین رقیب‌های ملی و بین‌المللی در شرایط حین و پس از کرونا افزایش یابد. مسلماً کرونا یک سری آثار و تبعات فرهنگی، اجتماعی، اقتصادی و ... به دنبال دارد و از نظر فرهنگی می‌تواند ارگان‌های ذی‌ربط را در سطح ملی و استانی در برابر دشمن مشترکی که کرونا نام دارد به وحدت برساند و از طریق ارائه راهکارهای منطقی و با داشتن نگاه سیستمی بر همه ابعاد جامعه، زمینه رشد و توسعه درون‌زای استان کرمانشاه را فراهم آورد؛ تا از این طریق بتواند از تهدید پیش‌آمده به‌عنوان فرصتی در جهت بهبود مشاغل مختلف در زمینه گردشگری به‌طور اخص و درآمدزایی در استان به‌طور اعم استفاده نماید. لذا پیشنهاد می‌شود برای دستیابی به این مهم، ۱) تصمیمات و سیاست‌گذاری‌ها به‌موقع و در چارچوب هماهنگی و ارتباط بین ارگان‌های ذی‌ربط انجام گیرد؛ ۲) هنگام تدوین سیاست‌ها، نگاه سیستمی و چندبعدی رعایت گردد و به‌گونه‌ای نباشد که تدوین یک سیاست جدید اجرای سیاست تدوین‌شده قبلی را نقض نماید؛ ۳) قوانین نظارتی و مدیریتی تا زمان بهبود کامل تداوم داشته باشد.

کتابنامه

اداره کل گردشگری، صنایع‌دستی و میراث فرهنگی استان کرمانشاه؛ ۱۳۹۹. آمار تعداد آثار باستانی ثبت شده در استان کرمانشاه. قابل دسترس در سایت: https://kermanshah.mcth.ir.

خبرگزاری تسنیم؛ ۱٤۰۰. روند بستری روزانه بیماران در کل کشور به‌ازای هر ۱۰۰ هزار نفر جمعیت. قابل‌دسترس در سایت: https://www.tasnimnews.com/fa/news/1400/01/24/2483776/.

خسروی، سالار؛ نجفی، امیر؛ مرجانی، محمدرضا؛ محمدی، نبی‌اله؛ ۱۳۹۹. بررسی رابطه بین مؤلفه‌های تاب‌آوری سازمانی با موفقیت و تداوم کسب‌وکار بانک‌ها. *مجله مدیریت توسعه و تحول*. شماره ٤۰، ۲۵–۳۲.

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان کرمانشاه؛ ۱۳۹۹. *سالنامه‌های آماری استان کرمانشاه*. قابل دسترس در سایت: https://www.amar.mpo-ksh.ir.

Barney G, Holton j., 2004. Remodeling Grounded Theory. Forum: Qualitative Social Research 5(2): 1-22

Baum T, Hai NTT., 2020. Hospitality, tourism, human rights and the impact of COVID-19. International Journal of Contemporary Hospitality Management 32(7): 2397–2407.

Bhaskara GI, Viachaslau F., 2021. The COVID-19 pandemic and organisational learning for disaster planning and management: A perspective of tourism businesses from a destination prone to consecutive disaster. Journal of Hospitality and Tourism Management 1(46): 364-375.

Breier A, Kallmuenzer A, Clauss T, Gast J, Kraus S, Tiberius V., 2021. The role of business model innovation in the hospitality industry during the COVID-19 crisis. International Journal of Hospitality Management 92(1): 102723.

Corbin J, Strauss A., 1990. Ground theory research procedures, canons and evaluative criteria. Qual. Sociol 13 (1): 3-21.

Corbin J, Strauss A., 2008. Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory (3rd Ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Dahles H, Susilowati TP., 2015. Business resilience in times of growth and crisis. Annals of Tourism Research 51: 34–50.

Fuchs C., 2020. Everyday life and everyday communication in coronavirus capitalism TripleC: communication, capitalism & critique. J Glob Sustain Inf Soc 18(1): 375–399.

Glaser BG, Strauss AL., 1967. The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research. Aldine Publications Company, New York.

Goodwin H., 2020. Latest developments in responsible tourism. Responsible Tourism Partnership. https://responsibletourismpartnership.org/2020/04/12/latest-developments-in-responsible-tourism-04-2020/.

Gossling S, Scott D, Hall CM., 2020. Pandemics, tourism and global change: A rapid assessment of COVID-19. Journal of Sustainable Tourism 29(1): 1–20.

Gretzel U, Fuchs M, Baggio R, Hoepken W, Law R, Neidhardt J, Pesonen J, Zanker M, Xiang Z., 2020. e-Tourism beyond COVID-19: a call for transformative research. Information Technology & Tourism 22: 187-203.

Hall CM, Scott D, Gossling S., 2020. Pandemics, transformations and tourism: Be careful what you wish for. Tourism geographies 22(3): 577-598.

Hiramatsu T, Marshall M., 2018. The Long-Term Impact of Disaster Loans: The Case of Small Businesses after Hurricane Katrina. Sustainability 10(7): 2364.

Ioannides D, Gyimóthy S., 2020. The COVID-19 crisis as an opportunity for escaping the unsustainable global tourism path. Tourism Geographies 22(3): 1–9.

Janssen M, van der Voort H., 2020. Agile and adaptive governance in crisis response: Lessons from the COVID-19 pandemic. International Journal of Information Management 55: 102180.

Jovanovic M, Mas A, Mesquida A, Lalic B., 2017. Transition of organizational roles in Agile Transformation Process: A Grounded Theory approach. Journal of Systems & Software 133(1): 174-194.

Khalid U, Okafo LE, Burzynska K., 2021. Does the size of the tourism sector influence the economic policy response to the COVID-19 pandemic?, Journal of Tourism 15(24): 1-20

Kimmelman C. 2020. The great empty: New York Times. https:// www.nytimes.com/ interactive/ 2020/03/23/world/coronavirus-great-empty.html.

Kirk CP, Rifkin LS. 2020. I'll Trade You Diamonds for Toilet Paper: Consumer Reacting, Coping and Adapting Behaviors in the COVID-19 Pandemic. Journal of Business Research 117: 124–131.

Liew VKS., 2020. The effect of novel coronavirus pandemic on tourism share prices. Journal of Tourism Futures 1(1): 1-6.

Liu Y, Lee JM, Lee C., 2020. The challenges and opportunities of a global health crisis: the management and business implications of COVID-19 from an Asian perspective. Asian Bus Manage 19: 277–297.

Mehrolia S, Alagarsamy S, Solaikutty VM., 2020. Customers response to online food delivery services during COVID-19 outbreak using binary logistic regression. International Journal of Consumer Studies 45: 396-408.

Milano C, Cheer JM, Novelli M. 2019. Overtourism: Excesses, discontents and measures in travel and tourism, CABI: 1-263.

Pan T, Shu F, Kitterlin-Lynch M, Beckman E., 2021. Perceptions of cruise travel during the COVID-19 pandemic: Market recovery strategies for cruise businesses in North America. Tourism Management 85: 104275.

Parnell D, Widdop P, Bond A, Wilson R., 2020. Covid-19, Networks and Sport. Managing Sport and Leisure in Press: 1-7
Priest h., 2002. An approach to the phenomenological analysis of data. News researchers 10(2): 50-63.
Qiu RTR, Park J, Li S, Song H., 2020. Social costs of tourism during the COVID-19 pandemic. Annals of Tourism Research 84: 102994.
Ratten V., 2020. Coronavirus (covid-19) and entrepreneurship: changing life and work landscape. Journal of Small Business & Entrepreneurship 32(5): 503-516.
Roser M, Ritchie H, Ortiz-Ospina E, Hasell J., 2020. Coronavirus Pandemic (COVID-19). Published online at Our World In Data.org. Retrieved from: ‘https:// ourworldindata.org/ coronavirus’.
Sharma GD, Mahendru M., 2020. Lives or livelihood: Insights from locked-down India due to COVID19. Social Sciences & Humanities Open 2(1): 100036.
Sharma GD, Thomas A, Paul J., 2021. Reviving tourism industry post-COVID-19: A resilience-based framework. Tourism Management Perspectives 37(1): 100786
UNWTO., 2020a. COVID-19: Putting people first. UNWTO. Avilable on: https:// www. unwto. org/ tourism-covid-19.
UNWTO., 2020b. International tourism numbers could fall 60–80% in 2020. [Press Release −7 May 2020]. Retrieved July 22, 2020, Avilable on: https://www.unwto.org/news/covid-19-international-tourist-numbers-could-fall-60-80-in-2020.
Williams CC., 2020. Impacts of the coronavirus pandemic on Europe’s tourism industry: Addressing tourism enterprises and workers in the undeclared economy. International Journal of Tourism Research 23(1): 79-88.
World Health Organisation (WHO). ,2020. Coronavirus Disease (COVID-19) outbreak. https:www.who.int/ emergencies/ diseases/novel-coronavirus-2019.
Xu S, Li Y., 2020. Beware of the second wave of COVID-19. The Lancet 395(1): 1321-1322.

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ سی و هشتم، تابستان ۱٤۰۰

صص ۱۸۳-۱٦۷

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.67813.1004

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر عملیات معدنکاری بر شهر بهارستان (نمونه موردی: معادن لاشتر در مجاورت شهر بهارستان)

فرشته مختاری[۱]- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و علوم برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

عباسعلی ولی - دانشیار بیابان‌زدایی، دانشگاه کاشان، کاشان، ایران.

مسعود معیری - دانشیار جغرافیا -ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

عباس امینی فسخودی - دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۲٦ **تاریخ بازنگری:** ۱٤۰۰/۲/۱۰ **تاریخ تصویب:** ۱٤۰۰/۲/۱۸

چکیده

مجموعه معادن فعال لاشتر در جنوب اصفهان و در مجاورت شهر بهارستان یکی از کانون‌های مهم معدنکاری در محدوده پارک ملی کلاه قاضی قلمداد می‌شود. وجود این معادن علاوه بر تأثیر در خصوصیات چشم‌اندازهای ژئومورفولوژی بر روی خصوصیات زیست‌محیطی سکونتگاه‌ها و مناطق همجوار اثرگذار است. بنابراین لازمه فعالیت‌های معدنکاری در این مناطق در نظر گرفتن ملاحظات چشم‌اندازهای ژئومورفولوژیکی منطقه به‌عنوان مهم‌ترین رکن زیستگاه‌های طبیعی و انسانی است. هدف این مطالعه بررسی تأثیر عملیات معدنکاری بر خصوصیات سکونتگاه‌ها و تغییر زندگی مردم منطقه و شهر است. این پژوهش از نوع توصیفی- تحلیلی است و با استفاده از پرسشنامه و به‌صورت میدانی انجام شده است. جامعه آماری این پژوهش کلیه خانوارهای شهر بهارستان در مجاورت مجموعه معادن لاشتر است. شاخص‌های نهایی تحقیق در سه گروه عمده شاخص‌های زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی به دست آمد. درنهایت با اجرای مدل آماری تحلیل عاملی بر روی هرکدام از سه گروه شاخص‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی به کمک نرم‌افزار SPSS، محتوای اطلاعاتی آن‌ها هرکدام در ۳ عامل زیربنایی خلاصه گردید و عواملی که بیشترین تأثیر زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی را بر شهر بهارستان داشته‌اند مشخص گردید.

کلیدواژه‌ها: معادن لاشتر، معدنکاری، توسعه پایدار، تحلیل عاملی، چشم‌انداز شهری، بهارستان.

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۳٦٤۸۹۹۸۲ Email: fmokhtari2@yahoo.com

۱- مقدمه

محیط‌زیست از ارکان توسعه پایدار در هر کشوری است. بدون توجه به مسئله محیط‌زیست منابع طبیعی و انسانی دچار نقصان شده و پیامدهای ناگواری را بر کره خاکی و حتی جوامع انسانی خواهد گذاشت. معدنکاری مواد لازم برای حیات و پیشرفت بشر را فراهم می‌کند و از طرفی با افزایش آلودگی‌ها امکان حیات و استفاده از محیط‌زیست سالم را از بشر سلب می‌کند. به همین جهت در بسیاری از کشورها، تأثیرات محیط‌زیستی عملیات معدنکاری موردبررسی قرار گرفته و درنهایت استانداردهایی در این زمینه برای فعالیت‌های معدنی و حدود آلودگی‌های مختلف حاصل از این صنعت در نظر گرفته شده است. با توجه به این‌که ایران یک کشور درحال‌توسعه است و برای پیشرفت خود نیازمند به توسعه معادن است؛ بنابراین برای توسعه پایدار صنعت معدن کشور لازم است تا جنبه‌های محیطزیستی صنایع معدنی کشور (با توجه به اقلیم کشور) مورد شناسایی قرار گیرد.

امروزه با توجه به گسترش روزافزون تقاضای انسان از محیط، معادن و منابع زمینی موردتوجه بهره‌برداران محیط قرار گرفته‌اند و با توجه به اینکه معادن و منابع زمینی از اجزاء چشم‌اندازهای طبیعی می‌باشند، بایستی فعالیت‌های انسان خصوصاً معدنکاری را مدنظر قرار داد. یکی از بحران‌های طبیعی یا به‌عبارتی‌دیگر مخاطرات طبیعی مناطق ایجاد نقاط بحران در خصوص مسائلی از قبیل فرسایش و رسوب و به‌تبع آن وجود سیلاب‌های مخرب است که این مخاطرات به‌گونه‌ای متأثر از عملیات آنتروپوژنیک هستند. از مهم‌ترین ارکان زندگی جوامع بشری احساس آرامش و اطمینان خصوصاً در دهه‌های اخیر است لذا هرگونه عملیات بهره‌برداری از منابع طبیعی ممکن است باعث بر هم خوردن تعامل سکونتگاهی و سلب آرامش مناطق حواشی آن گردد. امروزه با توجه به بهره‌برداری‌های بیش‌ازاندازه و خارج از اصول از معادن مبحث تأثیر این بهره‌برداری بر روی سکونتگاه‌های انسانی یکی از مباحثی است که نه‌تنها نباید نادیده گرفته شود بلکه می‌بایست به‌صورت جدی به این مسئله پرداخته شود. شهر جایی برای زندگی است، جدای از اینکه این منابع خدادادی متعلق به نسل‌های آینده است و بهره‌برداری اصولی و قانونمند از آن ضروری است، چشم‌انداز ایجاد شده و تأثیرات احتمالی نامطلوب آن بر سایر ویژگی‌های شهر و ضرورت دستیابی به توسعه پایدار یکی از نکاتی است که باید در نظر گرفته شود.

معدنکاری و صنایع وابسته به آن، اگرچه نقش ارزشمند و مثبتی در مؤلفه‌های اقتصادی و اجتماعی توسعه پایدار با ایجاد اشتغال و تولید ثروت دارد اما از جهت نقش آن در مؤلفه سوم توسعه پایدار، یعنی محیط‌زیست با انتقادهایی روبه‌رو است. همچنین با توجه به نیاز روزافزون جامعه جهانی به مواد معدنی، صنعت معدنکاری برای ادامه فعالیت‌های خود با چالش‌هایی روبه‌رو است که ازجمله آن‌ها می‌توان به بازیابی کانی‌ها و فلزات، حفظ محیط‌زیست و مسئولیت اجتماعی آن اشاره کرد. در کشورهای درحال‌توسعه به‌ویژه ایران که دارای منابع غنی معدنی است، درصورتی‌که به مؤلفه‌های توسعه پایدار در صنعت معدنکاری توجه نشود، نه‌تنها سبب پیشرفت نمی‌شود بلکه باعث

عقب‌ماندگی اجتماعی و اقتصادی می‌شود (پورمیرزائی، ۱۳۹٦). معدنکاری ازجمله فعالیت‌های توسعه‌ای انسان است که بر بوم نظام‌ها تأثیرگذار است. در مدیریت پایدار سرزمین، شناخت تغییرهای بوم‌شناختی عملیات معدنکاری، بسیار مهم و یکی از راهکارهای مناسب برای ارزیابی وضعیت آسیب‌پذیری بوم‌شناختی (اکولوژیک) است (موسویان و همکاران). تشخیص فعالیت‌های زیانبار انسان در گذشته و حال، نیاز به تأمین محیطزیست سالم برای بقای انسان، به پژوهش‌های گسترده در ارتباط با مشکلات زیست‌محیطی، ارائه درس‌هایی در زمینه محیطزیست در دانشگاه‌ها، تشکیل گروه‌های مختلف و حتی احزاب سیاسی متفق در مسائل زیست‌محیطی و درنهایت وضع قانون‌هایی برای پیشگیری از انهدام محیطزیست و چشم‌انداز توسط فعالیت‌های بشر منجر شده است (کریگ و همکاران[1]، ۱۳۸۸).

محققین در این مطالعه‌این هدف را دنبال کرده‌اند که آیا فعالیت‌های معدنکاری در توسعه و گسترش شهر بهارستان تأثیر داشته است، و اگر داشته است عوامل مؤثر اصلی آن کدام است؟ معدنکاری چه تأثیرات اجتماعی و اقتصادی بر سکونتگاه‌های مجاور خواهد داشت؟ عملیات معدنکاری و بهره‌برداری از معادن تا چه حد در چشم‌انداز شهری مؤثر خواهد بود؟

برزگر و مسعودی (۱۳۹۸)، ابراهیم‌آبادی (۱۳۹٤)، آذری و ردایی (۱۳۸۹)، گرامی و سلطانی (۱۳۸۹)، حافظی مقدس و دیگران (۱۳۸۷)، کامکار (۱۳۸٤)، امینی (۱۳۷۵)، زادیوسفی (۱۳٦۷)، انحصاری کوهبنانی (۱۳۷٤)، سیاوشی (۷٤-۷۳) پژوهش‌های داخلی را در خصوص موضوع موردمطالعه انجام داده‌اند. این پژوهش‌ها صرفاً به تأثیر فعالیت‌های معدنکاری بر روی جنبه‌های زیست‌محیطی پرداخته‌اند و از تأثیر این فعالیت‌ها بر روی شهرها، زندگی شهری و چشم‌اندازهای شهری غافل مانده‌اند. درحالی‌که پژوهش حاضر به‌صورت اختصاصی، تأثیر فعالیت‌های معدنکاری بر روی چشم‌اندازها و زندگی شهری را بررسی نموده است. مابی و همکاران[2] (۲۰۲۰)، گیتریا و آنیفاد[3] (۲۰۲۰)، ایگناتوس[4] (۲۰۰۹)، مدبری و مور[5] (۲۰۰٤) در پژوهش‌هایی تأثیر آنتروپوژنیک و فعالیت‌های انسانی را بر محیطزیست و چشم‌اندازهای سکونتگاه‌های انسانی حاشیه معادن بررسی کرده‌اند.

۲- مواد و روش

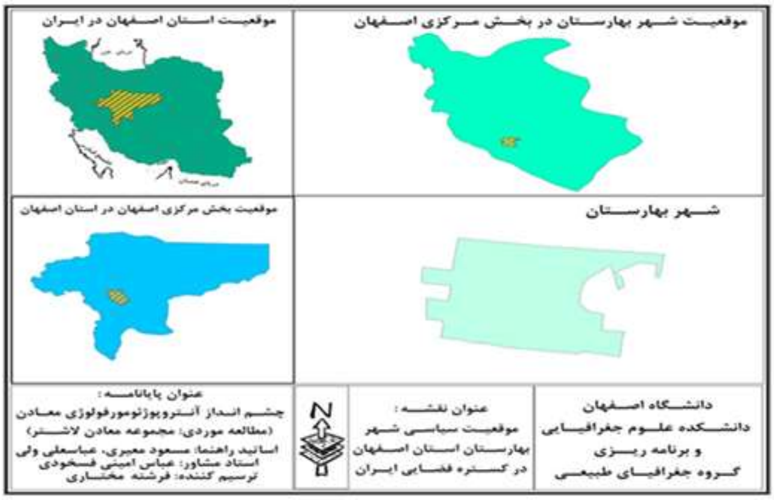
۲-۱- موقعیت منطقه موردمطالعه

شهر جدید بهارستان ازجمله شهرهای جدیدی است که بر اساس طرح جامع منطقه‌ای اصفهان بر اساس مصوبه شورای عالی شهرسازی استان در سال ۱۳٦۲ برای توسعه ناپیوسته در فاصله ۱۵ کیلومتری جنوب شهر اصفهان و در

1 Craig et al
2 Mabey et al
3 Githiria & Onifade
4 Ignatius
5 Modabberi & Moore

دامنه کوه-های لاش‌تر طراحی و احداث شده است. جذب سرریز جمعیتی شهر و منطقه اصفهان، تعادل فضایی منطقه، ارائه مسکن، جلوگیری از تخریب اراضی کشاورزی و اشتغال‌زایی مهم‌ترین اهداف تعریف شده در طرح جامع منطقه اصفهان برای ایجاد این شهر است (جهانبخش، ۱۳۸٤). این شهر در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ٤۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۷ دقیقه با شیب متوسط ۲ تا ۳ درصد قرار گرفته است. ارتفاع این شهر از سطح دریا ۱۵۷۰ متر است (باقری، ۱۳۸٦). شکل ۱ موقعیت شهر بهارستان را در استان اصفهان نشان می‌دهد.

.



شکل ۱- نقشه موقعیت سیاسی شهر بهارستان (ترسیم: نگارندگان)

بر اساس آمارنامه سال ۱۳۸۵ ارائه شده توسط اداره آمار کشور جمعیت بهارستان در سال ۱۳۸۵ معادل ٤۵۵۳۸ نفر و تعداد خانوار ۱۲۷۹٦ است. و طبق سرشماری سال ۱۳۹۰ جمعیت شهر بهارستان ٦٤۰۰۰ است که از این تعداد ٤۹/۹ درصد آن زن و از ۵۰/۱ درصد جمعیت مرد می‌باشد. میانگین سنی جمعیت ۲۷/۲٤ سال و میانه آن ۲٤ است و این بدان معنی است که ۵۰ درصد جمعیت را کسانی که بیش از ۲٤ سال دارند تشکیل می‌دهد و ۵۰ درصد نیز در سنین پائین تر از ۲٤ سال قرار دارند. آب‌وهوای بهارستان گرم و خشک است که حداقل دمای آن در سردترین روزهای زمستان ۱۳- درجه سانتی‌گراد و گرم‌ترین حد آن تا ٤۰ درجه سانتی‌گراد در روزهای تابستان است. میزان بارندگی در شهر بهارستان به ۱۲۰- ۱۱۵ میلی‌متر در سال می‌رسد (شهرداری بهارستان، ۱۳۹۱).

۲-۲- روش انجام پژوهش

گالتون دانشمند اواخر قرن نوزدهم و آغاز قرن بیستم کسی بود که بنیان‌های اولیه تحلیل عاملی را بنیان نهاد (حکمت نیا و موسوی، ۱۳۸۵). مدل تحلیل عاملی روشی مناسب برای خلاصه و طبقه‌بندی نمودن اطلاعات زیادی است. خلاصه نمودن اطلاعات در این روش به ترتیب صورت می‌پذیرد که نتیجه خلاصه از نظر مفهوم معنی‌دار است

(طالبی و زنگی‌آبادی، ۱۳۸۰). این روش به بررسی همبستگی درونی تعداد زیـادی از متغیرهـا مـی‌پـردازد و درنهایـت آن‌ها را در قالب عامل‌های عمومی محدودی دسته‌بندی کرده و تبیین می‌کند (کلانتری، ۱۳۸۷). تحلیـل عـاملی یکـی از روش‌های آماری چند متغیره است که بین مجموعه فراوانی از متغیرها که به‌ظاهر بی‌ارتبـاط هسـتند، رابطـه خاصـی را تحت یک مدل فرضی برقرار می‌کند (منصورفر، ۱۳۸۷). بدین ترتیب که با انتخاب ویژگی‌های خاصی به‌مثابـه عوامـل گوناگونی که دارای میزان‌های متفاوت در مناطق مختلف می‌باشند و با محاسبه‌ی ضریب همبسـتگی متقابـل بـین ایـن عوامل در مناطق مختلف، مجموعه‌های مناسب و موردنظر منطقه‌ها را از میان آن‌ها کـه نزدیکـی و قرابـت بیشـتری بـه یکدیگر دارند، انتخاب می‌کند (معصومی اشکوری، ۱۳۸۵). به‌عبارت‌دیگر، تحلیل عاملی درصـدد اسـت تـا متغیرهـای اساسی و به عبارتی عامل‌هایی را شناسایی کنـد کـه الگـوی همبسـتگی موجـود در مجموعـه‌ای از داده‌هـا را توضـیح می‌دهند. در این راستا اغلب، تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای کاهش داده‌ها و شناسایی تعداد محدودی از عامل‌ها بـه کـار می‌رود. عامل‌های مذکور، بیشترِ واریانس مشاهده شده در مجموعه بزرگ داده‌های اولیه را توضیح می‌دهنـد (جیـو و همکاران[1]، ۲۰۰٤). وزن‌های اختصاص یافته به شاخص‌ها بـه‌طور مسـتقیم بـه همبسـتگی بـین متغیرهـا بسـتگی دارد، به‌طوری‌که هر چه همبستگی یک متغیر با سایر متغیرها بیشتر باشد، وزن بالـایی نیـز بـدان تعلـق مـی‌گیـرد (کلـانتری، ۱۳۸۰). سه دلیل برای جایگزین کردن عوامل به جای متغیرها وجود دارد: شناسـایی متغیرهـایی کـه همبسـتگی بالـایی دارند، کم کردن تعداد متغیرهای موردمطالعه و سازمان‌دهی مجدد داده‌ها به‌صـورت یـک فـرم جدیـد (جوهانسـتون[2]، ۱۹۸٦). در تحلیل عاملی استخراج عامل‌ها با استفاده از ماتریس همبستگی صـورت مـی‌گیـرد. بـا اسـتفاده از مـاتریس عاملی، عوامل مشترک و اهمیت نسبی هر یک از شاخص‌ها معلوم می‌گردد. در تحلیـل عـاملی، در اتصـال شـاخص‌ها در عوامل، شاخص‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرند که ضریب همبستگی آن‌ها بالـای ۰/۵ باشـد (آندرسـون[3]، ۱۹۵۸).

با توجه به‌عنوان و موضوع، روش شناسایی و متغیرهای تحقیـق، متغیرهـای موردمطالعـه در دو حـوزه کلـی عملیـات معدنکاری و شاخص‌های توسعه‌ای شهر بهارستان به کمک پرسشنامه در نمونه آماری جمع‌آوری گردیـد و سـپس بـا تکنیک آماری تحلیل عاملی عامل‌های زیربنائی را اسـتخراج کـردیم. در ابتـدا داده‌هـای حاصـل از پـژوهش در سـطح توصیفی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند و میانگین و انحراف استاندارد متغیرها موردبررسی قرار گرفـت. سـپس بـرای بررسی فرضیه‌های تحقیق از تحلیل عاملی گام‌به‌گام در جهت تعیین عامل‌های اصـلی اسـتفاده شـد. در ایـن مطالعـه از نرم‌افزار SPSS-19 برای تحلیـل داده‌هـا اسـتفاده گردیـد. پرسشـنامه تـأثیر معـدنکاری بـر روی سـکونتگاه‌ها بـا نظـر کارشناسان طراحی گردید. سؤالات در طیف لیکرت پنج گزینه‌ای از بسیار زیاد تا بسیار کم از ۱ تا ۵ نمره‌گـذاری شـد. در این پرسشنامه ٤٦ مؤلفه تأثیر معدنکاری بر روی سکونتگاه‌های انسـانی، در سـه زمینـه زیسـت‌محیطی، اقتصـادی و

1 Guo et al
2 Johnston
3 Anderson

اجتماعی موردبررسی قرار گرفت که در هنگام تجزیه‌وتحلیل تعدادی از این سؤالات به دلیل ضعیف بودن حذف گردید. درنهایت ۳۷ متغیر مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. این پژوهش از نوع توصیفی- تحلیلی است و به‌صورت میدانی انجام شده است. جامعه آماری این پژوهش کلیه خانوارهای شهر بهارستان در مجاورت مجموعه معادن لاشتر بودند. به علت دسترسی شهر بهارستان به‌عنوان نزدیک‌ترین سکونتگاه به مجموعه معادن لاشتر، این شهر به‌عنوان جامعه آماری در این پژوهش در نظر گرفته شد. بررسی فرضیه‌های تحقیق نیازمند انتخاب شاخص‌ها و مدل‌های تجزیه‌وتحلیل مناسبی با آن فرضیه‌ها است.

۲-۳- معرفی متغیّرها

مجموعه شاخص‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- مجموعه شاخص‌های زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی شناسایی شده

شاخص‌های زیست‌محیطی	شاخص‌های اجتماعی	شاخص‌های اقتصادی
آلودگی‌های زیست‌محیطی تغییر چشم‌اندازهای طبیعی (ژئومورفولوژی) آلودگی آب‌ها کیفیت خاک‌ها ایجاد زباله افزایش فرسایش و رسوب‌گذاری تولید باطله افزایش آلودگی محیط‌زیست پراکندگی حیات‌وحش کاهش کیفیت مراتع طبیعی بر هم خوردن نظم اراضی ایجاد فضای سبز لحاظ نمودن ملاحظات چشم‌انداز تخریب ساختار و عملکرد اکوسیستم‌های طبیعی تخریب زیست‌گاه‌های طبیعی تغییر چهره زمین در حین عملیات معدنکاری افزایش کپه‌های مواد معدنی در مسیر رفت‌وآمد تغییر چشم‌انداز منطقه در طول مدت اقامت پوشش گیاهی منطقه کیفیت آب‌های زیرزمینی	تأثیر چشم‌اندازهای زمین در روحیه و روان تأثیر بر نحوه معیشت آلودگی‌های صوتی و افزایش سر و صدا تأثیر عملیات معدنکاری، در روحیه و روان تأثیر معادن بر محیط اجتماعی تأثیر کاهش سلامتی افراد استفاده از تکنیک انفجاری افزایش صداهای انفجاری	رونق اقتصادی منطقه رکود فعالیت کشاورزی افزایش حمل‌ونقل و تردد توسعه محل سکونت افزایش درآمد ساکنین منطقه قابل استفاده بودن باطله افزایش اشتغال افزایش فعالیت‌های عمرانی توسعه جاده‌های حمل‌ونقل

۳- بحث و نتیجه‌گیری

پس از مشخص شدن روش تحقیق و منطقه موردمطالعه، یافته‌های تحقیق در سه بخش زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی ارائه می‌شود.

۳-۱- تحلیل عاملی و تلخیص مجموعه شاخص‌های سه گروه به سازه‌ها و عوامل زیربنائی

ابتدا با وارد کردن ۲۰ متغیر زیست‌محیطی، نتایج حاصل از استخراج عامل‌ها بر اساس تجزیه بـه مؤلفـه‌های اصـلی و به کمک نرم‌افزار SPSS، به شرح جداول زیر به دست آمد. بر اساس آزمون کیسر میر، معیار KMO برابـر بـا ۰/۵۸۳ به‌دست آمد و معنادار است که نشان از اعتبار اجرایی این آزمون است. بر اساس جدول ۲ ملاحظـه می‌شـود ۷ مـورد از عوامل استخراجی دارای مقدار ویژه بیشتر از ۱ بودند و درمجموع ۰/۵۷ واریانس را تبیـین می‌کننـد؛ امـا مراجعـه بـه نتایج بارهای عاملی نشان داد که تنها بارگیری ۳ عامل اول از متغیرها معنی‌دار و دارای اهمیت بـوده اسـت. بنـابراین در جدول ۳ تنها این ۳ عامل گزارش شده است و همان‌طور کـه ملاحظـه می‌شـود ایـن ۳ عامـل در مجمـوع ٤۰ درصـد واریانس را تبیین می‌کنند. گرچه در این تحلیل تعداد عامل‌هایی که مقدار ویژه بیشتر از ۱ داشتند بیش از ۳ مـورد بـوده ولی این مقدار قابل توجه نبوده است و عموماً بر یک متغیر بار شده‌اند و آن‌هم متغیرهایی که اشاره به بهبـودی اوضـاع داشته است. به‌عنوان‌مثال عامل چهارم با ضریب منفی تنها از یک متغیر بارگیری کرده است که اشاره بـه بهبـود کیفیـت آب‌-های زیرزمینی با وجود معدنکاری دارد که این نتیجه به‌خودی‌خود قابل توجه است. با توجه بـه مـاتریس عوامـل ناچرخیده که حاوی ضرایب شاخص‌های معرفی شده در عامل‌های اسـتخراجی اسـت، اهمیـت و نقـش هـر یـک از شاخص‌ها را در شکل‌گیری عامل‌ها نشان می‌دهد و به‌عبارت‌دیگر بیـانگر بـارگیری عامل‌هـا از شاخص‌هاسـت کـه از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به دست آمده‌اند. جهت روشن شدن ماهیـت عامل‌هـای اسـتخراج شـده و در نتیجـه امکان نام‌گذاری آن‌ها، نحوه بارگیری هرکدام از مجموعه شاخص‌های اولیه را موردتوجه و ملاحظه قرار می‌دهیم.

جدول ۲- عامل‌های استخراج شده، مقادیر ویژه و درصد تبیین واریانس از مجموعه شاخص‌های زیست‌محیطی

عوامل	مقادیر ویژه اولیه			مجموع ضرایب فاکتور چرخش داده نشده		
	مجموع	تبیین واریانس٪	تجمعی٪	مجموع	تبیین واریانس٪	تجمعی٪
۱	۲/۸۵۸	٤/۲۹۲	۱٤/۲۹۲	۲/۸۵۸	۱٤/۲۹۲	۱٤/۲۹۲
۲	۱/۷۹۹	۸/۹۹٦	۲۳/۲۸۹	۱/۷۹۹	۸/۹۹٦	۲۳/۲۸۹
۳	۱/٥۸	۷/۹۰۲	۳۱/۱۹۱	۱/٥۸	۷/۹۰۲	۳۱/۱۹۱
٤	۱/٥۱٤	۷/٥۷۱	۳۸/۷٦۲	۱/٥۱٤	۷/٥۷۱	۳۸/۷٦۲
٥	۱/۲۷٤	٦/۳٦۹	٤٥/۱۳۱	۱/۲۷٤	٦/۳٦۹	٤٥/۱۳۱
٦	۱/۲٤٦	٦/۲۳۱	٥۱/۳٦۱	۱/۲٤٦	٦/۲۳۱	٥۱/۳٦۱
۷	۱/۱۲۲	٥/٦۱۲	٥٦/۹۷۳	۱/۱۲۲	٥/٦۱۲	٥٦/۹۷۳
۸	۰/۹۹۹	٤/۹۹٥	٦۱/۹٦۸			
۹	۰/۹۲۸	٤/٦۳۹	٦٦/٦۰۷			
۱۰	۰/۸۷۸	٤/۳۸۸	۷۰/۹۹٥			
۱۱	۰/۸٥٥	٤/۲۷٦	۷٥/۲۷۱			
۱۲	۰/۷۹٥	۳/۹۷۳	۷۹/۲٤٤			
۱۳	۰/٦۹۸	۳/٤۹۲	۸۲/۷۳٦			
۱٤	۰/٦۳۸	۳/۱۸۹	۸٥/۹۲٥			
۱٥	۰/٥۸	۲/۹۰۱	۸۸/۸۲٦			
۱٦	۰/٥۳٥	۲/٦۷٤	۹۱/٥			
۱۷	۰/٤۸۹	۲/٤٤٤	۹۳/۹٤٤			
۱۸	۰/٤٥۹	۲/۲۹۳	۹٦/۲۳۸			
۱۹	۰/٤۳	۲/۱٥۱	۹۸/۳۸۸			
۲۰	۰/۳۲۲	۱/٦۱۲	۱۰۰			

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۳ موسوم به ماتریس عوامل ناچرخیده که حاوی ضرایب شاخص‌های معرفی شده در عامل‌های استخراجی است، اهمیت و نقش هر یک از شاخص‌ها را در شکل‌گیری عامل‌ها نشان می‌دهد و به عبارت دیگر بیانگر بارگیری عامل‌ها از شاخص‌هاست که از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به دست آمده‌اند.

جدول ۳- بارگیری عامل‌های استخراجی از شاخص‌ها (ماتریس عوامل ناچرخیده)

متغیرها (شاخص‌های) اولیه	عامل‌ها		
	۱	۲	۳
آلودگی‌های زیست‌محیطی			
تغییر چشم‌اندازهای طبیعی (ژئومورفولوژی)			

متغیرها (شاخص‌های) اولیه	**عامل‌ها**		
	۱	**۲**	**۳**
آلودگی آب‌ها		۰/۶۷۸	
کیفیت خاک‌ها			۰/۵۲۷
ایجاد زباله			
افزایش فرسایش و رسوب‌گذاری			
تولید باطله		۰/۵۴۰	
افزایش آلودگی محیط‌زیست			
پراکندگی حیات‌وحش			
کاهش کیفیت مراتع طبیعی			
بر هم خوردن نظم اراضی			
ایجاد فضای سبز			
لحاظ نمودن ملاحظات چشم‌انداز	۰/۵۴۰		
تخریب ساختار اکوسیستم‌های طبیعی			
تخریب زیست‌گاه‌های طبیعی			
تغییر چهره زمین در حین عملیات معدنکاری			
افزایش کپه‌های مواد معدنی در مسیر رفت و آمد			
تغییر چشم‌انداز منطقه	۰/۵۱۱		
پوشش گیاهی منطقه			
کیفیت آب‌های زیرزمینی			

منبع: یافته‌های تحقیق

بر این اساس با توجه به‌وضوح ساختار عامل‌ها، بدون پرداختن به چرخش عاملی (Factor Rotation) بـه بررسـی ساختار عامل‌ها به شرح زیر خواهیم پرداخت.

در این تحلیل مهم‌ترین عوامـل، عامـل اول کـه از متغیرهـای (تغییـر چشـم‌اندازهای طبیعـی و ژئومورفولـوژی) و (لحاظ نمودن ملاحظات چشم‌انداز) بارگیری کرده است. عامـل دوم از متغیرهـای (آلـودگی آب‌هـا) و (تولیـد باطلـه) بارگیری کرده و عامل سوم نیز از متغیر ۱۳(کیفیت خاک‌ها) بارگیری کرده است. جدول ۲ بـارگیری ایـن عامل‌هـا را از شاخص‌ها نشان می‌دهد. نکته قابل ذکر در این جدول این است که تنها مقادیر بارهای عاملی بزرگ‌تـر از ۰/۵ گـزارش شدند، این امر به دلیل سهولت تحلیل عامل‌ها و نام‌گذاری آن‌هـا صـورت گرفتـه و از گـزارش سـایر بارهـای عـاملی صرف‌نظر شده است.

به‌این‌ترتیب ۳ عامل اصلی به دست آمد که به ترتیب با عنوان تغییر چشم‌انداز، آلودگی محیط و منابع خاک نام‌گذاری شدند.

با وارد کردن ۸ متغیر اجتماعی در مدل تحلیل عاملی، نتایج حاصل از استخراج عامل‌ها بر اساس تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به دست آمد. بر اساس آزمون کیسر میر، معیار KMO شاخص‌های اجتماعی ۰/۵۹۵ می‌باشد و معنادار است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود سه عامل اول دارای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از ۱ بوده و جمعاً ۵۳/۱۳ درصد از واریانس مجموع ۸ معیار اجتماعی را تبیین می‌کنند که درصد قابل قبول و بسیار بالایی به‌حساب می‌آید. جهت روشن شدن ماهیت عامل‌های استخراج شده و در نتیجه امکان نام‌گذاری آن‌ها، هر دو ماتریس چرخیده و ناچرخیده سه عامل را معرفی می‌کنند ولی چرخش عاملی ساختار واضح‌تری را نشان می‌دهد. جدول ٤ نحوه بارگیری هرکدام از مجموعه شاخص‌های اولیه را در قالب ماتریس عوامل چرخیده شده با روش چرخش متعامد واریماکس نشان می‌دهد.

جدول ٤- عامل‌های استخراج شده، مقادیر ویژه و درصد تبیین واریانس آن‌ها از مجموعه شاخص‌های اجتماعی

عوامل	مقادیر ویژه اولیه			مجموع ضرایب فاکتور چرخش داده نشده		
	مجموع	تبیین واریانس٪	تجمعی٪	مجموع	تبیین واریانس٪	تجمعی٪
۱	۱/۸٦۹	۲۳/۳٦۷	۲۳/۳٦۷	۱/۷۹٥	۲۲/٤۳٦	۲۲/٤۳٦
۲	۱/۳٥۳	۱٦/۹۱۲	٤۰/۲۷۹	۱/۳۷۰	۱۷/۱۱۹	۳۹/٥٥٥
۳	۱/۰۲۸	۱۲/۸٥٤	٥۳/۱۳۳	۱/۰۸٦	۱۳/٥۷۹	٥۳/۱۳۳
٤	۰/۹۹٤	۱۲/٤۲٦	٦٥/٥٥۹			
٥	۰/۸٦۹	۱۰/۸٦٥	۷٦/٤۲٥			
٦	۰/۷۳۱	۹/۱۳۲	۸٥/٥٥۷			
۷	۰/٦٥٤	۸/۱۷۷	۹۳/۷۳٤			
۸	۰/٥۰۱	٦/۲٦٦	۱۰۰			

منبع: یافته‌های تحقیق

با توجه به چرخش عاملی انجام شده و بر اساس بارهای عاملی جدول فوق، بارگیری و ساختار عاملی بدین گونه می‌باشد. گرچه همه این عوامل از مقادیر ویژه بزرگ‌تر از واحد برخوردار هستند ولی اهمیت و نقش عامل اول با درصد تبیین ۲۲/٤۳ درصد که از متغیرهای (تأثیر چشم‌اندازهای زمین در روحیه و روان)، (استفاده از تکنیک انفجاری) و (افزایش صداهای انفجاری) بارگیری کرده است و عامل دوم با درصد تبیین ۱۷/۱۲ درصد که از متغیرهای (تأثیر عملیات معدنکاری، در روحیه و روان) و (تأثیر در کاهش سلامتی افراد) بارگیری کرده است بیشتر از عامل سوم (با درصد تبیین ۱۳/٥۸ درصد) که متغیر (تأثیر معادن بر محیط اطراف) بارگیری کرده است، می‌باشد.

در جدول ۵ تنها مقادیر بارهای عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ گزارش شدند، این امر به دلیل سهولت تحلیل عامل‌ها و نام‌گذاری آن‌ها صورت گرفته و از گزارش سایر بارهای عاملی صرف‌نظر شده است.

جدول ۵- بارگیری عامل‌های استخراجی از شاخص‌ها (ماتریس عوامل چرخیده شده)

متغیرها (شاخص‌های) اولیه	عامل‌ها		
	۱	۲	۳
تأثیر چشم‌اندازهای زمین در روحیه و روان	۰/۵۳٤		
تأثیر بر نحوه معیشت			
آلودگی‌های صوتی و افزایش سر و صدا			
تأثیر عملیات معدنکاری، در روحیه و روان		۰/۷۸۲	
تأثیر معادن بر محیط اجتماعی			۰/۷۰۱
تأثیر کاهش سلامتی افراد		۰/٦۷۰	
استفاده از تکنیک انفجاری	۰/۷۲٤		
افزایش صداهای انفجاری	۰/۸۲۵		

منبع: یافته‌های تحقیق

درنهایت عامل‌های اصلی نام‌گذاری می‌شوند. عامل اول با عنوان آلودگی صوتی، عامل دوم با عنوان تأثیر در سلامتی و عامل سوم با عنوان تأثیر در محیط اجتماعی نام‌گذاری شدند.

در ادامه ۹ عامل اقتصادی نیز وارد مدل تحلیل عاملی شده و با پیگیری روند فوق، محتوای اطلاعاتی این دسته از شاخص‌ها نیز در تعداد محدودی سازه‌های عاملی خلاصه شد. معیار KMO در شاخص‌های اقتصادی ۰/٦۵۷ بوده و معنی‌دار می‌باشد. از تلخیص این دسته از متغیرها نیز ۳ عامل از میان مؤلفه‌های اصلی حاصل، دارای مقادیر ویژه بزرگ‌تر از واحد هستند و جمعاً در حدود ۵۷/۵۰ درصد از واریانس مجموعه شاخص‌های اولیه را تبیین می‌کنند. این بار سهم عامل اول (۲۵/٦۵)، سهم عامل دوم (١٦/۸۳) و عامل سوم (۱۵/۰۲) می‌باشد. تأثیرات اقتصادی در هر دو صورت، هم چرخش عاملی و هم بدون چرخش استخراج می‌شود و در هر دو حالت یکسان است. عامل اول از متغیرهای (رونق اقتصادی منطقه)، (توسعه جاده‌های مواصلاتی)، (افزایش درآمد ساکنین منطقه) و (افزایش اشتغال) بارگیری کرده است، عامل دوم نیز از متغیرهای (قابل استفاده بودن باطله) و (افزایش فعالیت‌های عمرانی) و عامل سوم از متغیرهای (رکود فعالیت کشاورزی) و (افزایش حمل‌ونقل) بارگیری می‌کند. جدول ٦ نحوه بارگیری هرکدام از مجموعه شاخص‌های اولیه را در قالب ماتریس عوامل چرخیده شده با روش چرخش متعامد واریماکس نشان می‌دهد.

جدول ٦- عامل‌های استخراج شده، مقادیر ویژه و درصد تبیین واریانس از مجموعه شاخص‌های اقتصادی

عوامل	مقادیر ویژه اولیه			مجموع ضرایب فاکتور چرخش داده نشده		
	مجموع	تبیین واریانس٪	تجمعی٪	مجموع	تبیین واریانس٪	تجمعی٪
۱	۲/٦۳۱	۲۹/۲۳٦	۲۹/۲۳٦	۲/۳۰۸	۲٥/٦٥	۲٥/٦٥
۲	۱/٤٤۳	۱٦/۰۳٦	٤٥/۲۷۳	۱/٥۱٥	۱٦/۸۳	٤۲/٤۷۹
۳	۱/۱۰۱	۱۲/۲۳۱	٥۷/٥۰۳	۱/۳٥۲	۱٥/۰۲٤	٥۷/٥۰۳
٤	۰/۹۱٦	۱۰/۱۸۳	٦۷/٦۸٦			
٥	۰/۸٤۷	۹/٤۱	۷۷/۰۹٦			
٦	۰/٦۹۰	۷/٦٦٥	۸٤/۷٦۲			
۷	۰/٥٥۳	٦/۱٤	۹۰/۹۰۲			
۸	۰/٤٥۸	٥/۰۸٦	۹٥/۹۸۸			
۹	۰/۳٦۱	٤/۰۱۲	۱۰۰			

منبع: یافته‌های تحقیق

در جدول ۷ تنها مقادیر بارهای عاملی بزرگ‌تر از ۰/٥ گزارش شدند، این امر به دلیل سهولت تحلیل عامل‌ها و نام‌گذاری آن‌ها صورت گرفته و از گزارش سایر بارهای عاملی صرف‌نظر شده است.

جدول ۷- بارگیری عامل‌های استخراجی از شاخص‌ها (ماتریس عوامل چرخیده شده)

متغیرها (شاخص‌های) اولیه	عامل‌ها		
	۱	۲	۳
رونق اقتصادی منطقه	۰/٥٥۱		
رکود فعالیت کشاورزی			۰/٥۲۳
تأثیر بر افزایش حمل‌ونقل و تردد			۰/۸۷٤
توسعه محل سکونت			
افزایش درآمد ساکنین منطقه	۰/٦۱٥		
قابل استفاده بودن باطله		۰/۸۱٤	
افزایش اشتغال	۰/۷۷۱		
افزایش فعالیت‌های عمرانی		۰/٦۹۸	
توسعه جاده‌های مواصلاتی	۰/۸٥۰		

منبع: یافته‌های تحقیق

درنهایت عامل‌های اصلی، عامل اول با عنوان رونق اقتصادی، عامل دوم با عنوان افزایش فعالیت‌های عمرانی و عامل سوم رکود فعالیت کشاورزی نام‌گذاری شدند.

٤- جمع بندی

تجزیه‌وتحلیل پرسشنامه سکونتگاه و نتیجه تجزیه‌وتحلیل آماری شاخص‌های برگرفته از کار میدانی از تأثیرات مثبت و منفی عملیات معدنکاری بر روی شهر و مردم بهارستان حکایت دارد. تأثیرات زیست‌محیطی همچون تغییر چشم‌اندازهای طبیعی، ایجاد باطله و ضایعات، تأثیرات اجتماعی همچون آلودگی صوتی و تأثیر در سلامتی و تأثیرات اقتصادی همچون رونق اقتصادی و افزایش فعالیت‌های عمرانی شهر ازجمله تأثیرات فعالیت معدنکاری مجموعه معادن لاشتر در نزدیکی شهر بهارستان می‌باشد. از آنجایی که بهارستان ازجمله شهرهای جدیدی است که در نزدیکی شهر اصفهان و با هدف جذب سرریز جمعیت احداث شده است، در نظر گرفتن اصول توسعه پایدار برای توسعه این شهر جدید ضروری است. این در حالی است که ممکن است در آینده‌ای نزدیک، بهره‌برداری غیر اصولی از معادن لاشتر، به بسیاری از جنبه‌های توسعه پایدار این شهر لطمه‌هایی را وارد کند.

در کشور ایران منابع معدنی به‌عنوان یک فرصت برای پیشرفت و توسعه کشوراند اما وضعیت صنعت معدنکاری ایران در مؤلفه‌های مختلف توسعه پایدار، در مقایسه با سایر کشورهای معدنی وضعیت مناسبی ندارد. برای آنکه صنعت معدنکاری بتواند یک صنعت پایدار باشد و نقش خود را در توسعه پایدار ایفا کند، تعریف یک چارچوب کلی و جامع برای آن بسیار مهم است. معادن برای ادامه فعالیت خود در ایران با چالش‌های اساسی در حوزه‌های مختلف مانند محیط‌زیست، مصرف انرژی، ایمنی و بهداشت رو به رو هستند. در این راستا، مدیریت صحیح پساب‌های کارخانه‌های فرآوری، توجه بیشتر به تحقیق و توسعه، سرمایه گذاری در زمینه استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر، برگزاری دوره‌های بازآموزی برای نیروی کار از راهکارهای مهم برای بهبود وضعیت موجود است.

همچنین مسئولیت اجتماعی صنعت معدنکاری یکی از ارکان اصلی در دستیابی به توسعه پایدار است. در تمام کشورهای توسعه یافته و صاحب نام در صنعت معدنکاری، در هنگام تعارض معدنکاری با مؤلفه‌های توسعه پایدار سعی شده با همکاری تمام دستگاه‌های متولی و نیز معدنکاران به یک راهکار عملی در چارچوب مفاهیم توسعه پایدار دست یابند. به نظر می‌رسد برای نهادینه کردن توسعه پایدار در صنعت معدنکاری کشور تأسیس کارگروه توسعه پایدار برای معادن، در سازمان نظام مهندسی معدن کشور به منظور ارزیابی عملکرد و برنامه‌ریزی مدون در زمینه آموزش مفاهیم توسعه پایدار اهمیت ویژه‌ای دارد (پورمیرزائی، ١٣٩٦).

اهمیت پایداری جوامع بشری و توسعه پایدار آن‌ها، توجه به مسائل متعدد بهره‌برداری از منابع طبیعی و زمینی را ضروری می‌سازد. لذا نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند در جهت ایجاد نگرشی همه جانبه و یکپارچه بر سیستم‌های طبیعی و انسانی باشد.

در پایان باید گفت گریز از فعالیت‌های معدنی جهت بهبود وضعیت چشم‌اندازهای طبیعی و زندگی مردم ممکن نیست از این رو بایستی به سیاست‌گذاری‌ها و برنامه‌ریزی‌های مجزا و منفک توسعه شهری و توسعه فعالیت‌های

معدنی خاتمه داد و به نوعی سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی جدید، در زمینه توسعه شهری و توسعه فعالیت‌های معدنی که مبتنی بر ارتباط سیستمی این دو مقوله است، دست یازید.

۵- پیشنهادها

جهت تکمیل نتایج تحقیق می‌توان پیشنهاد داد که در آینده مطالعاتی در زمینه تأثیر معدنکاری بر صنعت توریسم انجام گردد. به نظر می‌رسد با بازسازی معادن پس از بهره‌برداری و تعطیل شدن معدن، افزایش کارایی مصرف مواد معدنی، استفاده محیط‌های تخریب شده به‌عنوان مکان‌های ضروری خارج از سکونتگاه، تثبیت نمودن باطله‌های حاصل از معدنکاری به روش‌های گوناگون، استفاده از تکنیک‌های انهدام مواد زائد و برهم زننده طبیعت و کاربرد استانداردهای زیست‌محیطی بین‌المللی ازجمله پیشنهادهای علمی جهت کاهش تأثیرات مخرب عملیات معدنکاری بر روی طبیعت و سکونتگاه‌ها باشد. همچنین پیشنهاد می‌گردد جهت کنترل هر چه بهتر این تأثیرات اقدامات مدیریتی نظیر وضع مقررات سخت‌تر در مورد تخلیه باطله‌های عملیات معدنکاری، برنامه‌های بهبود و بهسازی اراضی جهت کاهش صدمات فرسایش، اتخاذ سیاست‌ها و تدابیری جهت جلوگیری از تغییر کاربری اراضی در منطقه اتخاذ گردد.

کتابنامه

ابراهیم آبادی، آرش؛ ۱۳۹٤. مدیریت اثرات سوء زیست‌محیطی ناشی از معدن کاری با استفاده از روش‌های تصمیم گیری چند معیاره فازی (مطالعه موردی: منطقه معدنی چادرملو). *فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط‌زیست*. سال نهم، شماره ۳۲. پاییز.

امینی، آرش؛ ۱۳۷۵. فرسایش و رسوب در معادن روباز. سمینار ملی فرسایش و رسوب. ۵۷- ۳۵.

انحصاری کوهبنانی، علیرضا؛ ۱۳۷٤. *تأثیر معادن زغال سنگ بر توسعه شهرستان زرند و منطقه کوهبنان*. دکتر ایران غازی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا. دانشگاه اصفهان. گروه جغرافیا.

آذری دهکردی، فرود و مهجبین ردایی؛ ۱۳۸۹. ارزیابی آثار محیط‌زیستی بهره‌برداری از معدن سرب و روی در منطقه حفاظت شده کالمند_ بهادران. چهارمین کنفرانس ملی روز جهانی محیط‌زیست. نقش اقتصاد سبز در مدیریت محیط‌زیست. ۲۰۲.

برزگر، سعیده. مسعود مسعودی؛ ۱۳۹۸. ارزیابی شدت تخریب منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل اصلاحی بیابان زایی IMDPA و GIS در دشت شیراز استان فارس. *علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*. دوره بیست و یک. شماره ۳. خرداد.

پورمیرزائی، ر؛ ۱۳۹٦. بررسی نقش صنعت معدنکاری و منابع معدنی در توسعه پایدار کشور. *مهندسی منابع معدنی*. ۲(۳). ۸۱–۹۲.

جهانبخش هرندی، محمد؛ ۱۳۸٤. تولد یک شهر (پژوهشی بر شکل گیری شهر جدید). اصفهان: انتشارات گلبن. ۱۷٤ صفحه.

حافظی مقدس، ناصر غلامحسین، کاظمی. حمیدرضا، امیری مقدم. رضا، سنچولی و فاطمه سادات، حجازی نژاد؛ ۱۳۸۷. اثرات زیست‌محیطی معدنکاری در منطقه اولنگ استان گلستان (جنوب رامیان). *علوم زمین*. ۱۰۸– ۱۰۳.

حکمت نیا، حسن و میر نجف موسوی؛ ۱۳۸۵. کاربرد مدل در جغرافیا با تأکید بر برنامه‌ریزی شهری و ناحیه‌ای، یزد: انتشارات علم نوین. ۳۲۰ صفحه.

زاد یوسفی، یوسف؛ ۱۳٦۷. تحقیقات آماری در مقوله ایمنی و حوادث ناشی از کار در معادن ایران. کرمان. دومین سمپوزیوم معدنکاری ایران.

سیاوشی، فرزانه؛ ۱۳۷٤–۱۳۷۳. *تأثیر معادن سنگ در زندگی اقتصادی-اجتماعی مردم شهرستان الیگودرز*. دکتر صمد کلانتری. پایان‌نامه کارشناسی علوم اجتماعی دانشگاه اصفهان.

شهرداری بهارستان؛ ۱۳۹۱. مدیریت بحران سازمان شهرداری بهارستان. آمار سرشماری.

طالبی، هوشنگ و علی زنگی‌آبادی؛ ۱۳۸۰. تحلیل شاخص‌ها و تعیین عوامل مؤثر در متدولوژی توسعه انسانی شهرهای بزرگ کشور، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*.٦۰. مشهد.

کامکار روحانی، ابوالقاسم؛ ۱۳۸٤. بررسی آلودگی زیست‌محیطی ناشی از باطله‌های معادن طلا– آنتیموان منطقه هیل گرو در شمال نیوساوث ولز استرالیا. دومین کنفرانس معادن روباز ایران. ۲۸۵– ۲۷۷.

کریگ، جیمز آر. دیوید جی، ووگان و برایان جی، اسکینر؛ ۱۳۸۸. *منابع زمین، منشأ، کاربرد و اثرات زیست‌محیطی*. ترجمه فرید مٌر و فاطمه راست منش. تهران: مرکز نشر دانشگاهی. ٥٦٤ صفحه.

کلانتری، خلیل؛ ۱۳۸۰. برنامه‌ریزی و توسعه منطقه‌ای، چاپ اول. تهران: انتشارات خوشبین و انواردانش. ۲۸۰ صفحه.

گرامی، محمد مهدی و ابراهیم سلطانی لرگانی؛ ۱۳۸۹. بررسی اثرات تخریبی زیست‌محیطی معدن ذغال سنگ گلند رود و کارخانه ذغالشویی چمستان. چهارمین کنفرانس ملی روز جهانی محیطزیست، نقش اقتصاد سبز در مدیریت محیطزیست. ۲۰۳.

معصومی اشکوری، سید حسن؛ ۱۳۸۵. *اصول و مبانی برنامه‌ریزی منطقه‌ای*. تهران: انتشارات پیام. ۳۲٦ صفحه.

منصورفر، کریم؛ ۱۳۸۷. *روش‌های پیشرفته آماری*. چاپ دوم. موسسه انتشارات دانشگاه تهران. ٤٥۹ صفحه.

موسویان، سید محمدمهدی. ولی، عباسعلی. سید حجت موسوی؛ ۱۳۹۹. ارزیابی تأثیر واگذاری معادن بر وضعیت آسیب پذیری بوم نظام‌های شهرستان طبس. *نشریه علمی-پژوهشی مدیریت بیابان*. شماره ۱۵. صص ۱٦۱–۱۷۸.

Anderson, T. W., 1958. Introduction to Multivariate Statistical Analysis, John wiley & Sons, New York.

Githiria, Joseph Muchiri & Moshood Onifade., 2020. The impact of mining on sustainable practices and the traditional culture of developing countries. Journal of Environmental Studies and Sciences volume 10, pages394–410

Guo, H. L. Wang and P. K. K. Louie., 2004. Souce apportionment of ambient nonmethane hydrocarbons in Hong Kong. Application of a principal component scores (PCA/ APCS) veceptor model, Environmental pollution, NO(129): 489-498.

http://www.ngdir.ir

Ignatius, A.M., 2009. The impacts of anthropogenic factors on the environment in Nigeria. Journal of Environmental Management 90: 1422-1426.

Johnston, R. J., 1986. Multirariate Statistical Analysis in Geography: a primer on the general liner model, Longman, New York.

Mabey. Prince T. Li, Wei. Sundufu. Abu J and Akhtar H. Lashari., 2020. Environmental Impacts: Local Perspectives of Selected Mining Edge Communities in Sierra Leone. MDPI Journal/ Sustainability. https://www.mdpi.com/2071-1050/12/14/5525.

Modabberi, S., F. Moore., 2004. Environmental Geology. Vol46. No. 6-7. 796-807.

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ سی و هشتم، تابستان ۱٤۰۰

صص ۲۰۳– ۱۸۵

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.69395.1034

مقاله پژوهشی

تحلیل تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در فضاهای شهری با رویکرد عدالت فضایی (نمونهٔ مطالعه: شهر قائم‌شهر)

ابوالفضل مشکینی– دانشیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

میلاد حسنعلی‌زاده [۱]– دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲٤ تاریخ بازنگری: ۱٤۰۰/۲/۹ تاریخ تصویب: ۱٤۰۰/۲/۱۸

چکیده

عدالت فضایی به معنی توزیع عادلانه منابع و فرصت‌های باارزش در فضای جامعه است. تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی یکی از مهم‌ترین عناصر و عوامل دستیابی به توسعهٔ پایدار مبتنی بر عدالت فراگیر است. بی‌عدالتی در توزیع شاخص‌های مسکونی یکی از موضوعات محوری در مطالعات اجتماعی و نیز یکی از مهم‌ترین ابعاد ملموس بی‌عدالتی فضایی است. هدف این پژوهش نیز تحلیل تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در محله‌های شهر قائم‌شهر با رویکرد عدالت فضایی است. پژوهش حاضر بر اساس هدف از نوع کاربردی و بر اساس روش از نوع ترکیبی است. گردآوری اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی صورت گرفته است. داده‌های مربوط به شاخص‌های مسکونی از بلوک‌های آماری شهر قائم‌شهر در سال ۱۳۹۵ استخراج شده است. شاخص‌های مسکونی در سطح محله در محیط نرم‌افزار Excel ثبت و برای وزن‌دهی به شاخص‌های مسکونی از مدل آنتروپی و برای تحلیل تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی از مدل واسپاس استفاده شده است. سپس نقشهٔ تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در سطح محله‌های شهر قائم‌شهر در محیط نرم‌افزار Arc gis ترسیم شده است. نتایج مدل واسپاس نمایان کرده است که محلهٔ ۷ بیشترین و محلهٔ ۱۲ کمترین میزان تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی را به خود اختصاص داده‌اند. همچنین نتایج نشان داد که کل شهر قائم‌شهر نیز به لحاظ شاخص‌های مسکونی تاب‌آوری متوسطی دارد. بر اساس نقشهٔ ترسیم شده نیز، بی‌عدالتی فضایی در تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در محله‌های شهر قائم‌شهر

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۳۵۹۸٦۹۱۷۹ Email: milad.hasanalizadeh@znu.ac.ir

به‌وضوح مشخص شده است، به‌طوری‌که ۱۰ محله از ۲۰ محلهٔ شهر قائم‌شهر شامل محله‌های ۱۲، ۱۷، ۱٦، ۸، ۱۹، ٦، ۲۰، ۱، ۱۰ و ۱۱ از بی‌عدالتی در تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی رنج می‌برند.

کلیدواژه‌ها: عدالت فضایی، تاب‌آوری، شاخص‌های مسکونی، شهر قائم‌شهر.

۱- مقدمه

با تحولات جمعیتی در سطح جهان و به‌ویژه رشد شتابان شهرها و افزایش تقاضا برای مسکن، تحولات مسکن نیز شتاب بی‌سابقه‌ای گرفته است و مشکلات فراوانی ازجمله کمبود مسکن را به وجود آورد (زیران و همکاران، ۱۳۹۸). درنتیجه تحولات در ابعاد کمی و کیفی مسکن، داشتن یک سرپناه مناسب در زندگی از اهمیت خاصی برخوردار شد (حیدری مقدم و همکاران، ۱۳۹۸). کاربری مسکونی به‌عنوان مهم‌ترین و حساس‌ترین عرصه در هر شهر با متوسط حدود ۵۰ درصد از سطح کاربری‌های شهری و با داشتن شرایط فیزیکی و غیر فیزیکی (تراکم انسانی و ...) حاکم بر آن در پیامدهای رویدادهایی مخاطره‌آمیز بسیار تعیین‌کننده است (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۷). امروزه بیشتر شهرها و جوامع سکونتگاهی در مکان‌هایی بنا شده‌اند که در معرض وقوع انواع سوانح طبیعی و یا به دلیل پیشرفت-های تکنولوژی در معرض انواع سوانح انسان‌ساخت هستند. بنابراین، توجه به تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در شهرها و شناسایی میزان تاب‌آوری و به‌تبع آن بهبود این شاخص‌ها در مواجه با حوادث و مخاطرات احتمالی اهمیت بسیاری دارد (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۷). امروزه مسئله مسکن ازجمله مسائلی است که بشر با آن دست‌به‌گریبان بوده (محمدی یگانه و همکاران، ۱۳۹٦) و حل این مسئله نقش مهمی در ترقی انسان دارد (کینگ و همکاران[1]، ۲۰۰۵). مشکل مسکن موضوعی است که امروزه همهٔ کشورها را متناسب با شرایطشان، گرفتار ساخته است (سانگ و ونگ[2]، ۲۰۰۹). گزارش نهایی کمیسیون برانت، آشکارا بخش مسکن را به‌عنوان یکی از کلیدی‌ترین نیازهای کشورهای درحال‌توسعه شناخت (رهنما و کمانداری، ۱۳۹٤). شاخص‌های مسکن در اکثر کشورهای درحال‌توسعه، وضعیت مناسبی ندارند (بول[3]، ۱۹۹۸). امروزه مسکن و موضوعات مرتبط با آن به‌عنوان موضوعاتی جهانی در نظر گرفته می-شود، و برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران کشورهای مختلف در پی حل مشکلات مربوط به آن هستند (باکلی و جری[4]، ۲۰۰۵). در کشورهای درحال‌توسعه به دلایل مختلف، این مسئله به‌صورتی حاد و بحرانی درآمده است (ابوالمجد و همکاران[5]، ۲۰۱۳). در ایران مانند سایر کشورهای درحال‌توسعه (فنی و همکاران، ۱۳۹٦)، با گسترش شهرنشینی سریع و به‌خصوص سیل مهاجرتی از روستاها به شهرها، نیاز به مسکن به یکی از مهم‌ترین نیازهای جمعیتی شهری تبدیل شده است (میرکتولی و آریان کیا، ۱۳۹٦). در ایران عوامل متعددی از درون و بیرون بر عامل مسکن اثر گذاشته است

1 King et al
2 Sang & Wong
3 Bull
4 Buckley & Jerry
5 Abouelmagd et al

(استفان[1]، ۲۰۰۹). بخش مسکن در ایران همواره به‌عنوان یکی از معضـلات مهـم کشـور مطـرح بـوده اسـت (دشـتی و ملک‌زاده بافقی، ۱۳۹۸). مقوله مسکن در ایران با معضلاتی نظیر کـاربرد مصـالح کـم‌دوام فرسـودگی مسـاکن و بالـابودن تعداد واحدهای فرسوده در بافت شهری و روستایی، ناقص بودن بسیاری از واحدهای مسکن مهـر، کـم شـدن نقـش دولت در ساختار مسکن و تمایل بیشتر مردم به مالکیت مسکن مواجـه شـده (مـرادی و همکـاران، ۱۳۹۷) و مسـکن و وضعیت کمی و کیفی آن، به‌عنوان عاملی حساس و اثرگذار معرفی شده است (شمس و گمـار، ۱۳۹٤). در ایـن شـرایط مخاطراتی طبیعی از قبیل زلزله و سیل می‌تواند معضلات و مشکلات نامبرده را در واحدهای مسـکونی شـهرها تشـدید کند. ازاین‌رو سنجش میزان تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در سطح شهرها ضروری به نظر می‌رسد. شـهر قائم‌شـهر نیز طی چند دهه گذشته با رشد شتابان جمعیت مواجه بـوده و مهـاجرت روزافـزون از روسـتاهای اطـراف بـه شـهر قائم‌شهر، علاوه بر مشکل کمبود مسکن مناسب و تاب‌آوری پایین شاخص‌های مسکونی در محله‌هـای حاشـیه شـهر، موجب زوال زمین‌های کشاورزی حاصلخیز اطراف شهر در اثر شکل‌گیری پدیـدهٔ حاشـیه‌نشـینی، فقـدان برنامـه‌ریزی اصولی جهت تأمین مسکن و رشد پراکنده و افسارگسیخته شهری شده است. برای اینکه شـناخت کلـی و عمـومی از وضعیت تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در شـهر قائم‌شـهر بـرای مـدیران و برنامـه‌ریـزان شـهری حاصـل شـود و همچنین محله‌های با تاب‌آوری مسکونی پایین‌تر و دارای اولویت به لحاظ برنامـه‌ریـزی شناسـایی و در اولویـت قـرار گیرند، انجام این پژوهش ضرورت پیدا می‌کند. بنـابراین هـدف ایـن پـژوهش نیـز تحلیـل تـاب‌آوری شـاخص‌هـای مسکونی در محله‌های شهر قائم‌شهر است تا مسئولان و مدیران این شهر ضمن آگاهی لازم از بی‌عدالتی در توزیـع ایـن شاخص‌ها، بتوانند در راستای ساماندهی و توزیع فضایی عادلانه شاخص‌های مسکونی در محلـه‌هـای شـهر، اقـدام بـه برنامه‌ریزی کاربردی نمایند؛ ازاین‌رو پژوهش حاضر در پی پاسخ‌گویی به این سؤالات است: وضـعیت شـهر قائم‌شـهر به لحاظ تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی چگونه است؟ کدام‌یک از محله‌های شهر قائم‌شـهر از بـی‌عـدالتی در تـاب-آوری شاخص‌های مسکونی رنج می‌برند؟

عدالت فضایی به معنی توزیع عادلانه منابع و فرصت‌های باارزش در فضای جامعه اسـت (سـوجا[2]، ۲۰۰۸). عـدالت فضایی، شاخه‌ای از عدالت اجتماعی است که مرکز اصلی برنامه‌ریزی شهری نیز محسوب مـی‌شـود. عـدالت فضـایی، وضعیت محلات را از نظر شیوهٔ توزیع خدمات و میزان برخورداری از شاخص‌های مختلـف اقتصـادی ز اجتمـاعی و زیربنایی بررسی می‌کند (تابعی و همکاران، ۱۳۹۵). عدالت فضایی بر این باور است که فضاهای گونـاگون سـکونتگاهی، نمود عینی و فضایی ارادهٔ آگاهانه یا ناآگاهانهٔ انسان‌ها، نهادهای مختلف سیاسی و اجتماعی و نظام بوروکراتیـک، نظـام-های اجرایی و قانونی، سیاست‌گذاری‌های کلان ملی، مدیریت محلی و منطقه‌ای است. عدالت فضایی طبق ایـده‌ای کـه از عدالت اجتماعی گرفته شده است به این معناست که باید ساکنینی در هر جایی که زنـدگی مـی‌کننـد، بـه‌طور برابـر

1 Stefan
2 Soja

رفتار شود (روستایی و علیزاده یوالاری، ۱۳۹۹). مفهوم عدالت فضایی به صـورت نمـود عینـی عـدالت اجتمـاعی اسـت (سـوجا، ۲۰۱۰). به زبان ساده، عدالت فضایی ارتباط دهنـدۀ عـدالت اجتمـاعی و فضاسـت (دافـاکس[1]، ۲۰۰۸). عـدالت فضایی نقطۀ تلاقی فضا و عدالت اجتماعی است؛ در نتیجه هـم عـدالت و هـم بـی‌عـدالتی در فضـا نمایـان مـی‌شـود. ازاین‌رو، تجزیه‌وتحلیل برهم‌کنش بین فضا و اجتماع در فهم بی‌عدالتی‌های اجتماعی و چگونگی تنظـیم سیاسـت‌هـای برنامه‌ریزی برای کاهش یا حل آن‌ها ضروری است (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۱). بنابراین، عدالت فضایی مبنای رسـیدن به هدفی بزرگ‌تر یعنی عدالت اجتماعی و اقتصـادی و بـه‌عبارت‌دیگر رسـیدن بـه عـدالت اجتمـاعی اسـت (تـابعی و همکاران، ۱۳۹۵).

مسکن نسبت به سایر کالاها به دلیل ویژگی‌هایی مانند غیرقابل جایگزین بودن، سرمایه‌ای بـودن، بـادوام و پرهزینـه بودن و غیرمنقول بودن، یکی از معیارهای اصلی سنجش عدالت فضایی اسـت (گلنـت و رابینسـون[2]، ۲۰۱۱). تـاب‌آوری شاخص‌های مسکونی مسکن یکی از مهم‌ترین عناصر و عوامل دستیابی به توسعۀ پایدار مبتنی بر عدالت فراگیـر اسـت (زیاری و همکاران، ۱۳۹۵). بی‌عدالتی در توزیع مسکن یکی از موضوعات محوری در مطالعات اجتماعی و نیـز یکـی از مهم‌ترین ابعاد ملموس بی‌عدالتی اجتماعی است (هوانگ و جیانگ[3]، ۲۰۰۹). در بیشتر کشـورهای درحال‌توسـعه، تهـی-دستان شهری و اغلب گروه‌های با درآمد متوسط، برای دستیابی به زمین و مسکن مجبور می‌شوند، بـه بیـرون از بـازار رسمی گام نهند (فنی و بشیری، ۱۳۸۹). بی‌عدالتی در توزیع مسکن هنگامی پدید می‌آید که مسکن با سازه‌هـای ضـعیف ساخته شود، به‌عنوان‌مثال چادر و ساختمان‌های نامناسب، زیر استاندارد و فاقد خدمات و امکانـات اساسـی، ماننـد آب، برق و سیستم فاضلاب و همچنین دارای تراکم بیش‌ازحد جمعیت باشد (هـا[4]، ۲۰۰٤). ازایـن‌رو مسـئله مسـکن عمـدتاً دامن‌گیر اقشار و طبقات کم‌درآمد و با درآمد متوسط می‌شود و منجر به تحمیل هزینـه‌هـای بالـای مسـکن بـر بودجـه خانوارهای شهری می‌شود (شاهیوندی و همکاران، ۱۳۹۳).

سکونتگاه‌های شهری از لحاظ بسـیاری از اسـتانداردها و شـاخص‌هـای مسـکن در سـطح پـایینی قـرار دارنـد و شناسایی این شاخص‌ها و دسترسی به خدمات اساسی شـهری، اهمیـت ویـژه‌ای در امـر برنامـه‌ریـزی دارد (یزدانـی و همکاران، ۱۳۹۸). شاخص‌های مسکن به‌سادگی و با وضوح کافی جنبه‌ها و ابعاد کمی و کیفـی مسـکن را در شـرایط و وضعیت موجود و یا در هر مقطع و شرایط دیگری کـه مـدنظر باشـد، نشـان مـی‌دهنـد (حسـینی و همکـاران، ۱۳۹۷). مهم‌ترین کاربرد این شاخص‌ها، بالا بردن سطح اطلاعات موجود و شناخت شرایط سکونتی ساکنان است، به‌طـوری‌کـه تصمیم‌گیران بتوانند تأثیر مسکن را بر زندگی ساکنان به‌صورت دقیق‌تر و بهتر ارزیابی و تعیین کنند (مـرادی و همکـاران، ۱۳۹۷). شاخص‌های مسکن می‌توانند بر اساس شرایط گوناگون اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی منطقه یـا کشـور تغییـر

1 Dufaux
2 Gallent & Robinson
3 Huang & Jiang
4 Ha

کنند (لی و همکاران[1]، ۲۰۱٦). شاخص‌هایی مثل نحوهٔ تصرف واحد مسکونی، مساحت و سطح زیربنای واحد مسکونی، اسکلت ساختمان، نوع مصالح و مالکیت واحد مسکونی در زمرهٔ شاخص‌های مهم مسکن قرار می‌گیرند (بهراد و همکاران، ۱۳۹۸). وجود مخاطراتی ازجمله زلزله، سیل، طوفان و ... موجب تشدید ناکارآمدی واحدهای مسکونی فرسوده و غیراستاندارد خواهد شد (پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۷). با روند افزایش جمعیت شهری، آمادگی مدیریت شهری در برخورد با سوانح طبیعی و افزایش تاب‌آوری به‌ویژه در حوزهٔ مسکن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین حوزه‌های تاب‌آوری از اهمیت بسیاری برخوردار است. امروزه موضوع تاب‌آوری مسکن در جوامع شهری از مهم-ترین مباحث تاب‌آوری شهری محسوب می‌شود، زیرا سطح قابل‌توجهی از شهرها به کاربری مسکونی اختصاص دارد. همچنین، اکثر ساعات زندگی مردم با مسکن و فعالیت‌های مرتبط با آن گره‌خورده و بالطبع جمعیت زیادی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (شاهیوندی و همکاران، ۱۳۹۹). شاخص‌های مسکونی از قبیل نوع مسکن، جنس مصالح، مقاومت بنا، کیفیت و قدمت بنا، مالکیت، نوع ساخت‌وساز، تراکم محیط ساخته شده و ... در میزان تاب‌آوری مسکن مؤثر هستند (رضایی و همکاران، ۱۳۹۲). در زمینهٔ تحلیل تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی چندین پژوهش انجام شده است که چند مورد از مهم‌ترین آن‌ها به‌طور خلاصه در جدول شمارهٔ ۱ ارائه شده است. نوآوری پژوهش حاضر نسبت به سایر مطالعات انجام شده، استفاده از مدل واسپاس برای تحلیل تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در محله-های شهر قائم‌شهر است.

جدول ۱- خلاصهٔ مطالعات انجام گرفته در زمینهٔ تحلیل شاخص‌های مسکونی

مطالعه	سال	نتیجه
پیتری و همکاران	۲۰۱۹	٤٤ شاخص معتبر و قابل‌اعتماد برای برنامه‌ریزی مسکونی پایدار در حومه اندونزی انتخاب شده است.
اُکتای و موزو	۲۰۱۷	در منطقهٔ یولا نیجریه مسکن مناسب به‌طور کامل در دسترس همگان قرار ندارد.
لی و همکاران	۲۰۱٦	۵۵ شاخص را برای تحلیل کیفیت مسکن اجتماعی در ویتنام معرفی کردند.
اوگون‌لی	۲۰۱۳	۵۳ درصد از مساکن محله‌های مرکزی ایالت آکور نیجریه فاقد استانداردهای اولیه است.
امانوئل	۲۰۱۳	کیفیت مسکن گروه‌های کم‌درآمدها پایین است.
نیک‌پور و همکاران	۱۳۹۹	محلات با فرم میانی و پراکنده دارای بدمسکنی در شهر بابل هستند.
روستایی و علی‌زاده	۱۳۹۹	دوگانگی فضایی و تفاوت در برخورداری از شاخص‌های مسکونی در شهر ارومیه نمایان است.
محمودزاده و همکاران	۱۳۹۹	فاصلهٔ طبقاتی و دوگانگی فضایی در شاخص‌های مسکونی در محله‌های شهر تبریز نمایان است.
سامی و کرباسی	۱۳۹۹	٤۲ درصد از محلات شهر مراغه به لحاظ شاخص‌های مسکونی در وضعیت نامتعادل قرار دارند.
پوراحمد و همکاران	۱۳۹۷	۷۵ درصد از بافت مرکزی شهر همدان به لحاظ مؤلفه‌های کالبدی تاب‌آوری پایینی دارند.
مشکینی و خلیجی	۱۳۹۵	توزیع شاخص‌های مسکونی در محله‌های شهر بناب، دچار بی‌عدالتی فضایی است.

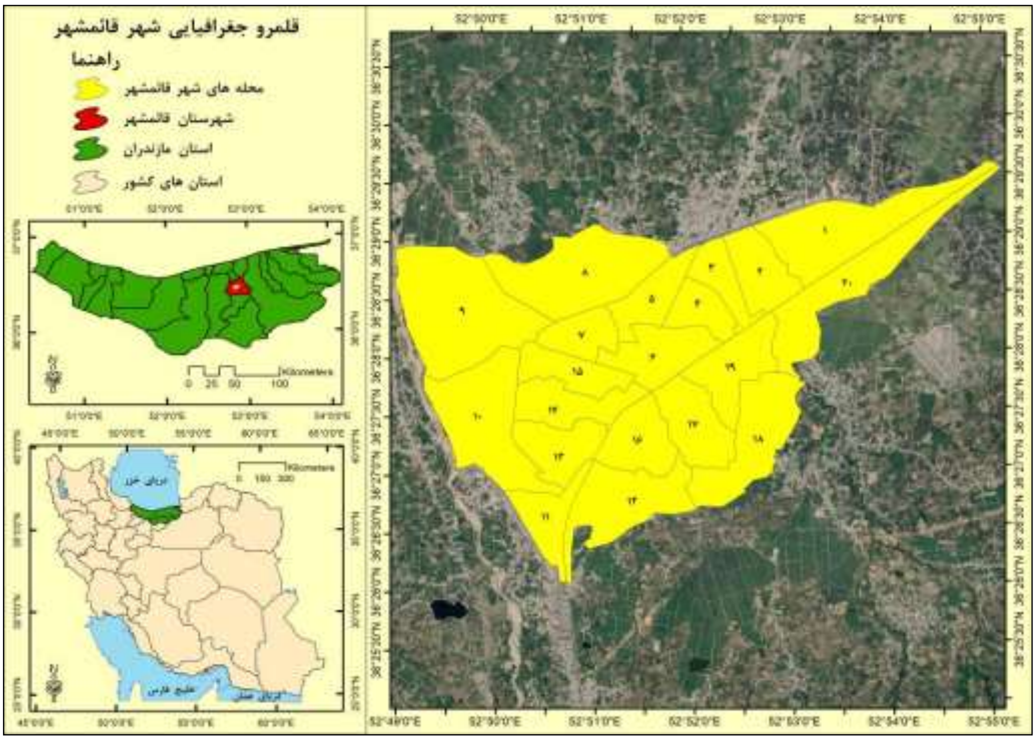
منبع: تلخیص نگارندگان، ۱۳۹۹

1 Le et al

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت منطقه موردمطالعه

شهر قائم‌شهر در مرکز شهرستان قائم‌شهر و یکی از شهرهای استان مازندران در شمال ایران است. این شهر از سمت شمال به شهرستان‌های جویبار و سیمرغ، از سمت جنوب به شهرستان سوادکوه شمالی، از سمت غرب به شهرستان بابل و از سمت شرق به شهرستان ساری محدود است. شهرداری قائم‌شهر در سال ۱۳۱٤ تأسیس شد و اکنون ۲۰ محله دارد. جمعیت این شهر در سال ۱۳۹۵ برابر ۲۰٤۹۵۳ نفر بوده است (نیک‌پور و حسنعلی‌زاده، ۱۳۹۹).



شکل ۱- قلمرو جغرافیایی شهر قائم‌شهر

منبع: ترسیم نگارندگان، ۱۳۹۹

۲-۲- روش انجام پژوهش

روش پژوهش حاضر ترکیبی و بر اساس هدف از نوع کاربردی است. رویکرد پژوهش حاضر نیز توصیفی - تحلیلی است. جامعهٔ آماری پژوهش، محله‌های شهر قائم‌شهر است. گردآوری اطلاعات از طریق مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی صورت گرفته است. شاخص‌های مسکونی با استفاده از مطالعهٔ پیشینه پژوهش و مطابق اطلاعات موجود در بلوک‌های آماری شهر قائم‌شهر در سال ۱۳۹۵ انتخاب شده است. بنابراین به‌منظور به روز بودن داده‌های تمامی

شاخص‌ها، از انتخاب شاخص‌هایی که اطلاعات آن در بلوک‌های آماری سال ۱۳۹۵ موجود نبوده است، اجتناب شده است. شاخص‌ها انتخاب شده در جدول شمارهٔ ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- شاخص‌های به کار رفته در پژوهش

نام شاخص	کد شاخص	جهت تاب‌آوری
تراکم خانوار در واحد مسکونی	C1	−
تراکم نفر در واحد مسکونی	C2	−
تعداد واحد مسکونی به ازای هر هزار نفر جمعیت	C3	+
درصد واحدهای مسکونی با تصرف ملکی	C4	+
درصد واحدهای مسکونی با تصرف رهن یا اجاره	C5	−
درصد واحدهای مسکونی با تصرف سایر (در برابر خدمت-رایگان)	C6	−
درصد واحدهای مسکونی آپارتمانی	C7	+
درصد واحدهای مسکونی غیر آپارتمانی	C8	+
درصد واحدهای مسکونی چادر، کپر، آلونک، زاغه و..	C9	−
درصد واحدهای مسکونی با مساحت کمتر از ۱۰۰ متر مربع	C10	−
درصد واحدهای مسکونی با مساحت ۳۰۰-۱۰۱ متر مربع	C11	+
درصد واحدهای مسکونی با مساحت بیشتر از ۳۰۱ متر مربع	C12	+
درصد واحدهای مسکونی با نوع اسکلت فلزی	C13	+
درصد واحدهای مسکونی با نوع اسکلت بتون آرمه	C14	+
درصد واحدهای مسکونی با نوع اسکلت سایر (چوبی و ...)	C15	−
درصد واحدهای مسکونی با مصالح بادوام (آجر و آهن)	C16	+
درصد واحدهای مسکونی با مصالح نیمه بادوام (آجر و چوب، بلوک سیمانی، تمام آجر یا سنگ و آجر، تمام چوب)	C17	+
درصد واحدهای مسکونی با مصالح کم‌دوام (خشت و چوب، خشت و گل)	C18	−

منبع: نیک‌پور و همکاران، ۱۳۹۹؛ روستایی و علی‌زاده، ۱۳۹۹؛ مشکینی و خلیجی، ۱۳۹۵

شاخص‌های مسکونی در سطح محله در محیط نرم‌افزار Excel ثبت شده است. برای وزن‌دهی به شاخص‌ها، از روش آنتروپی شانون و برای تحلیل تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی از مدل واسپاس استفاده شده است. سپس نقشهٔ تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در سطح محله‌های شهر قائم‌شهر در محیط نرم‌افزار Arc gis ترسیم شده است.

۲-۳- مدل واسپاس[1]

یکی از پارامترهایی که می‌تواند در انتخاب روش تصمیم‌گیری چند معیاره مورد توجه قرار گیرد میزان دقت این مدل‌ها است. همچنین این محققان پیشنهاد می‌کنند ترکیب دو مدل می‌تواند میزان دقت آن را بالا ببرد. میزان دقت نتایج مدل‌های تصمیم‌گیری چندشاخصهٔ مدل جمع وزنی[2] و مدل تولید وزنی[3] نسبتاً به خوبی شناخته شده است. همچنین میزان دقت مدل‌های ترکیبی نیز توسط محققان مورد تحلیل قرار گرفته است. نتایج بررسی‌های محققان تأیید کرده است میزان دقت مدل‌های ترکیبی در مقایسه با میزان دقت این مدل‌ها قبل از ترکیب شدن خیلی بالاتر است. یکی از این مدل‌های ترکیبی مدل ارزیابی تولید وزنی تجمعی (واسپاس) می‌باشد. این مدل می‌تواند در مسائل پیچیده تصمیم‌گیری کارایی بالایی داشته باشد و همچنین نتایج حاصل از این مدل از دقت بالایی برخوردار باشند (ستاوند و همکاران، ۱۳۹۸). فرایند مدل به ترتیب زیر است (زاودسکاس و همکاران[4]، ۲۰۱۲).

گام اول، به دست آوردن و استاندارد کردن ماتریس تصمیم؛ معیارهای مثبت با استفاده از رابطهٔ شمارهٔ ۱ و معیارهای منفی با استفاده از رابطهٔ شمارهٔ ۲ استاندارد می‌شود.

$$(1)\ \bar{X}_{ij} = \frac{x_{ij}}{max_{i\,xij}}$$

$$(2)\ \bar{X}_{ij} = \frac{min_{i\,xij}}{x_{ij}}$$

گام دوم، محاسبه وزن شاخص‌ها با روش آنتروپی شانون است؛ برای این کار از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$(3)\ E = -\mathrm{k}\sum_{j=1}^{n} p_i \times Ln\, p_i$$

$$(4)\ \mathrm{K} = \frac{1}{\mathrm{Ln\ N}}$$

$$(5)\ d_j = 1 - E_j$$

$$(6)\ w_j = \frac{d_j}{\Sigma\, d_j}$$

گام سوم، محاسبه اهمیت نسبی گزینه‌ها بر اساس روش WSM از طریق رابطهٔ شمارهٔ ۷ است. در واقع این رابطه همان ماتریس وزن‌دار هست که ماتریس نرمال در وزن معیارها ضرب شده است.

$$(7)\ \mathrm{Q_i^{(1)}} = \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{n}} \mathrm{\bar{X}_{ij} w_j}$$

گام چهارم، محاسبه اهمیت نسبی گزینه‌ها بر اساس روش WPM از طریق رابطهٔ شمارهٔ ۸ است. این رابطه نیز بیان می‌کند که ماتریس نرمال باید به توان وزن معیارها برسد.

1 WASPAS
2 WSM
3 WPS
4 Zavadskas et al

$$(\text{۸})\ Q_i^{(2)} = \prod_{j=1}^{n} (\overline{X}_{ij})^{wj}$$

گام پنجم، محاسبه معیار مشترک: در این گام با رابطهٔ زیر اهمیت نسبی کل گزینه i ام، تعیین می‌شود:

$$(\text{۹})\ Q_i = \lambda\, Q_i^{(1)} + (1-\lambda)\, Q_i^{(2)} = \lambda \sum_{j=1}^{n} \overline{X}_{ij} w_j + (1-\lambda) \prod_{j=1}^{n} (\overline{X}_{ij})^{wi}$$

برای محاسبه لاندای بهینه بر مبنای انحراف معیارها از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$(\text{۱۰})\ \lambda = \frac{\sigma^2(Q_i^{(2)})}{\sigma^2(Q_i^{(1)}) + \sigma^2(Q_i^{(2)})}$$

$$(\text{۱۱})\ \sigma^2(Q_i^{(1)}) = \sum_{j=1}^{n} w_j^2 \sigma^2(\overline{X}_{ij})$$

$$(\text{۱۲})\ \sigma^2\left(Q_i^{(2)}\right) = \sum_{j=1}^{n} \left(\frac{\prod_{j=1}^{n} (\overline{X}_{ij})^{w_i} w_j}{(\overline{X}_{ij})^{w_j} (\overline{X}_{ij})^{(1\text{-}wj)}} \right)^2 \sigma^2(\overline{X}_{ij})$$

$$(\text{۱۳})\ \sigma^2(\overline{X}_{ij}) = (0.05\overline{X}_{ij})^2$$

۳- نتایج و بحث

برای تحلیل تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در محله‌های شهر قائم‌شهر از مدل واسپاس بـه شـرح ذیـل اسـتفاده شده است. در ابتدا مطابق جدول ۳ ماتریس اولیه شامل شاخص‌های مسکونی و محله‌ها تشکیل شده است.

جدول ۳- ماتریس اولیهٔ مقادیر تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در محله‌های شهر قائم‌شهر

شاخص / محله	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
محله ۱	۱/۰۱	۲/۹۸	۳۳۵/۷۲	٦٥/٦۲	۲۹/٦٤	٥/۲۷	۳۸	٦۲	۰/۰۳
محله ۲	۱/۰۱	۳/۰۳	۳۳۰/۱۸	٥۹/۸۱	۳٥/٥٥	٥/۱۲	۷۰/۷٤	۲۹/۲٦	۰
محله ۳	۱/۰۱	۳/۰۲	۳۳۰/۷۲	٦۰/٦۰	۳۳/٥۱	٦/۰٤	٦۷/۷٤	۳۲/۲٦	۰
محله ٤	۱/۰۱	۳/۰۱	۳۳۲/۱۹	٦٤/٦٥	۳۰/۳۹	٥/۱۱	۷۰/٥۳	۲۹/٤۷	۰
محله ٥	۱/۰۱	۳	۳۳۲/۹۷	٦٤/۰۹	۲۹/۷۳	٦/٥۱	٥٥/۹۹	٤٤/۰۱	۰
محله ٦	۱/۰۱	۲/۸۹	۳٤٥/۷۷	٦۳/۸۹	۲۹/۸۱	٦/۱۷	۷۳/۱۹	۲٦/۸۱	۰/۰۳
محله ۷	۱/۰۱	۲/۹۹	۳۳٤/۹۸	٦٤/۸۰	۳۱/۰۱	٤/٤۹	۷٦/٥۷	۲۳/٤۳	۰
محله ۸	۱/۰۲	۳/۱٤	۳۱۸/٦۰	٦٦/٦۰	۲۷/۸۷	٥/۸٤	۲۲/۹٥	۷۷/۰٥	۰/۰٥
محله ۹	۱/۰۲	۳/۱۱	۳۲۱/۱۹	٦۲/٦۳	۳۲/۱٤	٥/٥۸	۳۹/٤٦	٦۰/٥٤	۰
محله ۱۰	۱/۰۱	۳/۱٥	۳۱۷/۸۷	٦٥/٦۰	۲۷/۰۹	۷/۷	۲۹/٤۲	۷۰/٥۸	۰
محله ۱۱	۱/۰۱	۳/۰۳	۳۲۹/۸۸	٥۷/۱۱	۳٥/۷۱	۷/٥۷	٦٤/٤۱	۳٥/٥۹	۰
محله ۱۲	۱/۰۲	۳/۱۲	۳۲۰/۰۸	٦٤/۳۹	۲۹/۳۳	٦/۲۲	۲۸/۷۷	۷۱/۲۳	۰/۰٦
محله ۱۳	۱/۰۱	۳/۰٦	۳۲٦/٥٦	٦۳/۳٥	۳۱/٥۰	٥/٥٦	٥٦/۲۳	٤۳/۷۷	۰

شاخص / محله	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
محله ١٤	١/٠١	٣/٠٤	٣٢٨/٧٧	٦٠/٨٨	٣٢/٤٩	٦/٦٩	٥٤/٥٩	٤٥/٤١	٠
محله ١٥	١/٠١	٢/٩٦	٣٣٧/٤٤	٥٩/٧٢	٣٤/٨٩	٥/٩٢	٦٨/١٥	٣١/٨٥	٠
محله ١٦	١/٠١	٣	٣٣٢/٨٠	٦٤/٤٢	٢٨/٧٢	٧/٢٤	٤٦/٢٩	٥٣/٧١	٠/٠٨
محله ١٧	١/٠٢	٣/٠٥	٣٢٧/٨٥	٦٨/٧٤	٢٨/٢٥	٤/٠٨	٤١/٣٢	٥٨/٦٨	٠/٠٨
محله ١٨	١/٠١	٣/١٨	٣١٤/٤٨	٦٨/٤٥	٢٥/٢٩	٦/٦٥	١٩/٦٧	٨٠/٣٣	٠
محله ١٩	١/٠١	٢/٩٤	٣٤٠/١٢	٦٥/٨٣	٢٨/٢٤	٦/٤٢	٤٧/٩٣	٥٢/٠٧	٠
محله ٢٠	١/٠٢	٣/٠٩	٣٢٣/٨٠	٦٨/٥٥	٢٦/٧٩	٥/٥٢	١٨/٩٢	٨١/٠٨	٠/٠٣
شاخص / محله	**C10**	**C11**	**C12**	**C13**	**C14**	**C15**	**C16**	**C17**	**C18**
محله ١	٦٤/٨٩	٣٤/٥٨	٠/٥٣	١٢/٣٧	٤٤/٠٨	٤٣/٥٢	١٣/٩٩	٢٧/١٥	١/٠٧
محله ٢	٦٥/٣٢	٣٣/٨١	٠/٦٦	٨/٣٢	٧٥/٨٧	١٥/٨٢	٦/٨٤	٨/١٠	٠/٢٤
محله ٣	٦٣/٢٧	٣٦/١٢	٠/٤٩	١٣/٣٤	٦٩/١٧	١٧/٤٧	٩/٥٤	٦/٧٧	٠/٣٦
محله ٤	٦٠/٥٧	٣٨/٤٢	٠/٨٣	٧/٥٦	٦٩/٨٢	٢٢/٦٢	٩/٢١	١٢/٤٦	٠/٣
محله ٥	٦٢/٠٥	٣٧/٣٣	٠/٣٥	٩/٠٤	٥٨/٢٦	٣٢/٥٣	١٢/٦٣	١٨/٠٢	٠/٤٧
محله ٦	٦٣/٢٥	٣٥/٨٧	٠/٨٨	٨/٩٢	٧٢/٢٣	١٨/٨٥	٥/٧٥	١١/٤٢	٠/٩٩
محله ٧	٦١/٥٨	٣٧/٨٣	٠/٥٦	٩/١٥	٧٤/٦٨	١٦/١٧	٥/٩٩	٩/٣٥	٠/٢١
محله ٨	٧٢/١٦	٢٧/٣٨	٠/٤١	١٦/٧٨	٣٤/٥٣	٤٨/٦٦	١٧/٢٢	٢٨/٩٥	١/٠٦
محله ٩	٦١/٩٣	٣٧/٧٢	٠/٣٥	١٣/٩٩	٥٤/٨٨	٣١/١٢	١٣/٤	١٥/٨٨	٠/٦٦
محله ١٠	٦٨/٩	٣٠/٦٨	٠/٣٩	٩/٠٣	٥٣/٣٧	٣٧/٥٧	٧/٩٣	٢٧/٦١	١
محله ١١	٦٤/١٧	٣٥/٤٤	٠/٣٥	١٠/١٩	٧٠/٤٨	١٩/٣٣	٨/٧٨	٧/٨٤	٠/٩٨
محله ١٢	٧٢/٧	٢٦/٨٦	٠/٣٢	١٠/٢٥	٣٨/٢٣	٥١/٤٤	٢٢/٢٥	٢٥/٤٨	١/٧٦
محله ١٣	٦٤/٥٣	٣٤/٨٧	٠/٦٠	٨/٦١	٦٤/٩٣	٢٦/٤٣	٨/٩٣	١٦/٠٤	٠/٦٦
محله ١٤	٦٤/٤١	٣٥/٠٧	٠/٤٠	١٢	٥٨/٨٧	٢٩/١	١٠/٩٦	١٦/٣٦	١/٠٣
محله ١٥	٦٢/٠٨	٣٧/٣٤	٠/٤٠	٦/٥٣	٧٣/٩١	١٩/٥٦	٥/١٢	١٢/٧٢	٠/٥٢
محله ١٦	٧١	٢٨/١٨	٠/٧٧	١٠/٥٦	٥١/٧٠	٣٧/٧٢	١٤/٤٦	٢٠/٩١	١/٢٨
محله ١٧	٧٢/١٦	٢٧/٠١	٠/٨٧	١٩/٥٣	٤٦/٣٩	٣٤/٠٨	١٤/٩٧	١٧/٦١	٠/٧٦
محله ١٨	٧٢/٢١	٢٧/٤٣	٠/٢٥	٢١/٤٩	٣١/٢٩	٤٧/١	١٩/٩٩	٢٥/٠٧	١/٠٤
محله ١٩	٦٧/٨٥	٣١/٣٧	٠/٧٣	٩/٢٧	٥٥/١٦	٣٥/٥٢	١١/٠٦	٢٢/١٥	١/٦٦
محله ٢٠	٦٥/٣٤	٣٣/٧٦	٠/٣٨	١٠/١١	٣١/٠٧	٥٨/٧٥	٣٣/٨٣	٢٢/٦٨	٠/٩

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

سپس این ماتریس، مطابق جدول ٤ با استفاده از رابطهٔ شمارهٔ ١ برای شاخص‌های مثبت و رابطهٔ شمارهٔ ٢ برای شاخص‌های منفی استاندارد شده است.

جدول ٤- ماتریس استاندارد شده مقادیر تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در محله‌های شهر قائم‌شهر

شاخص / محله	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
محله ١	٠/٩٩	٠/٩٧	٠/٩٧	٠/٩٥	٠/٨٥	٠/٧٧	٠/٥	٠/٧٦	٠/٦٣
محله ٢	١	٠/٩٥	٠/٩٥	٠/٨٧	٠/٧١	٠/٨	٠/٩٢	٠/٣٦	١
محله ٣	١	٠/٩٦	٠/٩٦	٠/٨٨	٠/٧٥	٠/٦٧	٠/٨٨	٠/٤	١
محله ٤	١	٠/٩٦	٠/٩٦	٠/٩٤	٠/٨٣	٠/٨	٠/٩٢	٠/٣٦	١
محله ٥	١	٠/٩٦	٠/٩٦	٠/٩٣	٠/٨٥	٠/٦٣	٠/٧٣	٠/٥٤	١
محله ٦	١	١	١	٠/٩٣	٠/٨٥	٠/٦٦	٠/٩٦	٠/٣٣	٠/٦٤
محله ٧	١	٠/٩٧	٠/٩٧	٠/٩٤	٠/٨٢	٠/٩١	١	٠/٢٩	١
محله ٨	٠/٩٩	٠/٩٢	٠/٩٢	٠/٩٧	٠/٩١	٠/٧	٠/٣	٠/٩٥	٠/٣٣
محله ٩	٠/٩٨	٠/٩٣	٠/٩٣	٠/٩١	٠/٧٩	٠/٧٣	٠/٥٢	٠/٧٥	١
محله ١٠	٠/٩٩	٠/٩٢	٠/٩٢	٠/٩٥	٠/٩٣	٠/٥٣	٠/٣٨	٠/٨٧	١
محله ١١	٠/٩٩	٠/٩٥	٠/٩٥	٠/٨٣	٠/٧١	٠/٥٤	٠/٨٤	٠/٤٤	١
محله ١٢	٠/٩٩	٠/٩٣	٠/٩٣	٠/٩٤	٠/٨٦	٠/٦٦	٠/٣٨	٠/٨٨	٠/٢٣
محله ١٣	٠/٩٩	٠/٩٤	٠/٩٤	٠/٩٢	٠/٨	٠/٧٣	٠/٧٣	٠/٥٤	١
محله ١٤	٠/٩٩	٠/٩٥	٠/٩٥	٠/٨٩	٠/٧٨	٠/٦١	٠/٧١	٠/٥٦	١
محله ١٥	٠/٩٩	٠/٩٨	٠/٩٨	٠/٨٧	٠/٧٢	٠/٦٩	٠/٨٩	٠/٣٩	١
محله ١٦	٠/٩٩	٠/٩٦	٠/٩٦	٠/٩٤	٠/٨٨	٠/٥٦	٠/٦	٠/٦٦	٠
محله ١٧	٠/٩٨	٠/٩٥	٠/٩٥	١	٠/٩	١	٠/٥٤	٠/٧٢	٠/٠١
محله ١٨	٠/٩٩	٠/٩١	٠/٩١	١	١	٠/٦١	٠/٢٦	٠/٩٩	١
محله ١٩	٠/٩٩	٠/٩٨	٠/٩٨	٠/٩٦	٠/٩	٠/٦٣	٠/٦٣	٠/٦٤	١
محله ٢٠	٠/٩٩	٠/٩٤	٠/٩٤	١	٠/٩٤	٠/٧٤	٠/٢٥	١	٠/٥٥

شاخص / محله	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
محله ١	٠/٩٣	٠/٩	٠/٦٠	٠/٥٨	٠/٥٨	٠/٣٦	٠/٤١	٠/٩٤	٠/١٩
محله ٢	٠/٩٣	٠/٨٨	٠/٧٥	٠/٣٩	١	١	٠/٢	٠/٢٨	٠/٨٦
محله ٣	٠/٩٦	٠/٩٤	٠/٥٥	٠/٦٢	٠/٩١	٠/٩١	٠/٢٨	٠/٢٣	٠/٥٧
محله ٤	١	١	٠/٩٤	٠/٣٥	٠/٩٢	٠/٧	٠/٢٧	٠/٤٣	٠/٧
محله ٥	٠/٩٨	٠/٩٧	٠/٤٠	٠/٤٢	٠/٧٧	٠/٤٩	٠/٣٧	٠/٦٢	٠/٤٤
محله ٦	٠/٩٦	٠/٩٣	١	٠/٤١	٠/٩٥	٠/٨٤	٠/١٧	٠/٣٩	٠/٢١
محله ٧	٠/٩٨	٠/٩٨	٠/٦٤	٠/٤٣	٠/٩٨	٠/٩٨	٠/١٨	٠/٣٢	١
محله ٨	٠/٨٤	٠/٧١	٠/٤٧	٠/٧٨	٠/٤٦	٠/٣٣	٠/٥١	١	٠/٢
محله ٩	٠/٩٨	٠/٩٨	٠/٤	٠/٦٥	٠/٧٢	٠/٥١	٠/٤	٠/٥٥	٠/٣١
محله ١٠	٠/٨٨	٠/٨	٠/٤٤	٠/٤٢	٠/٧	٠/٤٢	٠/٢٣	٠/٩٥	٠/٢١

محله ۱۱	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۴	۰/۴۷	۰/۹۳	۰/۸۲	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۲۱
محله ۱۲	۰/۸۳	۰/۷	۰/۳۷	۰/۴۸	۰/۵	۰/۳۱	۰/۶۶	۰/۸۸	۰/۱۲
محله ۱۳	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۶۹	۰/۴	۰/۸۶	۰/۶	۰/۲۶	۰/۵۵	۰/۳۱
محله ۱۴	۰/۹۴	۰/۹۱	۰/۴۶	۰/۵۶	۰/۷۸	۰/۵۴	۰/۳۲	۰/۵۷	۰/۲
محله ۱۵	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۴۵	۰/۳	۰/۹۷	۰/۸۱	۰/۱۵	۰/۴۴	۰/۴
محله ۱۶	۰/۸۵	۰/۷۳	۰/۸۷	۰/۴۹	۰/۶۸	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۷۲	۰/۱۶
محله ۱۷	۰/۸۴	۰/۷	۰/۹۲	۰/۹۱	۰/۶۱	۰/۴۶	۰/۴۴	۰/۶۱	۰/۲۷
محله ۱۸	۰/۸۴	۰/۷۱	۰/۲۸	۱	۰/۴۱	۰/۳۴	۰/۵۹	۰/۸۷	۰/۲
محله ۱۹	۰/۸۹	۰/۸۲	۰/۸۲	۰/۴۳	۰/۷۳	۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۷۷	۰/۱۲
محله ۲۰	۰/۹۳	۰/۸۸	۰/۴۳	۰/۴۷	۰/۴۱	۰/۲۷	۱	۰/۷۸	۰/۲۳

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

در مرحله بعد، شاخص‌های مسکونی با توجه اینکه مبتنی بر آمار فضایی هستند بـا روش آنتروپـی شـانون مطـابق روابط شمارهٔ ۳، ۴، ۵ و ۶ وزن‌دهی شده‌اند. وزن شاخص‌های مسکونی در جدول شمارهٔ ۵ ارائـه شـده اسـت. مطـابق این جدول، شاخص‌های درصد واحدهای مسکونی بـا مصـالح کـم‌دوام (خشـت و چـوب، خشـت و گـل) بـا وزن ۰/۲۱۴، درصد واحدهای مسکونی چادر، کپر، آلونک، زاغه و.. با وزن ۰/۱۶۱ و درصد واحدهای مسـکونی بـا مصـالح بادوام (آجر و آهن) با وزن ۰/۱۲۵ به ترتیب بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند.

جدول ۵- وزن شاخص‌های مسکونی

شاخص / وزن	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Wj	۰/۰۰۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۴	۰/۰۱۴	۰/۰۷۸	۰/۰۷۱	۰/۱۶۱
شاخص / وزن	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18
Wj	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	۰/۰۶۶	۰/۰۵۴	۰/۰۳۶	۰/۰۸۲	۰/۱۲۵	۰/۰۸۴	۰/۲۱۴

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

سپس مقادیر $Q_i^{(1)}$، $Q_i^{(2)}$، λ و Q_i با استفاده از روابط شمارهٔ ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ محاسـبه و در انتهـا رتبـه هر یک از محله‌ها بر اساس مقادیر Q_i مشخص شده است. در جدول ۶، این مقادیر و رتبه محله‌هـا ارائـه شـده اسـت. مطابق این جدول، محلهٔ ۷ با مقدار Q_i برابر ۰/۶۸ بیشترین و محلهٔ ۱۲ با مقدار Q_i برابـر ۰/۴۱ کـم‌تـرین میـزان تـاب-آوری شاخص‌های مسکونی را به خود اختصاص داده‌اند. میانگین مقـدار Q_i در سـطح ۲۰ محلـه شـهر قائم‌شـهر نیـز برابر ۰/۵۳ است که نشان می‌دهد شهر قائم‌شهر به لحاظ شاخص‌های مسکونی تاب‌آوری متوسطی دارد.

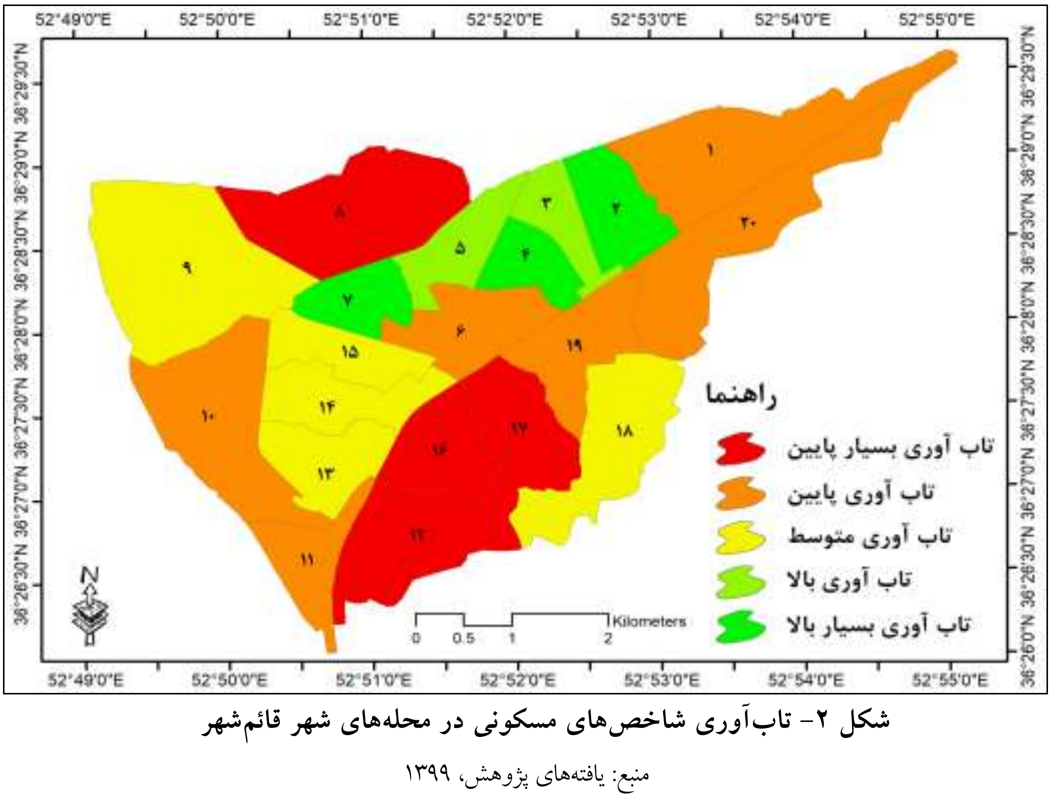
جدول ٦- مقادیر محاسبه شده $Q_i^{(1)}$، $Q_i^{(2)}$ ، λ ، Q_i و رتبه محله‌ها

شاخص / محله	$Q_i^{(1)}$	$Q_i^{(2)}$	λ	Q_i	رتبه
محله ۱	۰/۵۱	۰/٤٦	۰/۷۵	۰/۵	۱۵
محله ۲	۰/۷	۰/٦۱	۰/۵۹	۰/٦٦	۲
محله ۳	۰/٦۳	۰/۵۷	۰/٦۵	۰/٦۱	٤
محله ٤	۰/٦۸	۰/٦۲	۰/٦۲	۰/٦۵	۳
محله ۵	۰/۵۹	۰/۵۵	۰/٦۸	۰/۵۸	۵
محله ٦	۰/۵۱	۰/٤۲	۰/۷٤	۰/٤۹	۱٦
محله ۷	۰/۷۳	۰/٦۲	۰/۵٦	۰/٦۸	۱
محله ۸	۰/٤۷	۰/٤۱	۰/۷۸	۰/٤٦	۱۷
محله ۹	۰/۵۷	۰/۵۲	۰/٦۹	۰/۵٦	٦
محله ۱۰	۰/۵٤	۰/٤۵	۰/٦۸	۰/۵۱	۱۳
محله ۱۱	۰/۵۳	۰/٤٤	۰/٦۹	۰/۵	۱٤
محله ۱۲	۰/٤۲	۰/۳٤	۰/۷۹	۰/٤۱	۲۰
محله ۱۳	۰/۵۷	۰/۵۲	۰/٦۸	۰/۵٦	۷
محله ۱٤	۰/۵٤	۰/٤۷	۰/٦۹	۰/۵۲	۱۰
محله ۱۵	۰/۵۷	۰/٤۹	۰/٦۷	۰/۵٤	۸
محله ۱٦	۰/٤۱	۰/٤۸	۰/۷۸	۰/٤۲	۱۸
محله ۱۷	۰/٤٦	۰/۲۵	۰/۷۸	۰/٤۱	۱۹
محله ۱۸	۰/۵۸	۰/٤۸	۰/٦٦	۰/۵٤	۹
محله ۱۹	۰/۵۵	۰/٤٤	۰/٦۷	۰/۵۱	۱۱
محله ۲۰	۰/۵۳	۰/٤٦	۰/۷۱	۰/۵۱	۱۲

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

با انتقال مقادیر Q_i محله‌ها به نرم‌افزار Arc gis، نقشه تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در محله‌های شهر قائم‌شهر ترسیم و در شکل شمارهٔ ۲ ارائه شده است. مطابق این شکل، بی‌عدالتی فضایی در تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در محله‌های شهر قائم‌شهر به‌وضوح مشخص است. به‌طوری‌که محله‌های ۷، ۲ و ٤ با اختصاص بیشترین میزان تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی به خود، دارای تاب‌آوری بسیار بالایی می‌باشند. این محله‌ها در قسمت شمالی شهر قرار دارند. همچنین محدوده‌های شهید دهقان، شهید طبری، کوی شهید چمران در این محله‌ها قرار دارند. بعدازآن به ترتیب محله‌های ۳ و ۵ نیز در قسمت شمال شهر بیشترین میزان تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی را به خود اختصاص داده‌اند و دارای تاب‌آوری بالا هستند. در این دو محله ساخت‌وسازهای جدید کاملاً مطابق مقررات

شهرداری و آیین‌نامه ساختمانی انجام شده است و وضعیت کالبدی مناسبی دارند. بعد از آن محله ۹ در قسمت شمال غربی شهر، محله‌های ۱۳، ۱٤ و ۱۵ در غرب شهر و محله ۱۸ در قسمت جنوب شرق شهر دارای تاب‌آوری متوسط هستند. اما شش محله شامل محله‌های ۱۹ و ٦ در بافت میانی شهر، محله‌های ۲۰ و ۱ در شرق شهر و محله‌های ۱۰ و ۱۱ در غرب شهر به لحاظ شاخص‌های مسکونی تاب‌آوری پایینی دارند. محله‌هایی مانند محلهٔ ۱۹ و محلهٔ ٦ دارای بافت فرسوده و قدیمی زیادی می‌باشند، بنابراین تاب‌آوری مسکن در این محله‌ها پایین است. درنهایت چهار محله شامل محلهٔ ۸ در قسمت حاشیه شمالی شهر و محله‌های ۱٦، ۱۷ و ۱۲ در قسمت حاشیه جنوبی شهر به لحاظ شاخص‌های مسکونی تاب‌آوری بسیار پایینی دارند و دچار بی‌عدالتی در تاب‌آوری شاخص‌های مسکن شده‌اند. در محله‌های ۱٦، ۱۷ و ۱۲، عمدهٔ ساختمان‌های مسکونی با کیفیت ضعیف ساخته شده‌اند. همچنین در محلهٔ ۸ در حاشیه شمالی شهر نیز عمدهٔ ساختمان‌های مسکونی فاقد استانداردهای لازم هستند. در مجموع هر چهار محله‌ای که به لحاظ تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی دچار بی‌عدالتی شده‌اند، در نواحی حاشیه‌ای شهر که دارای تعداد زیادی از کارخانه‌ها، کارگاه‌ها و شرکت‌های صنعتی می‌باشند، قرار گرفته‌اند. بنابراین عمدهٔ ساختمان‌های مسکونی این نواحی توسط اقشار کم‌درآمدی که قادر به خرید زمین یا مسکن در محله‌های میانی شهر نبوده‌اند، ساخته شده است.



شکل ۲- تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در محله‌های شهر قائم‌شهر

منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹

٤- جمع‌بندی

مسکن از مهم‌ترین مقوله‌های برنامه‌ریزی شهری محسوب می‌شود. مسکن همچنین یکی از معیارهای اصلی سنجش عدالت فضایی می‌باشد. بی‌عدالتی فضایی ریشه در بی‌عدالتی اجتماعی دارد که این امر در مسکن نیز نمود پیدا می‌کند. به‌عبارت‌دیگر بی‌عدالتی فضایی موجب توزیع نابرابر فرصت‌ها و شکل‌گیری بافت فرسوده، مناطق حاشیه‌نشین و فقیرنشین می‌شود. با وجود مخاطرات طبیعی از قبیل زلزله و سیل و ... در فضاهای شهری، فضاهای دارای تاب‌آوری پایین به لحاظ شاخص‌های مسکونی در صورت وقوع حوادث دچار وضعیت بغرنجی خواهند شد. با توجه به اهمیتی که کاربری مسکونی در ایجاد تاب‌آوری شهری دارد، در این پژوهش تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در محله‌های شهر قائم‌شهر با رویکرد عدالت فضایی تحلیل شده است. ابتدا، با به‌کارگیری مدل واسپاس محله‌های شهر قائم‌شهر به لحاظ تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی رتبه‌بندی شدند. میانگین مقدار Q_i حاصل از روش واسپاس در سطح ۲۰ محله شهر قائم‌شهر برابر با ۰/۵۳ است که نشان می‌دهد شهر قائم‌شهر به لحاظ شاخص‌های مسکونی تاب‌آوری متوسطی دارد. همچنین دامنهٔ مقدار Q_i از ۰/٤۱ در محلهٔ ۱۲ تا ۰/٦۸ در محلهٔ ۷ متغیر است. سپس برای ترسیم نقشهٔ تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی، با انتقال مقادیر Q_i محله‌ها به نرم‌افزار Arc gis، نقشه تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در شهر قائم‌شهر ترسیم شده است. بر اساس نقشه ترسیم شده، بی‌عدالتی فضایی در تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در محله‌های شهر قائم‌شهر به‌وضوح مشخص شده است، به‌طوری‌که محله‌های ۷، ۲ و ٤ دارای تاب‌آوری بسیار بالا، محله‌های ۳ و ۵ دارای تاب‌آوری بالا، محله‌های ۹، ۱۳، ١٤ ۱۵ و ۱۸ دارای تاب‌آوری متوسط، محله‌های ۱۹، ٦، ۲۰، ۱، ۱۰ و ۱۱ دارای تاب‌آوری پایین و درنهایت محله‌های ۸ ١٦، ۱۷ و ۱۲ دارای تاب‌آوری بسیار پایین هستند. بنابراین ۱۰ محله از ۲۰ محلهٔ شهر قائم‌شهر از بی‌عدالتی در تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی رنج می‌برند. ازاین‌رو نتایج پژوهش حاضر از لحاظ بی‌عدالتی در تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی با نتایج پژوهش روستایی و علی‌زاده (۱۳۹۹)، سامی و کرباسی (۱۳۹۹)، محمودزاده و همکاران (۱۳۹۹) مشکینی و خلیجی (۱۳۹۵) مطابقت دارد. در راستای برقراری عدالت فضایی در توزیع یکنواخت تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی در سطح محله‌های شهر قائم‌شهر پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

– تدوین برنامه‌های راهبردی جهت بهبود تاب‌آوری شاخص‌های مسکونی به‌ویژه در محله‌های ۸ ١٦، ۱۷ و ۱۲ که دارای تاب‌آوری مسکونی بسیار پایینی هستند.

– جلوگیری از توسعهٔ شهر به سمت زمین‌های زراعی حاشیهٔ شهر و ایجاد محله‌های حاشیه‌ای و زاغه‌نشین جدید.

– به‌کارگیری رویکرد توسعهٔ میان‌افزا جهت ایجاد واحدهای مسکونی با کیفیت مناسب در محله‌های مرکزی و میانی شهر قائم‌شهر ازجمله محله‌های ٦ و ۱۹.

– جلوگیری از افزایش فضاهای فرسوده در بافت قدیم و بهسازی و نوسازی آن‌ها.

– ساخت مسکن اجتماعی در بافت‌های فرسوده و محدوده‌های داخلی شهر قائم‌شهر.

– تخصیص تسهیلات بانکی ویژه جهت ارتقای سطح کمی و کیفی واحدهای مسکونی‌های واقع در محله‌های حاشیهٔ شهر قائم‌شهر.

– رفع موانع اجرایی، قانونی و مالیاتی برای تشویق بیشتر بخش خصوصی به مشارکت در پروژه‌های مسکن‌سازی در سطح شهر قائم‌شهر.

کتابنامه

بهراد، علیرضا؛ اکبری، پرویز؛ احمدی، ملیحه؛ ۱۳۹۸. تعیین و ارزیابی مؤلفه‌های کیفی مسکن مهر از نظر شاخص‌های کالبدی مسکن با استفاده از روش TOPSIS-AHP (نمونه موردی کرمان). *برنامه‌ریزی توسعه کالبدی*. دوره ٦، شماره ۱۳، صص ۳۸–۲۵.

پوراحمد، احمد؛ ابدالی، یعقوب؛ صادقی، علیرضا؛ الله قلی پور، سارا؛ ۱۳۹۷. سنجش و تحلیل فضایی مؤلفه‌های تاب‌آوری کالبدی در بافت مرکزی شهر همدان با استفاده از خودهمبستگی فضایی موران. *برنامه‌ریزی توسعه کالبدی*. سال ۵، شماره ۱، صص ۱۰٦–۹۳.

تابعی، نادر؛ موحد، علی؛ تولایی، سیمین؛ کمانرودی، موسی؛ ۱۳۹۵. بررسی نقش عدالت فضایی در مدیریت شهری (محدودهٔ مطالعه: محلات منطقهٔ ٦ تهران). *برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)*. دوره ٦، شماره ۲، صص ۳٦–۲۳.

حسینی، سید محمد؛ خدادادی، عسکر؛ حسینی، سیدعلی؛ ۱۳۹۷. تحلیل و سطح‌بندی مسکن در استان‌های مرزی با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره. *جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)*. دوره ۸ شماره ۳، صص ۲٦۸–۲۵۹.

حیدری مقدم، مصطفی؛ زیاری، کرامت‌الله؛ حاتمی‌نژاد، حسین؛ پوراحمد، احمد؛ ۱۳۹۸. بررسی و ارزیابی سیاست‌های مسکن گروه‌های آسیب‌پذیر در کسب رضایت ساکنان (مورد شهر خرم آباد). *جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)*. دوره ۹، شماره ۲، صص ۱۵۵–۱۳۹.

دشتی، محمدعلی؛ ملک‌زاده بافقی، علیرضا؛ ۱۳۹۷. شناسایی و اولویت‌بندی مشکلات پروژه‌های مسکن مهر در شهر یزد با استفاده از تکنیک تحلیل عاملی. *کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی*. دوره ۷، شماره ۱، صص ۲٤۳–۲۲۳.

رضایی، محمدرضا؛ سرائی، محمدحسین؛ بسطامی‌نیا، امیر؛ ۱۳۹۵. تبیین و تحلیل مفهوم «تاب‌آوری» و شاخص‌ها و چارچوب‌های آن در سوانح طبیعی. *دانش پیشگیری و مدیریت بحران*. دوره ٦، شماره ۱، صص ٤٦–۳۲.

روستایی، شهریور؛ علی‌زاده یوالاری، شیوا؛ ۱۳۹۹. سنجش عدالت فضایی خدمات عمومی در بین شهرستان‌های استان آذربایجان غربی. *جغرافیا و برنامه‌ریزی*. دوره ۲٤، شماره ۷۱، صص ۱۷۱–۱۵۱.

روستایی، شهریور؛ علی‌زاده، شیوا؛ ۱۳۹۹. تحلیل فضایی کیفیت مسکن در شهر ارومیه با استفاده از روش HOT SPOT. *برنامه‌ریزی توسعه کالبدی*. دوره ۵، شماره ۱۷، صص ۱۱۷–۱۰۱.

رهنما، محمدرحیم؛ کمانداری، محسن؛ ۱۳۹٤. سنجش میزان رضایت‌مندی ساکنین از کیفیت محیط مسکونی در شهر کرمان (مطالعه موردی: پروژه مسکن مهر شهرک مهرگان)، *جغرافیای اجتماعی شهری*، دوره ۲، شماره ۱، صص ۵۹–۳۹.

زیاری، کرامت‌الله؛ پوراحمد، احمد؛ حاتمی‌نژاد، حسین؛ محمدی، اکبر؛ ۱۳۹۵. برنامه‌ریزی مسکن گروه‌های کم‌درآمد شهری با تأکید بر توانمندی مالی و خط فقر مسکن (جمعیت شهری استان کردستان). *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*. دوره ٤۸، شماره ۲، صص ۲۲٦–۲۱۱.

زیران، حمید؛ قرشی میناآباد، محمدباسط؛ آمار، تیمور؛ پوررمضان، عیسی؛ ۱۳۹۸. بررسی تأثیرپذیری شاخص معنی کیفیت محیطی از تحولات مسکن (مطالعه موردی سکونتگاه‌های روستایی بخش سنگر شهرستان رشت). *جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)*. دوره ۹، شماره ٤، صص ۳۲٦–۳۰۳.

سامی، ابراهیم؛ کرباسی، پوران؛ ۱۳۹۹. ارزیابی وضعیت کمی و کیفی روند توسعه مسکن در شهر مراغه. *جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)*. دوره ۱۰، شماره ۲، صص ٤۰٦–۳۹۳.

ستاوند، محمدهادی؛ حاجی‌زاده، فاضل؛ یغفوری، حسین؛ ۱۳۹۸. واکاوی فضایی مناطق شهری شیراز از منظر عدالت اجتماعی با تأکید بر خدمات عمومی. *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. دوره ۱۹، شماره ۵۲، صص ۱۹۲–۱۷۱.

شاهیوندی، احمد؛ قاسمی، مسعود؛ راست‌قلم، نیلوفر؛ ۱۳۹۹. آینده‌نگاری تاب‌آوری مسکن در منطقه ۸ اصفهان با استفاده از روش تلفیقی سناریوپردازی و تحلیل اثرات متقاطع. *مطالعات ساختار و کارکرد شهری*. دوره ۷، شماره ۲۲، صص ۱۳۱–۱۵۳.

شاهیوندی، احمد؛ محمدی، محمود؛ عباسی مزرعه‌شاهی، اعظم؛ ۱۳۹۳. بررسی وضعیت مسکن براساس امکانات و تسهیلات اولیه در استان‌های ایران. *برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)*. دوره ٤، شماره ٤، صص ٦٤–٤۳.

شمس، مجید؛ گمار، منا؛ ۱۳۹٤. ارزیابی شاخص‌های کمی و کیفی مسکن در استان همدان (با تأکید بر اقشار کم درآمد). *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*. دوره ۵، شماره ۲۰، صص ۵۵–٦۸.

فنی، زهره؛ بشیری، جواد؛ ۱۳۸۹. اقتصاد غیر رسمی زمین و اسکان غیر رسمی مطالعه موردی: نسیم شهر، شهرستان رباط کریم. *پژوهش‌های دانش زمین*. دوره ۱، شماره ۸، صص ۵۹–٤۱.

فنی، زهره؛ بیرانوندزاده، مریم؛ سبحانی، نوبخت؛ سلطان‌زاده، اکبر؛ ۱۳۹٦. تحلیل جایگاه تعاونی‌های مسکن در نظام برنامه‌ریزی مسکن در ایران. *پژوهش‌های بوم شناسی شهری*. دوره ۸، شماره ۱۵، صص ۹٦–۷۹.

محمدی یگانه، بهروز؛ چراغی، مهدی؛ اسلامی، لیلا؛ ۱۳۹٦. تحلیل اثرات اعتبارات مقاوم‌سازی مسکن در معیشت خانوارهای روستایی؛ مطالعه موردی: دهستان معجزات، شهرستان زنجان. *جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)*. دوره ۷، شماره ۲، صص ۲۰–۷.

محمودزاده، حسن؛ آقازاده، نیر؛ هریسچیان، مهدی؛ ۱۳۹۹. تصویرسازی سنجش پایداری مسکن از دیدگاه عدالت فضایی با ترکیب روش معادلات ساختاری و تحلیل چندمتغیرهٔ فازی نمونهٔ پژوهش: منطقهٔ یک کلان‌شهر تبریز. *برنامه‌ریزی فضایی (جغرافیا)*. دوره ۱۰، شماره ٤، صص ۸۵–٦٦.

مرادی، اسکندر؛ گلچینی، سحر؛ خضرنژاد، پخشان؛ ۱۳۹۷. ارزیابی تطبیقی سیر تحول شاخص‌های مسکن نقاط شهری استان کردستان و کشور ایران طی دوره (۱۳۹۰-۱۳٤۵). *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*. دوره ۸، شماره ۳۰، صص ٦٦-٥١.

مشکینی، ابوالفضل؛ خلیجی، محمدعلی؛ ۱۳۹۵. ارزیابی وضعیت مسکن در محله‌های شهر بناب با استفاده از تحلیل خوشه‌ای. *پژوهش‌های جغرافیای انسانی*. دوره ٤۸، شماره ٤، صص ٦۲۹-٦۱۷.

مشکینی، ابوالفضل؛ لطفی، صدیقه؛ احمدی کردآسیایی، فرزانه؛ ۱۳۹۱. ارزیابی عملکرد مدیریت شهری در عدالت فضایی میان نواحی شهری (مطالعه موردی: شهر قائم‌شهر). *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*. دوره ۱۸، شماره ۲، صص ۱۷٤-۱٥۳.

میرکتولی، جعفر؛ آریان کیا، مصطفی؛ ۱۳۹٦. بررسی مؤلفه‌های تأثیرگذار در شکل‌گیری کالبد مسکن شهری از دیدگاهٔ گونه‌شناسی با تأکید بر تراکم ساختمانی و تعداد طبقات (مطالعه موردی: شهر گرگان). *جغرافیای اجتماعی شهری*. دوره ٤، شماره ۱، صص ۱٤۸-۱۳۱.

نیک‌پور، عامر و حسنعلی‌زاده، میلاد؛ ۱۳۹۹. تحلیل میزان انطباق پهنه‌های بافت فرسودهٔ شهری با پهنه‌های فقر (مطالعه موردی: شهر قائم‌شهر). *برنامه‌ریزی توسعه کالبدی*. دوره ۷، شماره ۱۷، صص ٦۰-٤٥.

نیک‌پور، عامر؛ قاسم‌پور، فاطمه؛ ملاحسینی، علی اصغر؛ ۱۳۹۹. تحلیل فضایی شاخص‌های مسکن با رویکرد فرم شهری پایدار (مطالعهٔ موردی: شهر بابل). *جغرافیای اجتماعی شهری*. دوره ۷، شماره ۲، صص ٥۸-٤۱.

یزدانی، محمدحسن؛ حسن‌پور، سحر؛ هاشمی معصوم‌آباد، رضا؛ ۱۳۹۸. تحلیل فضایی ابعاد اجتماعی و کالبدی مسکن در مناطق شهر اهواز. *برنامه‌ریزی توسعه کالبدی*. دوره ٦، شماره ۱٤، صص ٦٦-٥۱.

Abouelmagd, D., Kesteloot, C., Corijn, E., 2013. Housing Projects for Low-Income Groups and Modes of Economic Integration: A Comparative Study in Greater Cairo, Tijdschrift voor economische en sociale geografie, 104(4): 456-477.

Buckley, R., Jerry, K., 2005. Housing Policy in Developing Countries: Conjectures and Refutations, World Bank Res Obs, 233-257.

Bull, g., 1998. The economic of hossing in balchin, p and rodhen, london and newYork: hossing the essetenal faundishions rrutledage.

Dufaux, F., 2008. Birth announcement, justice spatial/spatial justice, www.jssj.org.

Emmanuel, J.B., 2013. Housing Quality” To the Low Income Housing Producers in Ogbere, Ibadan, Nigeria, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 35(2): 483-494.

Gallent, N., Robinson, S., 2011. Local perspectives on rural housing affordability and implications for the localism agenda in England, Journal of Rural Studies, 27: 297-307.

Ha, S.K., 2004. Housing poverty and the role of urban governance in Korea, Environment and Urbanization, 16(1): 139-154.

Huang, Y., Jiang, L., 2009. Housing Inequality in Transitional Beijing, International of urban and Regional Research, 334.

King, P., Alder shot & Ash gate., 2005. A social philosophy of hosing, Habitat International, 29: 611-388.

Le, L. H., Ta, A, D., Dang, H. Q., 2016. Building up a System of Indicators to Measure Social Housing Quality in Vietnam, Procedia Engineering, 142: 115-122.

Ogunleye, M., 2013. Analysis of the Socio-economic Characteristics and Housing Condition in the Core Neighborhood of Akure, Nigeria, Journal of Geography and Regional Planning, 6(6): 229-236.

Oktay, D., & Muazu, J., 2017. Challenges and Prospects for Affordable and Sustainable Housing: The Case of Yola, Nigeria, open gouse international, 36: 108-118.

Pitri, Y., Dominicus, P., Akhmad, F., Arya, D., 2019. Construct validity and internal consistency of sustainable residential area measurement in suburban Indonesia, Journal of Sustainability Science and Management, 14(4): 156-173.

Sang Ho, L., Wong, G., 2009. The First Step on the Housing Ladder: A Natural Experiment in Hong Kong, Joumal of Housing Economics, 18(1): 59- 67.

Soja, E., 2010. Seeking Spatial Justice, USA: University of Minnesota Press.

Soja, E.W., 2008. The City and Spatial Justice, Paper Prepared for Presentation at the Conference Spatial Justice, Nanterre, Paris, 12-14.

Stefan, M., 2009. Institutional Causes of Urban and Rural Sprawl in Switzerland, Land Use Policy, 4: 919-924.

Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Antucheviciene, J., Zakarevicius, A., 2012. Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment, Electronicsand Electrical Engineering, 6(22): 3–6.

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شمارهٔ سی و هشتم، تابستان ۱٤۰۰

صص ۲۲۲- ۲۰۵

: https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.69153.1028

مقاله پژوهشی

تعیین الگوی تاب‌آوری استان‌های ایران

فاطمه نصرنیا- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

نیلوفر اشک تراب – استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده مهندسی زراعی و عمران روستایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

آذر شیخ زین‌الدین[۱]- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۹ تاریخ بازنگری: ۱٤۰۰/۲/۱۲ تاریخ تصویب: ۱٤۰۰/۲/۱۸

چکیده

تاب‌آوری مفهوم جدیدی است که رویکرد اصلی آن طراحی با آسیب‌پذیری کمتر و انعطاف‌پذیری بیشتر در برابر تنش‌ها و حوادث است؛ به‌گونه‌ای که یک استان تاب‌آور، آماده است که در مواقع اضطراری به‌سرعت به شرایط جدید پاسخ داده و با کمترین آسیب به کار خود ادامه دهد. ازاین‌رو، هدف از انجام این مطالعه سنجش تاب‌آوری استان‌های کشور با استفاده از شاخص‌های اقتصادی، اجتماعی، زیرساختی و زیست‌محیطی است. برای این منظور ۲۱ شاخص برای ۳۱ استان کشور جمع‌آوری شد و با ادغام آن‌ها شاخص ترکیبی تاب‌آوری محاسبه شد. به‌منظور تعیین وزن هر یک از شاخص‌ها از روش سلسله مراتبی فازی استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده وزن هر یک از شاخص‌های تاب‌آوری اقتصادی، زیرساختی، اجتماعی و زیست‌محیطی به ترتیب برابر با ۰/٥٦، ۰/۱۳، ۰/۲٤ و ۰/۰۷ به دست آمد. همچنین بر اساس نتایج حاصل از شاخص ترکیبی تاب‌آوری، استان‌های تهران (۰/۷۳۱)، خوزستان (۰/٤۹۸)، اصفهان (۰/٤٤٥)، فارس (۰/٤۳۹)، گیلان (۰/٤۲۰) و مازندران (۰/۳۷٥) بیشترین تاب‌آوری را در بین استان‌های کشور دارند. همچنین استان‌های سیستان و بلوچستان، قم، خراسان‌شمالی، خراسان‌جنوبی، هرمزگان، اردبیل و زنجان آسیب‌پذیرترین استان‌های کشور می‌باشند. درنهایت با توجه به شاخص‌های سازنده تاب‌آوری، نقاط ضعف هر استان مشخص شد و در این راستا پیشنهادهایی ارائه گردید.

کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری منطقه‌ای، تاب‌آوری اقتصادی، تاب‌آوری اجتماعی، تاب‌آوری زیست‌محیطی، تاب آوری زیرساختی.

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۷۲۹٦٦۳۲ Email: azeinoddin@shirazu.ac.ir

۱- مقدمه

تاب‌آوری مفهوم جدیدی است که رویکرد اصلی آن طراحی با آسیب‌پذیری کمتر و انعطاف‌پذیری بیشتر برای مناطق مختلف در برابر تنش‌ها و حوادث است به‌گونه‌ای که یک منطقه تاب‌آور، منطق‌هایی است که در مواقع اضطراری به‌سرعت به شرایط جدید پاسخ داده و با کمترین آسیب به کار خود ادامه می‌دهد. مفهوم تاب‌آوری برای اولین بار در سال ۱۹۷۳ توسط شخصی به نام هولینگ[1] مطرح شد (ویدبورگ[2]، ۲۰۱۷). مطابق تعاریف بیان شده توسط وی، تاب‌آوری معیاری از توانایی سیستم برای جذب تغییرات و ایستادگی در مقابل آن‌هاست. در تعریفی دقیق‌تر تاب‌آوری توانایی سیستم‌های تحت استرس در بازگشت به حالت اصلی و توانایی باز سازمان‌دهی خود است. آدگر (۲۰۰۰) یکی از اولین کسانی بود که تا حدی تعریف تاب‌آوری بوم‌شناختی را به جوامع انسانی گسترش داد. وی تاب‌آوری اجتماعی را به سرمایه اجتماعی مرتبط کرد و آن را بر حسب عوامل اقتصادی، نهادها و مسائل جمعیتی اندازه‌گیری کرد (آدگر[3]، ۲۰۰۰). تاب‌آوری منطقه‌ای بر رفتارها، فرهنگ و مشارکت‌های سیاسی موضوعی منطقه، تأکید می‌کند که نشانگر نقش پویایی ویژگی فضایی در حین ساخت است. بر این اساس، انعطاف‌پذیری منطقه‌ای از نظر عملی و نظری از اهمیت زیادی برخوردار است و به عنصری مهم در تحقیقات منطقه‌ای تبدیل شده است (پنگ و همکاران[4]، ۲۰۱۷).

سوانح و بلایای اتفاق افتاده در دهه‌های اخیر نشان می‌دهد که جوامع و افراد بیشتر از هر زمان دیگری آسیب‌پذیر شده‌اند و اغلب توجه به کاهش آسیب‌پذیری بعد از وقوع بلایا و حوادث اتفاق می‌افتد. تاب‌آوری مفهومی است که در مواجهه با غافلگیری‌ها و اختلالات معنی پیدا می‌کند. به عبارتی در مواجهه با سوانح و حوادث برای روبرو شدن با معضلات، رویکرد پیش‌بینی در نظر گرفته شده و در برابر مشکلات ناشناخته از رویکرد تاب‌آوری استفاده می‌شود (ارایدن و تاسان-کوک[5]، ۲۰۱۳). بحث در رابطه با توسعه پایدار و مباحث مربوط به سازگاری با تغییرات اقلیمی و ... ایده تاب‌آوری را در مطالعات شهری و منطقه‌ای در سطح گسترده وارد کرد (مولر، ۲۰۱۱). هرچند تحقیقات در زمینه سنجش تاب‌آوری در مراحل اولیه توسعه قرار دارد (سیمللارو[6]، ۲۰۱۶).

مطالعات داخلی و خارجی متعددی در زمینه سنجش تاب‌آوری در سطوح مختلف انجام شده است، در ادامه به برخی از مطالعات انجام شده در زمینه تاب‌آوری منطقه‌ای اشاره شده است. فرجی و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه خود به بررسی تاب‌آوری منطقه‌ای در شهرستان‌های استان خوزستان پرداختند. برای این منظور اطلاعات مورد نیاز در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، زیرساختی-خدماتی، بهداشتی-درمانی و زیست‌محیطی و ۲٦ شاخص جمع‌آوری شد. برای

1 Holling
2 Widborg
3 Adger
4 Peng et al.
5 Eraydin and Tasan-Kok
6 Cimellaro

تحلیل داده‌ها از تکنیک آنتروپی شانون به‌منظور وزن‌دهی شاخص‌ها و از تکنیک WASPAS برای رتبه‌بندی شهرستان‌ها استفاده شد. نتایج مطالعه نشان داد که شهرستان‌های اهواز، دزفول، خرمشهر، شادگان، شوش، دشت آزادگان، شوشتر، آبادان، ایذه، رامهرمز، اندیمشک، بهبهان، باغ‌ملک، ماهشهر، رامشیر، امیدیه، کارون، حمیدیه، مسجدسلیمان، باوی، گتوند، لالی، هندیجان، اندیکا، هفتکل، هویزه و آغاجاری به ترتیب در رتبه‌های ۱ تا ۲۷ قرار گرفتند. ندایی طوسی و حسینی‌نژاد (۱۳۹۸) در مطالعه خود به تدوین چارچوبی بهینه در راستای بررسی، سنجش و رتبه‌بندی وضعیت تاب‌آوری منطقه‌ی مرکزی ایران (سه استان اصفهان، چهارمحال و بختیاری و یزد) پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد که استان چهارمحال و بختیاری از بالاترین میزان تاب‌آوری برخوردار بوده و پس‌ازآن به ترتیب دو استان اصفهان و یزد قرار دارند .در این میان استان یزد پایین‌ترین میزان تاب‌آوری را در بین استان‌های منطقه مرکزی دارد؛ بنابراین، ضروری است در برنامه‌ریزی‌ها و تخصیص منابع به ارتقاء و بهبود بخش‌های دارای اولویت توجه ویژه‌ای شود. رویارویی با دستور کارهای تاب‌آوری مستلزم پذیرش رویکردهای برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری فرامنطقه‌ای هم چون منطقه‌گرایی محیط زیستی است. آنامرادنژاد و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی توان تاب‌آوری استان کهکیلویه و بویراحمد در برابر مخاطرات پرداختند. برای این منظور با استفاده از ۳۱ شاخص در سه بعد انسانی، طبیعی و فیزیکی شاخص تاب‌آوری منطقه‌ای محاسبه شد. برای این منظور از روش آنتروپی شانون به‌منظور وزن-دهی و از تکنیک مورا جهت رتبه‌بندی بهره گرفته شد. نتایج این بررسی نشان داد که شهرستان‌های بویراحمد، کهگیلویه، گچساران، دنا، باشت، چرام و بهمئی به ترتیب در رتبه ۱ تا ۷ در شاخص تاب‌آوری منطقه‌ای قرار دارند. قنبری (۱۳۹۹) به ارزیابی ارتباط بین تاب‌آوری منطقه‌ای و آسیب‌پذیری محیطی در منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه پرداخت. در این مطالعه منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه شامل ۸ شهرستان آذرشهر، اسکو، بناب، تبریز، شبستر، عجب‌شیر، مراغه و ملکان به‌عنوان محدوده مطالعاتی به‌منظور تدوین طرح تاب‌آوری منطقه‌ای انتخاب گردید. با بررسی مبانی نظری، رویکردی بدیع با تلفیق روش‌های کمی شاخص مبنا و GIS در تبیین ارتباط بین آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات محیطی و تاب‌آوری منطقه‌ای ارائه گردید. بر همین اساس دو شاخص آسیب‌پذیری محیطی (EVI)با کاربست ۸ معیار تبیین‌کننده مخاطرات محیطی و شاخص کلی تاب‌آوری منطقه‌ای (RRI) با استفاده از ۱۹ معیار در سه بعد اجتماعی، دسترسی به زیرساخت‌ها و همچنین بعد استحکام بنا در نواحی روستایی ارائه گردید. نتایج به دست آمده نشان داد که ٦٢ درصد از مساحت محدوده مطالعاتی در وضعیت آسیب‌پذیری زیاد قرار گرفته است که الگوی توزیع فضایی آن عمدتاً در مرکز منطقه و در محدوده شهرستان‌های آذرشهر، عجب‌شیر و اسکو است. در مقابل ٤٣ درصد از مساحت منطقه دارای ظرفیت بالای تاب‌آوری و ۲۷ درصد از مساحت کل منطقه در وضعیت تاب‌آوری پایین قرار گرفته است.

تان و همکاران[1] (۲۰۲۰) به بررسی نقش ساختار صنعتی در شکل‌گیری تاب‌آوری اقتصادی منطقه‌ای پرداختند. در این پژوهش تاب‌آوری اقتصادی به یک اثر ساختار صنعتی[2] و یک اثر نمایندگی[3] تجزیه شد و تأثیر ساختار صنعتی را از نظر تنوع و تخصص با یک مدل رگرسیون پانل تجزیه‌وتحلیل کردند. نتایج نشان می‌دهد که انعطاف‌پذیری اقتصادی کلی عمدتاً توسط اثر نمایندگی‌ها تعیین می‌شوند؛ درحالی‌که ساختار صنعتی تأثیر منفی دارد. این مطالعه نشان داد که تحقیقات تاب‌آوری اقتصادی منطقه‌ای باید با توجه به دیدگاه چند مقیاسی، چند بازیگری، حساس به زمینه و ترکیب نقش ساختار و سازمان، دنبال شود. فلدمایر و همکاران[4] (۲۰۲۰) در مطالعه خود به‌منظور سنجش تاب‌آوری منطقه‌ای به توسعه یک شاخص ترکیبی جدیدی پرداختند. برای این منظور ابتدا به توسعه و عملیاتی سازی تاب‌آوری آب‌وهوا در سطح شهرستان‌های ایالت بادن–وورتمبرگ، آلمان پرداخته شد. سپس، به توسعه شاخص‌های ترکیبی متعدد برای ارزیابی تأثیر روش ساخت‌وساز برای افزایش شفافیت و کاهش عدم اطمینان پرداختند. نتایج نشان دهنده تاب‌آوری کم آب‌وهوایی در مناطق روستایی در مقایسه با کلان‌شهرها با وجود وضعیت زیست‌محیطی بهتر است. کاردونی و همکاران[5] (۲۰۲۱) در مطالعه خود یک روش مبتنی بر شاخص را برای ارزیابی انعطاف‌پذیری منطقه‌ای ایتالیایی پیشنهاد کردند. مجموعه‌ای از ۱۲ شاخص از داده‌های سرشماری عمومی انتخاب شد. برای هر منطقه سه شاخص انعطاف‌پذیری مختلف محاسبه شد. اولین مورد اندازه‌گیری کلی انعطاف‌پذیری است، درحالی‌که دو مورد دیگر نشان دهنده انعطاف‌پذیری در هنگام مواقع وقوع فاجعه و مرحله بازسازی پس از وقوع فاجعه است. نتایج به دست آمده از این مطالعه اطلاعاتی را فراهم می‌کنند که تأثیر بالایی در انعطاف‌پذیری منطقه‌ای دارند و می‌توانند توسط تصمیم‌گیرندگان برای تخصیص مؤثر منابع استفاده شوند. این روش همچنین برای ارزیابی خطر اپیدمی منطقه‌ای گسترش یافته است که می‌تواند به‌عنوان ابزاری مقدماتی برای توسعه استراتژی‌های کاهش خطر در برابر خطرات بیولوژیکی مورد استفاده قرار گیرد.

در سال‌های اخیر، مطالعه درباره مفاهیم تاب‌آوری در مقیاس‌های شهری و منطقه‌ای توجه ویژه‌ای را به خود جلب کرده است، هرچند سطح و تعداد این مطالعات در مقیاس شهری بیش از مطالعات انجام شده در مقیاس‌های بالاتر است. ازاین‌رو، خلأ این دسته از مطالعات در حوزه مطالعات منطقه‌ای نمایان است. به‌ویژه در کشور ایران، با وجود برخی مطالعات در زمینه متون نظری در مقیاس شهری، هنوز مطالعه عمیق و جامعی بر روی مفهوم تاب‌آوری در بعد منطقه‌ای صورت نپذیرفته است. ارزیابی تاب‌آوری (شناسایی تاب‌آوری منطقه‌ای) یکی از مهم‌ترین اجزای باقیمانده برای هدایت توسعه منطقه‌ای است که پایه و اساس برای تعیین بیشتر اهداف تاب‌آوری منطقه‌ای و بهینه-

1 Tan et al.
2 Industrial structure effect
3 Agency effect
4 Feldmeyer et al.
5 Cardoni et al.

سازی توسعه تاب‌آوری است (پنگ و همکاران، ۲۰۱۶). ارزیابی تاب‌آوری منطقه‌ای با توجه به شاخص‌ها و استانداردهای مناسب در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، زیرساختی و ... انجام می‌شود. ظرفیت منطقه در این ابعاد نشان از توانایی منطقه به‌منظور آمادگی و اجرا و بازیابی پس از وقوع مخاطرات طبیعی و انسانی در منطقه است. هر منطقه دارای توان‌ها و ضعف‌هایی در زمینه تاب‌آوری است که شناسایی آن‌ها به برنامه‌ریزی‌های دقیق‌تر و کاهش مسائل منطقه کمک می‌کند. ازاین‌رو، هدف از انجام این مطالعه ارزیابی تاب‌آوری استان‌های مختلف کشور در ابعاد مختلف اقتصادی، زیرساختی، اجتماعی و زیست‌محیطی است.

۲- روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع ترکیبی، از نظر رویکرد توصیفی – تحلیلی و از نظر هدف نیز کاربردی است. در مطالعه حاضر، اطلاعات مورد نیاز از سالنامه آماری استان‌های کشور جمع‌آوری شد (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۹). پس از جمع-آوری داده‌های لازم، شاخص تاب‌آوری در سطح استان‌ها ایران محاسبه شد. به‌منظور محاسبه شاخص تاب‌آوری هر استان، پس از مشخص شدن متغیرهای مورد استفاده برای محاسبه‌ی شاخص تاب‌آوری به روش زیر اقدام شد:

۱- ابتدا مقادیر حداقل و حداکثر و مقادیر مرجع برای داده‌های هر یک از متغیرها محاسبه شد.

۲- مقیاس داده‌های "خام" به "نمره" صفر تا ۱، تبدیل شد. این تبدیل با هدف تسهیل مقایسه و خارج نمودن داده‌های متغیرها از بعد صورت می‌گیرد. اجرای این مرحله با استفاده از روابط زیر صورت می‌گیرد:

اگر $i \in [1,N]$ و N تعداد نقاط (استان‌ها) موردمطالعه و $j \in [1,M]$ j نیز متغیرهای منتخب مورد استفاده باشد هم-چنین فرض شود که x_{ij} مقداری است که متغیر j برای استان i اختیار می‌کند آنگاه اگر مقادیر متغیرهای مورد استفاده را به‌صورت صعودی رتبه‌بندی کنیم که طی آن مقادیر بالاتر برای متغیر یادشده به معنی تاب‌آوری بیشتر یا آمادگی بیشتر باشد، تابع عضویت متغیر j را برای منطقه i یعنی $\mu_j(i)$ را می‌توان به‌صورت زیر تعریف نمود (برگر و وردیر–چوچانه[1]، ۲۰۰۷):

$$\mu_j(i) = \frac{x_j^{\max} - x_j^i}{x_j^{\max} - x_j^{\min}} \qquad (۱)$$

که در آن $x_j^{\min} = Min_i(x_j^i)$ و $x_j^{\max} = Max_i(x_j^i)$. تابع $\mu_j(i)$ میزان تاب‌آوری (آمادگی) iامین استان را نسبت به متغیر j اندازه‌گیری می‌کند. به همین ترتیب اگر متغیرها را به‌صورت نزولی مرتب کنیم تابع عضویت $\mu_j(i)$ به-صورت زیر تعریف خواهد شد:

---
1 -Berenger and Verdier-Chouchane

$$\mu_j(i) = \frac{x_j^i - x_j^{min}}{x_j^{max_j^{min}}} \qquad (۲)$$

توابع یادشده توابعی افزایشی از درجه تاب‌آوری بوده و مقادیری بین صفر و یک اختیار می‌کنند.

۳- مرحله سوم شامل تعیین وزن هریک از متغیرهایی است که بر اساس مرحلـه قبـل از بعـد خـارج شـده‌انـد. بـا توجه به این‌که متغیرهای مورد استفاده نامتجانس هستند لذا لازم است وزن هر یک از متغیرهـا در جـزء اصـلی و زیـر جزء مربوطه تعیین شود. لازم به ذکر است که در این مطالعه از روش سلسله مراتبـی فـازی[1] بـه‌منظور تعیـین وزن هـر یک از این اجزا استفاده شد.

٤- پس از تعیـین وزن هریـک از اجـزا، مقـادیر تـاب‌آوری در هـر یـک از شـاخص‌هـای تـاب‌آوری اقتصـادی، زیرساختی، اجتماعی و زیست‌محیطی (R_i) برای هر استان به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$\boldsymbol{R_i} = \sum_j^n \boldsymbol{w_j}\, \mu_j \qquad (۳)$$

که در رابطه بالا w_j وزن هریک از اجزاء فرعی در زیر جزء اصلی است کـه بـا اسـتفاده از روش FAHP دسـت آمده است.

۵- درنهایت با استفاده از فرمول زیر می‌توان تاب‌آوری کلی هر استان (UR_i) را به‌صورت زیر محاسبه کرد:

$$UR_i = \sum_{n=1}^{5} w_n R_i \qquad (٤)$$

که در این رابطه UR_i تاب‌آوری کلی iامین اسـتان، w_n وزن جـزء اصـلی محاسـبه شـده بـه روش FAHP و R_i مقادیر تاب‌آوری در هر یک از شاخص‌های تاب‌آوری اقتصادی، زیرساختی، اجتماعی و زیست‌محیطی است.

۲-۱- روش سلسله مراتبی فازی

در مطالعه حاضر از روش پیشنهادی چانگ (۱۹۹٦) استفاده شـد (چانـگ[2]، ۱۹۹٦). روش گسـترش یافتـه چانـگ بیش از همه روش‌های دیگر برای محاسبات تحلیل سلسله‌مراتبی فازی مورد استفاده قرار گرفتـه اسـت. در ایـن روش، هر یک از قضاوت‌ها در ماتریس‌های مقایسه فازی $\tilde{X}$ و به‌صورت اعداد فازی مثلثی $\tilde{X} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$ بیـان مـی‌گردند که در آن m_{ij} محتمل‌ترین ارزش عدد فازی $\tilde{X}_{ij}$، l_{ij} و u_{ij} به ترتیب کمترین و بیشترین میزان آن را به خـود اختصاص می‌دهند. جدول (۱) مقیاس‌های فازی مورد استفاده در روش تحلیل سلسله مراتبی فازی را نشان می‌دهد.

1 Fuzzy analytic hierarchy process (FAHP)
2 Chang

جدول ۱- تبدیل متغیرهای بیانی به اعداد فازی مثلثی

متغیر زبانی	عدد فازی	مقیاس فازی
یکسان	$\tilde{1}$	(۱، ۱، ۱)
اندکی مهم‌تر	$\tilde{3}$	(۳/۵، ۳، ۲/۵)
مهم‌تر	$\tilde{5}$	(۵/۵، ۵، ٤/۵)
بسیار مهم‌تر	$\tilde{7}$	(۷/۵، ۷، ٦/۵)
اکیداً مهم‌تر	$\tilde{9}$	(۹،۹،۸)
مقادیر میانی دو سطح	$\tilde{2}, \tilde{4}, \tilde{6}, \tilde{8}$	(X+۰/۵، X، X−۰/۵)
متغیر زبانی	عدد فازی	مقیاس فازی

مأخذ: Lin, 2009

روش چانگ برای محاسبه بردار اولویت‌ها مبتنی بر روشی به نام روش تحلیل توسعه‌ای است. بر این اساس ارزش توسعه برای هر یک از ستون‌های ماتریس مقایسه دودویی به‌صورت رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

$$S_k = \sum_{j}^{m} X_{kj} \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} X_{ij}\right]^{-1} \quad (۵)$$

که در آن:

$$\sum_{j=1}^{m} X_{kj} = \left[\sum_{j=1}^{m} l_{kj}, \sum_{j=1}^{m} m_{kj}, \sum_{j=1}^{m} u_{kj}\right] \quad (٦)$$

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} X_{ij}\right]^{-1} = \left[\frac{1}{\sum_{j=1}^{n} u_{ij}}, \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} m_{ij}}, \frac{1}{\sum_{j=1}^{n} l_{ij}}\right] \quad (۷)$$

لازم به ذکر است که محاسبه جمع و ضرب موجود در روابط فوق به‌صورت مؤلفه به مؤلفه صورت می‌پذیرد. پس از محاسبه هر یک از S_kها، اکنون می‌بایست درجه بزرگی (امکان‌پذیری) آن‌ها را نسبت به یکدیگر محاسبه نمود. برای این منظور درجه بزرگی برای دو عدد فازی S_1 و S_2؛ $(S_1 = (l_1, m_1, u_1) \geq S_2 = (l_2, m_2, u_2))$ به‌صورت رابطه (۸) تعریف می‌گردد:

$$V(S_1 \geq S_2) = SUP\left(Min\left(\infty_{S_1}^{x}, \infty_{S_2}^{y}\right)\right) = hgt(S_1 \cap S_2) \quad (۸)$$

و در جه بزرگی $S_1 \geq S_2$ از طریق رابطه (۹) محاسبه می‌شود:

$$V(S_1 \geq S_2) = \begin{cases} 1 & if \ m_1 \geq m_2 \\ 0 & if \ \ l_2 \geq u_1 \\ \dfrac{(l_2 - u_1)}{(m_1 - u_1) - (m_2 - l_2)} & otherwise \end{cases} \quad (۹)$$

در ضمن میزان بزرگی یک عدد فازی از n عدد فازی دیگر به‌صورت زیر است:

$$V(S_1 \geq S_2, S_3, \ldots\ldots, S_n) = V(S_1 \geq S_2), V(S_1 \geq S_3), \ldots\ldots, V(S_1 \geq S_n) \qquad (۱۰)$$

اکنون با محاسبه درجه بزرگی شاخص‌ها می‌توان وزن شاخص‌ها را تعیین نمود. بـرای ایـن منظـور رابطـه (۱۱) را موردتوجه قرار می‌دهیم:

$$W'_{x_i} = Min\{V(S_1 \geq S_n)\} \qquad (۱۱)$$

و بدین ترتیب می‌توان بردار اولویت شاخص‌ها را به‌صورت رابطه (۷۲) استخراج نمود:

$$W' = (W'_{x_2}, \ldots\ldots, W'_{x_n})^T \qquad (۱۲)$$

بردار اولویت‌های به دست آمده از رابطه (۱۲) غیر استاندارد بوده و نیاز به استانداردسازی دارند. بـرای ایـن منظـور لازم است تا با استفاده از رابطه (۱۳) بردار اولویت‌های ماتریس را استاندارد نمود.

$$W_{x_i} = \frac{W'_{x_i}}{\sum_{i=1}^{n} W_{x_i}} \qquad (۱۳)$$

مراحل فوق‌الذکر را در تمامی سطوح (معیارها، زیرمعیارها، شاخص‌ها) محاسبه نموده و درنهایـت بـه‌منظور تعیـین بردار اولویت نهایی شاخص‌ها (گزینه‌ها) لازم است تا تلفیق و ترکیب امتیازات معیارهـا و زیرمعیارهـا صـورت پـذیرد. بدین منظور برای تعیین وزن معیارها و زیر معیارهـا از پرسشـنامه مقایسـات زوجـی اسـتفاده شـد. پرسشـنامه پـس از تدوین در اختیار ۱۵ فرد صاحب‌نظر در زمینه موضوع تاب‌آوری شامل اساتید دانشگاه، کارشناسان و افـراد خبـره قـرار داده شد. در مرحله بعد نظرات این افراد ادغام شد و به‌منظور تعیین اهمیت هر یک از معیارها و زیـر معیارهـا در روش سلسله مراتبی فازی استفاده شد. درنهایت حاصل‌ضرب ضـرایب اهمیـت معیـار در زیرمعیارهـا و شـاخص‌هـا میـزان اهمیت نهایی شاخص‌ها را نمایان می‌سازد. در جدول (۲) شاخص‌های انتخاب شـده در هـر یـک از ابعـاد اقتصـادی، اجتماعی، زیرساختی و زیست‌محیطی و وزن هر یک از ابعاد و شاخص‌های هر بعـد کـه سـپس بـا اسـتفاده از روش سلسله مراتبی فازی محاسبه شده‌اند گزارش شده است. بر اساس نتایج به دست آمده وزن هـر یـک از شـاخص‌هـای تاب‌آوری اقتصادی، زیرساختی، اجتماعی و زیست‌محیطی به ترتیب برابر با ۰/۵۶، ۰/۱۳، ۰/۲۴ و ۰/۰۷ به دست آمد.

جدول ۲- شاخص‌های مورد استفاده در ابعاد اقتصادی، اجتماعی، زیرساختی و زیست‌محیطی به همراه وزن آن‌ها

ابعاد تاب‌آوری	شاخص‌ها	وزن	منبع
تاب‌آوری اقتصادی (وزن ۰/۵۶)	تولید ناخالص داخلی	۰/۵۲۷	Grunfelder et al., 2016; Zhenge et al., 2018
	مخارج مالی دولت	۰/۱۱۹	Zhenge et al., 2018
	درصد جمعیت شهری	۰/۰۳۶	Zhenge et al., 2018
	تراکم نسبی جمعیت	۰/۰۴۷	Grunfelder et al., 2016; Zhenge et al., 2018
	متوسط درآمد ناخالص سالانه	۰/۲۷۱	Grunfelder et al., 2016; Zhenge et al., 2018

ابعاد تاب‌آوری	شاخص‌ها	وزن	منبع
تاب‌آوری اجتماعی (وزن ۰/۱۳)	شاخص توسعه انسانی	۰/۲۳۹	Zhenge et al., 2018
	نسبت جمعیت آسیب‌پذیر	۰/۰۲۸	Zhenge et al., 2018
	نسبت سالمندان با مستمری	۰/۱۲۵	Zhenge et al., 2018
	درصد پوشش بیمه درمانی	۰/۰۷٤	Zhenge et al., 2018
	تعداد خانوارهای تحت حمایت دولت	۰/۰٤۱	Zhenge et al., 2018
	دسترسی به آب آشامیدنی	۰/۲۱۲	Annoni et al., 2016
	دسترسی به بهداشت	۰/۱۹۱	Domínguez-Torreiro (2016)
تاب‌آوری زیر ساختی (وزن ۰/۲٤)	سهم جمعیت تحت پوشش فاضلاب	۰/٦۳٥	Zhenge et al., 2018
	جمع پزشک و پیراپزشک	۰/۲۷۲	Peng, 2017
	پوشش مخارج مالی	۰/۰۹۳	Zhenge et al., 2018
تاب‌آوری زیست‌محیطی (وزن ۰/۰۷)	درصد پوشش جنگل	۰/۰۲۷	Zhenge et al., 2018
	نسبت هزینه‌های زیست‌محیطی در مخارج مالی	۰/۲۲۱	Zhenge et al., 2018
	مصرف انرژی	۰/۱۹۸	Moghim and Kaveh Garna (2019)
	انتشار co2	۰/۱٦۷	Moghim and Kaveh Garna (2019)
	آلودگی هوا	۰/۱۸۷	Moghim and Kaveh Garna (2019)
	تعداد روزهای با هوا خوب	۰/۲	Zhenge et al., 2018

در انتها به‌منظور طبقه‌بندی استان‌های کشور از نظر شاخص تاب‌آوری، از روش خوشه‌بندی سلسله مراتبی استفاده شد. خوشه‌بندی سلسله مراتبی، به خوشه‌بندی گفته می‌شود که طی آن یک مجموعه از خوشه‌های تو در تو که در غالب ساختار درختی و به‌صورت سلسله مراتبی سازماندهی شده‌اند، تولید شود. با استفاده از نمودار دندروگرام[1] می‌توان چگونگی تشکیل خوشه‌های تو در تو را نمایش داد. یکی از نقاط قوت خوشه‌بندی سلسله مراتبی این است که در این روش خوشه‌بندی، بر خلاف خوشه‌بندی افرازی اجباری به تعیین تعداد خوشه‌ها وجود ندارد. در این روش هر تعداد مطلوب از خوشه‌ها می‌تواند به‌وسیله قطع کردن دندروگرام در یک سطح مناسب به دست آید. نقطه روشن دیگر در این روش خوشه‌بندی آن است که ممکن است در پایان عملیات خوشه‌بندی، نتایج علمی معنی‌داری ارائه گردد (هشیارمنش و همکاران، ۱۳۹۲).

1 Dendeogram

۳-نتایج و بحث

در این مطالعه شاخص‌های تاب‌آوری اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و زیرساختی برای استان‌های ایران محاسبه شدند. درنهایت با ترکیب این چهار شاخص، شاخص تاب‌آوری محاسبه شد. به‌منظور تعیین وزن هر یک از شاخص‌ها از روش سلسله مراتبی فازی استفاده گردید. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده وزن هر یک از شاخص‌های تاب‌آوری اقتصادی، زیرساختی، اجتماعی و زیست‌محیطی به ترتیب برابر با ۰/۵٦، ۰/۱۳، ۰/۲٤ و ۰/۰۷ به دست آمد؛ بنابراین در شاخص ترکیبی تاب‌آوری بیشترین وزن به تاب‌آوری اقتصادی و کمترین وزن به تاب‌آوری زیست-محیطی تعلق گرفته است. در جدول (۳) نتایج حاصل از محاسبه هر یک از شاخص‌های تاب‌آوری اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و زیرساختی و درنهایت شاخص ترکیبی تاب‌آوری گزارش شده است. بر اساس نتایج ارائه شده در این جدول، هر چه مقدار شاخص بیشتر (به یک نزدیک‌تر) باشد نشانگر تاب‌آوری بیشتر استان و هر چه مقدار آن کمتر باشد بیانگر آسیب‌پذیری بیشتر است.

تاب‌آوری اقتصادی به شدت و میزان خسارت وارده، ظرفیت یا توانایی جبران خسارات و توانایی برگشت به شرایط شغلی و درآمدی مناسب، میزان سرمایه خانوار و درآمدهای قابل تبدیل به سرمایه و اشتغال، وضعیت مسکن، میزان دسترسی به خدمات مالی، بیمه، و توانایی احیای دوباره فعالیت‌های اقتصادی خانوارها بعد از یک سانحه، ارزیابی می‌شود. این بعد از تاب‌آوری، پایداری اقتصادی به‌ویژه پایداری معیشت را در سطح جامعه افزایش یا کاهش می‌دهد. وضعیت اقتصادی در میزان تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات می‌تواند نقش به سزایی داشته باشد. در این مطالعه شاخص تاب‌آوری اقتصادی از ترکیب ۵ شاخص (تولید ناخالص داخلی، مخارج مالی دولت، درصد جمعیت شهری، تراکم نسبی جمعیت و متوسط درآمد ناخالص سرانه) به دست آمد. در میان شاخص‌های اقتصاد کلان، تولید ناخالص داخلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا نه‌تنها به‌عنوان مهم‌ترین شاخص عملکرد اقتصادی در تجزیه‌وتحلیل‌ها و ارزیابی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد، بلکه بسیاری از دیگر اقلام کلان اقتصاد محصولات جنبی محاسبه و برآورد آن محسوب می‌گردند. در این شاخص استان تهران بیشترین مقدار و استان خراسان جنوبی کمترین مقدار را دارد. همچنین در شاخص مخارج مالی دولت به ترتیب استان تهران و قم بیشترین و کمترین مقدار را دارند. شاخص متوسط درآمد ناخالص سالانه یک خانوار نیز در استان تهران بیشترین و در استان لرستان کمترین مقدار را دارد. این سه شاخص، شاخص‌های بیشتر بهتر هستند و بنابراین تأثیر مثبتی بر تاب‌آوری اقتصادی استان‌ها خواهند داشت؛ اما دو شاخص درصد جمعیت شهری و تراکم نسبی جمعیت شاخص‌های کمتر بهتر هستند و هر چه مقدار آن‌ها کمتر باشد منجر به افزایش تاب‌آوری اقتصادی خواهد شد. در شاخص درصد جمعیت شهری استان قم و سیستان و بلوچستان به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار و در شاخص تراکم نسبی جمعیت استان تهران و خراسان جنوبی به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را دارند. از ترکیب این ۵ شاخص، شاخص تاب‌آوری اقتصادی محاسبه

شد. متوسط شاخص تاب‌آوری اقتصادی استان‌های کشور برابر بـا ۰/۲۴۲ اسـت. ایـن میـزان نشـان مـی‌دهـد بـه‌طور متوسط تاب‌آوری اقتصادی در بین استان‌های کشور، پائین است. همچنین با بررسی میزان تاب‌آوری اقتصـادی در بـین استان‌های کشور مشاهده می‌شود که تاب‌آورترین استان‌ها به ترتیـب اسـتان‌های تهـران (۰/۹۱۸)، خوزسـتان (۰/۵۵۷)، مازندران (۰/۳٦٦)، فارس (۰/۳۵۸) و بوشهر (۰/۳٤۵) می‌باشند. همچنـین اسـتان‌های خراسـان شـمالی (۰/۰۹۷)، قـم (۰/۱۰۳)، لرستان (۰/۱۱۳)، کردستان (۰/۱۱۷)، اردبیل (۰/۱۳۰) و ایلام (۰/۱٤۰) به ترتیب آسـیب‌پـذیرترین اسـتان‌های کشور از نظر اقتصادی می‌باشند که لازم است با توجه به نقاط ضعف هر استان در هر شاخص، در صـدد بهبـود تـاب-آوری اقتصادی آن استان گام‌های مؤثری برداشته شود.

یکی دیگر از جنبه‌های مهم تاب‌آوری، تاب‌آوری اجتماعی است. تاب‌آوری اجتماعی را می‌توان ظرفیـت تبـدیل و تحول، تطبیق و سازگاری و توان مقابلـه بـا تـنش و بحـران‌هـای اجتمـاعی نامیـد. ایجـاد توانمنـدی در تـاب‌آوری اجتماعی، توان یک اجتماع برای بازگشت به تعادل یا پاسخ مثبت به مصیبت‌ها اسـت. اثـر ایـن تـاب‌آوری به‌انـدازه‌ای است که ممکن است در جامعه‌ای آسیب‌پذیری بالا باشد ولی ارتباطات اجتماعی به‌قدری قـوی باشـد کـه برگشـت از حالت آسیب‌دیده بسیار سریع رخ دهد. همان‌طور که در جدول (۲) مشخص شـده اسـت بـرای محاسـبه تـاب‌آوری اجتماعی از ۷ شاخص استفاده شد که در این بین بیشترین وزن بـه شـاخص‌هـای توسـعه انسـانی، دسترسـی بـه آب آشامیدنی و بهداشت اختصاص داده شده است. در بین استان‌های کشور، در شـاخص‌هـای توسـعه انسـانی و نسـبت سالمندان با مستمری استان تهران، در شاخص نسبت جمعیت آسیب‌پذیر استان البرز، در شاخص درصد پوشـش بیمـه درمانی استان خراسان شمالی، در شاخص تعداد خانوارهای تحت حمایت دولت استان خوزستان و در شـاخص‌هـای دسترسی به آب آشامیدنی و بهداشت استان سمنان بهترین وضعیت را دارند. در مقابل شـاخص‌هـای توسـعه انسـانی، نسبت سالمندان با مستمری، نسبت جمعیت آسیب‌پذیر، درصد پوشش بیمـه درمـانی، دسترسـی بـه آب آشـامیدنی و دسترسی به بهداشت به ترتیب در اسـتان‌های سیسـتان و بلوچسـتان، سیسـتان و بلوچسـتان، بوشـهر، البـرز، سـمنان، سیستان و بلوچستان و اردبیل بدترین وضعیت را دارند؛ بنابراین از طریق بهبود شاخص‌های اجتماعی مـی‌تـوان زمینـه افزایش تاب‌آوری اجتماعی را در این استان‌ها فراهم نمود. متوسط شـاخص تـاب‌آوری اجتمـاعی در بـین اسـتان‌های کشور برابر با ۰/٤٤۱ می‌باشد. این مقدار نشاندهنده تاب‌آوری اجتماعی متوسط در بین استان‌های کشـور مـی‌باشـد. بـا مقایسه این مقدار با متوسط شاخص تاب‌آوری اقتصادی این نتیجه حاصل می‌شود که اسـتان‌های کشـور از تـاب‌آوری اجتماعی بیشتری نسبت به اقتصادی برخوردار هستند. از نظر تاب‌آوری اجتماعی بـه ترتیـب اسـتان‌های سـمنان، یـزد، گیلان، اصفهان و تهران بهترین جایگاه را دارند. در مقابل استان‌های سیستان و بلوچستان، آذربایجـان غربـی، کردسـتان، اردبیل، لرستان و هرمزگان آسیب‌پذیرترین استان‌ها از نظر اجتماعی می‌باشند.

جدول ۳- سنجش شاخص تاب‌آوری و ابعاد آن در استان‌های کشور

استان	تاب‌آوری اقتصادی	تاب‌آوری اجتماعی	تاب‌آوری زیست‌محیطی	تاب‌آوری زیر ساختی	تاب‌آوری	رتبه تاب‌آوری
اردبیل	۰/۱۳	۰/۲۵۵	۰/۷۷۱	۰/۳۲۵	۰/۲۳۸	۲٦
اصفهان	۰/۳۲۹	۰/۵۹۵	۰/۵٦۹	۰/۵۹٦	۰/٤٤۵	۳
البرز	۰/۲٤۵	۰/۳۹۲	۰/۷۵٦	۰/۱٦۸	۰/۲۸۲	۱۸
ایلام	۰/۱٤	۰/۵۵۱	۰/٦۵٤	۰/۳۰۹	۰/۲۷۲	۲۱
آذربایجان شرقی	۰/۲۱۵	۰/٤۷۵	۰/٦۳۸	۰/٤۸۰	۰/۳٤۲	۱۰
آذربایجان غربی	۰/۱۹٦	۰/۲۲۰	۰/۷۷۰	۰/٤۸٦	۰/۳۰۸	۱٤
بوشهر	۰/۳٤۵	۰/۵۰۹	۰/۸۱۹	۰/۱۸٤	۰/۳٦۲	۷
تهران	۰/۹۱۸	۰/۵۷۸	۰/۳۲۷	۰/٤۹۹	۰/۷۳۱	۱
چهارمحال و بختیاری	۰/۲۲۱	۰/۵۵٦	۰/٦۹٤	۰/۳۹۲	۰/۳٤۰	۱۱
خراسان جنوبی	۰/۱٤۷	۰/٤۳۰	۰/٦۳۵	۰/۱۷۱	۰/۲۲۵	۲۸
خراسان رضوی	۰/۳۲۰	۰/۳۹٤	۰/۵۷٦	۰/۳۲۷	۰/۳۵۰	۸
خراسان شمالی	۰/۰۹۷	۰/۳٦۱	۰/۷۰۹	۰/۱۸۷	۰/۱۹۷	۲۹
خوزستان	۰/۵۵۷	۰/٤۹۱	۰/۳۹٤	۰/۳۹۱	۰/٤۹۸	۲
زنجان	۰/۱٤۷	۰/۳۹۷	۰/۸٤٦	۰/۱۸۹	۰/۲٤۰	۲۵
سمنان	۰/۱٤۲	۰/۷٤۰	۰/۷۹۵	۰/۰۹۳	۰/۲۵٦	۲۳
سیستان و بلوچستان	۰/۱٦	۰/۱۲۸	۰/٤٤۵	۰/۱٤٦	۰/۱۷۲	۳۱
فارس	۰/۳۵۸	۰/۵٦٦	۰/۵٤٦	۰/۵۲٦	۰/٤۳۹	٤
قزوین	۰/۱۹۳	۰/۵٤۵	۰/۷۰۹	۰/٤۹٦	۰/۳٤۸	۹
قم	۰/۱۰۳	۰/۳٦۸	۰/٤۸۸	۰/۱۸۰	۰/۱۸٤	۳۰
کردستان	۰/۱۱۷	۰/۲٤۱	۰/۷۳۳	۰/٦۷۲	۰/۳۰۹	۱۳
کرمان	۰/۲٦۵	۰/٤۱۳	۰/۷۰۳	۰/۰۹۳	۰/۲۷۵	۲۰
کرمانشاه	۰/۱٤۹	۰/۳٦۱	۰/٦۹٤	۰/۵۰۰	۰/۳۰۰	۱٦
کهگیلویه و بویراحمد	۰/۲۵۲	۰/۳۱۱	۰/۷٤۲	۰/۱۵۳	۰/۲۷۱	۲۲
گلستان	۰/۲۳۰	۰/٤۸۲	۰/۸۵٤	۰/۱۰٤	۰/۲۷۷	۱۹
گیلان	۰/۲٦۲	۰/٦۰۹	۰/۸۷۱	۰/۵۵۲	۰/٤۲۰	۵
لرستان	۰/۱۱۳	۰/۳۰۰	۰/٦٦٦	۰/٤۱۲	۰/۲٤۸	۲٤
مازندران	۰/۳٦٦	۰/۵٦۹	۰/۸۳۷	۰/۱۵۰	۰/۳۷۵	٦
مرکزی	۰/۱۹۸	۰/۵۱۲	۰/۵۲٦	۰/۳۸٤	۰/۳۰۷	۱۵
هرمزگان	۰/۱۵۸	۰/۳۰۳	۰/٤۲۵	۰/۳۱۷	۰/۲۳٤	۲۷
همدان	۰/۱۹٤	۰/۳٦۵	۰/٦۹۹	۰/٤۹۷	۰/۳۲٤	۱۲
یزد	۰/۲۳۱	۰/٦۵۰	۰/٦۰٦	۰/۱۱۹	۰/۲۸٦	۱۷
حداکثر	۰/۹۱۸	۰/۷٤۰	۰/۸۷۱	۰/٦۷۲	۰/۷۳۱	

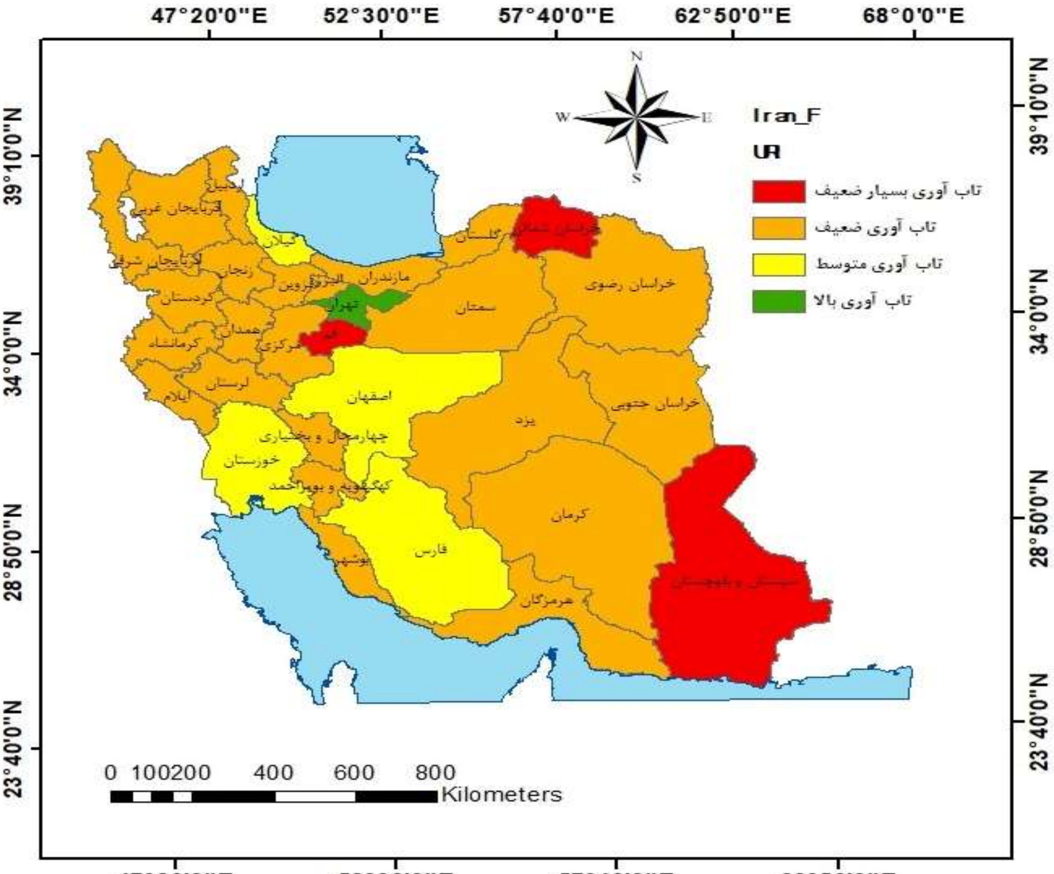
استان	تاب‌آوری اقتصادی	تاب‌آوری اجتماعی	تاب‌آوری زیست‌محیطی	تاب‌آوری زیر ساختی	تاب‌آوری	رتبه تاب-آوری
حداقل	۰/۰۹۷	۰/۱۲۸	۰/۳۲۷	۰/۰۹۳	۰/۱۷۲	

مأخذ: یافته‌های تحقیق

مشکلات زیست‌محیطی یکی از اساسی‌ترین مسائل استان‌ها است که حاصل تعارض و تقابل آن‌ها با محیط طبیعی است؛ چراکه توسعه‌ی استان‌ها ناگزیر با تسلط ساختمان‌ها، صنایع و حمل‌ونقل و فعالیت‌های اقتصادی بر فضاهای طبیعی همراه است. این تسلط به‌مرورزمان به شکل چیرگی استان بر طبیعت تغییر یافته است و زمینه‌ساز آلودگی‌های گسترده شده است. هر استان در برابر مسائل متنوع زیست‌محیطی، آسیب‌پذیری مختلفی دارد که این امر به تاب-آوری آن‌ها بستگی دارد. در این مطالعه از شاخص‌های درصد پوشش جنگل، نسبت هزینه‌های زیست‌محیطی در مخارج مالی، مصرف انرژی، انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، آلودگی هوا و تعداد روزهای با هوای خوب به‌منظور محاسبه تاب‌آوری زیست‌محیطی استفاده شد. استان‌های فارس، خراسان جنوبی، مازندران، گیلان و گلستان بیشترین میزان درصد پوشش جنگل را در بین استان‌های کشور دارند و استان‌های اردبیل، قم، مرکزی، البرز، قزوین و تهران از کمترین میزان پوشش گیاهی برخوردار می‌باشند. همچنین استان‌های بوشهر، زنجان، البرز و گیلان بیشترین مقدار نسبت هزینه‌های زیست‌محیطی در مخارج مالی را داشته و استان‌های تهران، خوزستان، خراسان رضوی و قم کم-ترین هزینه را در این رابطه داشته‌اند. این دو شاخص تأثیر مثبتی بر تاب‌آوری زیست‌محیطی استان‌ها داشته و ازاین‌رو می‌توان استان‌هایی را که در این شاخص‌ها وضعیت مناسبی ندارند را شناسایی و در راستای بهبود این شاخص‌ها اقدام نمود. در شاخص‌های مصرف انرژی و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن، استان‌های تهران، خراسان رضوی، اصفهان، فارس و خوزستان بیشترین میزان مصرف و انتشار گاز دی‌اکسیدکربن را دارند که مقدار این شاخص تأثیر منفی بر تاب‌آوری زیست‌محیطی خواهد داشت؛ بنابراین لازم است در این استان‌ها (که غالباً کلان‌شهرها هستند) به دنبال انتخاب گزینه‌های بهینه کنترل آلودگی و کاهش مصرف انرژی به‌عنوان یک اصل توسعه‌ای تمرکز شود. در شاخص-های آلودگی هوا و تعداد روزهای با هوای خوب نیز استان‌های تهران، اصفهان، خوزستان گیلان و مازندران از شرایط مناسبی برخوردار نمی‌باشند. بعد از محاسبه شاخص تاب‌آوری زیست‌محیطی، نتایج نشان داد که متوسط شاخص تاب‌آوری زیست‌محیطی استان‌های کشور برابر با ۰/٦٦١ می‌باشد. این میزان نشاندهنده وضعیت تاب‌آوری متوسط زیست‌محیطی استان‌های کشور است. همچنین نتایج نشان داد که از نظر زیست‌محیطی استان‌های گیلان، گلستان، زنجان، مازندران، بوشهر و سمنان بیشترین تاب‌آوری را دارند. در مقابل، استان تهران از نظر زیست‌محیطی آسیب-پذیرترین استان (۰/۳۲۷) در بین استان‌های کشور می‌باشد. یکی از مهم‌ترین معضلات زیست‌محیطی این استان، تجمع جمعیتی می‌باشد. همچنین استان تهران به‌عنوان پایتخت ایران یکی از شهرهای آلوده جهان به شمار می‌آید. بعد از استان تهران، استان‌های خوزستان (۰/۳۹٤)، هرمزگان (۰/٤۲۵)، سیستان و بلوچستان (۰/٤٤۵) و قم (۰/٤٨٨)

آسیب‌پذیری زیست‌محیطی بیشتری دارند. تاب‌آوری زیرساختی به‌عنوان ظرفیت جوامع برای کاهش خطر و ایجاد پیوندهای سازمانی در درون جامعه تعریف می‌شود؛ به‌نوعی که ویژگی‌های مرتبط با تقلیل خطر، برنامه‌ریزی و تجربه‌ی سوانح قبلی را در بر می‌گیرد. در این مطالعه از سه شاخص سهم جمعیت تحت پوشش فاضلاب، مجموع پزشک و پیراپزشک و پوشش مخارج مالی جهت محاسبه تاب‌آوری زیرساختی استفاده شد. با بررسی این شاخص‌های مشخص می‌شود که در شاخص سهم جمعیت تحت پوشش فاضلاب، مجموع پزشک و پیراپزشک و پوشش مخارج مالی به ترتیب استان‌های کردستان، تهران و البرز بهترین وضعیت و استان‌های کرمان، قم و سیستان و بلوچستان بدترین وضعیت را دارند. همچنین با محاسبه تاب‌آوری زیرساختی، مشخص شد که متوسط تاب‌آوری زیرساختی استان‌های کشور ۰/۳۲۶ می‌باشد که نشان‌دهنده تاب‌آوری پائین در تاب‌آوری زیرساختی است. بعلاوه استان‌های کردستان، اصفهان، گیلان، فارس، کرمانشاه و تهران در بهترین جایگاه از نظر تاب‌آوری زیرساختی قرار دارند. در مقابل استان‌های سمنان، کرمان، گلستان، یزد، سیستان و بلوچستان و مازندران از این منظر جز آسیب‌پذیرترین استان‌های کشور می‌باشند. درنهایت از ترکیب این چهار بعد، شاخص تاب‌آوری استان‌ها محاسبه شد. با توجه به افزایش جمعیت جوامع توجه به تاب‌آوری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است. امروزه استان‌ها با بحران‌های طبیعی و مشکلات اقتصادی بسیاری دست‌وپنجه نرم می‌کنند تا بتوانند محیط زندگی خود را به شرایط ایده‌آل برای زندگی پس از بحران برسانند. بر اساس شاخص تاب‌آوری محاسبه شده، استان‌های تهران (۰/۷۳۱)، خوزستان (۰/۴۹۸)، اصفهان (۰/٤٤٥)، فارس (۰/٤٣٩)، گیلان (۰/٤٢٠) و مازندران (۰/۳۷۵) بیشترین تاب‌آوری را در بین استان‌های کشور دارند. همچنین استان‌های سیستان و بلوچستان، قم، خراسان شمالی، خراسان جنوبی، هرمزگان، اردبیل و زنجان آسیب‌پذیرترین استان‌ها می‌باشند. همان‌طور که مشاهده می‌شود در بین استان‌های کشور تنها استان تهران دارای تاب‌آوری بیش از ۰/۵ (۰/۷۳۱) می‌باشد که با بررسی ابعاد مختلف تاب‌آوری این استان، دلیل این مسئله، تاب‌آوری بالای اقتصادی، زیرساختی و اجتماعی در این استان می‌باشد هرچند از لحاظ زیست‌محیطی آسیب‌پذیرترین استان است؛ اما در سایر استان‌ها مقدار شاخص تاب‌آوری کمتر از ۰/۵ می‌باشند. از دلایل عمده این مسئله آسیب‌پذیری اقتصادی اکثر استان‌های کشور می‌باشد (با توجه به وزن بالای این شاخص در تاب‌آوری)؛ بنابراین به‌طورکلی به جز استان تهران سایر استان‌های کشور در وضعیت تاب‌آوری پائین قرار دارند. همچنین به‌طور نسبی استان‌های کشور به ترتیب وضعیت بهتری در مقدار تاب‌آوری زیست‌محیطی، اجتماعی، زیرساختی و اقتصادی دارند. هرچند که اکثر کلان‌شهرهای کشور وضعیت مناسبی در شاخص تاب‌آوری زیست‌محیطی ندارند. برای اینکه بتوان مقایسه بهتری بین استان‌های کشور انجام داد با استفاده از روش سلسله مراتبی به طبقه‌بندی استان‌های پرداخته شد. بر این اساس استان‌های کشور از نظر شاخص تاب‌آوری در چهار طبقه قرار گرفتند. این طبقه‌بندی در شکل (۱) نمایش داده شده است. بر این اساس استان تهران به‌تنهایی در طبقه تاب‌آوری بالا قرار گرفت. استان‌های خوزستان،

اصفهان، فارس و گیلان نیز در یک دسته قرار گرفته و دارای تاب‌آوری متوسط می‌باشند. در طبقه تاب‌آوری ضعیف ۲۳ استان (مازندران، بوشهر، خراسان رضوی، قزوین، آذربایجان شرقی، چهارمحال و بختیاری، همدان، کردستان، آذربایجان غربی، مرکزی، کرمانشاه، یزد، البرز، گلستان، کرمان، ایلام، کهکیلویه و بویراحمد، سمنان، لرستان، زنجان، اردبیل، هرمزگان، خراسان جنوبی) قرار گرفتند که این طبقه بیشترین فراوانی را دارد؛ بنابراین اکثر استان‌های کشور دارای تاب‌آوری ضعیفی می‌باشند. همچنین استان‌های خراسان شمالی، قم و سیستان و بلوچستان در طبقه تاب‌آوری بسیار ضعیف قرار گرفته‌اند که توجه ویژه‌تری نیاز دارند.



شکل ۱- الگوی جغرافیایی تاب‌آوری استان‌های کشور

٤-نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تاب‌آوری منطقه‌ای دیدگاهی است که در جهان درحال‌توسعه و تحول امروز، اهمیتی روزافزون یافته است. ارزیابی تاب‌آوری یکی از مهم‌ترین اجزا برای هدایت توسعه منطقه‌ای است که پایه و اساس برای تعیین بیشتر

اهداف تاب‌آوری منطقه‌ای و بهینه‌سازی توسعه تاب‌آوری می‌باشد. ارزیابی تاب‌آوری منطقه‌ای با توجه به شاخص‌ها و استانداردهای مناسب در ابعاد مختلفی (اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، زیرساختی و ...) انجام می‌شود. ظرفیت منطقه در این ابعاد نشان از توانایی منطقه به‌منظور آمادگی، اجرا و بازیابی پس از وقوع مخاطرات طبیعی و انسانی در منطقه می‌باشد. هر منطقه دارای توان‌ها و ضعف‌هایی در زمینه تاب‌آوری می‌باشد که شناسایی آن‌ها به برنامه‌ریزی‌های دقیق‌تر و کاهش مسائل منطقه کمک می‌کند. ازاین‌رو، هدف از انجام این مطالعه ارزیابی تاب‌آوری استان‌های مختلف کشور در ابعاد مختلف اقتصادی، زیرساختی، اجتماعی و زیست‌محیطی می‌باشد. نکته این است که شناخت چالش‌های خاص استان‌های ایران و ابعاد چندگانه و چندبعدی مسائلی که استان‌های ایران با آن‌ها دست‌به‌گریبان هستند، نخستین گام برای عملی کردن دیدگاه تاب‌آوری و فراتر بردن آن از یک شعار مدیریتی جایگزین مدیریت بحران است. در این مطالعه با استفاده از ۲۱ شاخص، تاب‌آوری اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و زیرساختی برای استان‌های ایران محاسبه و سپس با ترکیب این چهار شاخص، تاب‌آوری استان‌ها تعیین شد. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده استان‌های تهران، خوزستان، اصفهان، فارس، گیلان، مازندران، بوشهر، خراسان رضوی، قزوین، آذربایجان شرقی، چهارمحال و بختیاری، همدان، کردستان، آذربایجان غربی، مرکزی، کرمانشاه، یزد، البرز، گلستان، کرمان، ایلام، کهکیلویه و بویراحمد، سمنان، لرستان، زنجان، اردبیل، هرمزگان، خراسان جنوبی، خراسان شمالی، قم و سیستان و بلوچستان به ترتیب در رتبه ۱ تا ۳۱ قرار گرفتند. همچنین استان‌های کشور از نظر تاب‌آوری در ٤ طبقه قرار گرفتند. با توجه به اهمیت تاب‌آوری اقتصادی (بیشترین وزن) در تاب‌آوری استان‌ها، ارتباط نزدیک بین تاب‌آوری اقتصادی با میزان شاخص کل تاب‌آوری وجود دارد؛ بنابراین در استان‌های محروم و فقیرنشین، بحران‌آفرینی سیستم پس از سانحه و تعلیق عملکرد بهینه به‌مراتب بیشتر است. نتایج حاصل از این قسمت با نتایج مطالعه فرجی و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت دارد؛ بنابراین استان‌هایی مثل سیستان و بلوچستان و قم بازگشت‌پذیری کمتری به شرایط ایده‌آل یا حداقل اولیه را دارند. ازاین‌رو توصیه می‌شود با افزایش سرمایه‌گذاری‌ها و ایجاد ثبات در فعالیت‌های اقتصادی استان‌های محروم با هدف افزایش تاب‌آوری اقتصادی، زمینه‌های لازم برای افزایش تاب‌آوری این استان‌ها فراهم گردد. همچنین ایجاد پایگاه اطلاعاتی از نظر میزان آسیب‌پذیری و میزان برخورداری از زیرساخت‌ها و خدمات اولیه به‌ویژه در مناطق محروم و روستایی با هدف کاهش زمان بازگشت سیستم به حالت اولیه، توصیه می‌گردد. بعلاوه عدالت در توزیع خدمات و زیرساخت‌ها مانند خدمات بهداشتی و درمانی در بین استان‌های کشور می‌تواند در کاهش تأخیر سیستم‌ها در بازگشت به حالت اولیه کمک نماید. به همین دلیل با توجه به نتایج به دست آمده از این مطالعه لازم است بودجه مخصوصی با عنوان بودجه ارتقای تاب‌آوری برای تقویت زیرساخت‌ها و خدمات در استان‌های آسیب‌پذیر اختصاص داده شود.

کتابنامه

آنامرادنژاد، رحیم‌بردی؛ آروین، محمود؛ فرهادی‌خواه، حسین؛ ۱۳۹۹. بررسی توان تاب‌آوری مناطق در برابر مخاطرات (مطالعه موردی: استان کهکیلویه و بویراحمد). *فصلنامه علمی-پژوهشی جغرافیا* (برنامه‌ریزی منطقه‌ای). شماره ۱۰(۲). ۲۹۳-۲۹٦.

فرجی، امین؛ آروین، محمود؛ آتش‌افروز، نسرین؛ ۱۳۹۷. بررسی تاب‌آوری منطقه‌ای با استفاده از تحلیل فضایی و مدل ترکیبی WASPAS (مطالعه موردی: شهرستان‌های استان خوزستان). *آمایش سرزمین*. شماره ۱۰(۱). ۱-۲۹.

قنبری، ابوالفضل؛ ۱۳۹۹. ارزیابی ارتباط بین تاب‌آوری منطقه‌ای و آسیب‌پذیری محیطی در منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه با استفاده از GIS. *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*. شماره ۲٤(۷۲). ۳۱۹-۳۵٦.

مرکز آمار ایران؛ ۱۳۹۹. https://www.amar.org.ir

ندایی طوسی، سحر؛ حسینی‌نژاد، رزا؛ ۱۳۹۸. تحلیل وضعیت تاب‌آوری منطقه‌ای در برنامه‌ریزی فضایی با تأکید بر موردپژوهی منطقه مرکزی ایران (استان‌های اصفهان، چهارمحال و بختیاری و یزد). *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. شماره ٦(۲). ۳۵-۵۲.

هوشیارمنش، حسین؛ فرهادی، میلاد؛ هوشیارمنش، علی؛ جعفریان، نگار؛ ۱۳۹۲. خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی و K-میانگین در نرم‌افزارهای R، SAS و MATLAB. *مجله بررسی‌های آمار رسمی ایران*. شماره ۲٤. ۲۲۷-۲٤۰.

Adger WN., 2000. Social and ecological resilience: are they related?. Progress in human geography 24(3): 347-364.

Berenger V, Verdier-Chouchane A., 2007. Multidimensional measures of well-being: Standard of living quality of life across countries. World Development 35(7): 1259-1276.

Cardoni A, Noori A Z, Greco R, Cimellaro GP., 2021. Resilience assessment at the regional level using census data. International Journal of Disaster Risk Reduction 55: 102059.

Chang DY. 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European journal of operational research 95(3): 649-655.

Cimellaro GP,. 2016. Urban resilience for emergency response and recovery. Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering; Springer International Publishing: Cham, Switzerland.

Domínguez-Torreiro M., 2016. Developing a regional inclusive society index in the EU: Literature review and proposals from existing practices and experiences.

Eraydin A, Taşan-Kok T., 2013. The Evaluation of Findings and Future of Resilience Thinking in Planning. In Resilience Thinking in Urban Planning (pp. 229-239). Springer, Dordrecht.

Feldmeyer D, Wilden D, Jamshed A, Birkmann J., 2020. Regional climate resilience index: A novel multimethod comparative approach for indicator development, empirical validation and implementation. Ecological Indicators 119: 106861.

Grunfelder J, Rispling L, Norlén G., 2018. State of the Nordic region 2018. Theme 2: Labour force.

Holling CS,. 1973. Resilience and stability of ecological systems. Annual review of ecology and systematics 4(1): 1-23.

Lin LC., 2009. An integrated framework for the development of radio frequency identification technology in the logistics and supply chain management. Computers & Industrial Engineering 57(3): 832-842.

Moghim S, Garna RK., 2019. Countries' classification by environmental resilience. Journal of environmental management 230:345-354.

Muller B., 2011. Urban and regional resilience–A new catchword or a consistent concept for research and practice. In German Annual of Spatial Research and Policy 2010 (pp. 1-13). Springer, Berlin, Heidelberg.

Peng C, Yuan M, Gu C, Peng Z, Ming T., 2017. A review of the theory and practice of regional resilience. Sustainable Cities and Society 29: 86-96.

Peng J, Du Y, Liu Y, Hu X., 2016. How to assess urban development potential in mountain areas? An approach of ecological carrying capacity in the view of coupled human and natural systems. Ecological indicators 60:1017-1030.

Tan J, Hu X, Hassink R, Ni J., 2020. Industrial structure or agency: What affects regional economic resilience? Evidence from resource-based cities in China. *Cities 106:* 102906.

Widborg A., 2017. The Challenge of Change: Planning for Social Urban Resilience. In *Urban Regions Now & Tomorrow* (pp. 99-119). Springer, Wiesbaden.

Zhenge Y, Xin-Lu X, Chen-Zhen L, Mou W, Xiao-Jia HE., 2018. Development as adaptation: Framing and measuring urban resilience in Beijing. Advances in Climate Change Research 9(4): 234-242.

Flood hazard mapping in Ilam city using evidential belief function model

Khadijeh Davand [a], Himan Shahabi [b*], Mamand Salari [c]

[a] *Master of Geomorphology, Department of Geomorphology, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran*
[b] *Associate professor of Remote Sensing, Department of Geomorphology, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran*
[c] *Assistance professor of Geomorphology, Department of Geomorphology, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran*

Received: 25 December 2020 Revise: 1 May 2021 Accepted: 8 May 2021

Abstract

The purpose of this study was flood hazard mapping in Ilam city using the evidential belief function model. Factors affecting flood occurrence were slope, aspect, altitude, distance to river, river density, topographic wetness index, stream power index, slope curvature, lithology, soil, land use and rainfall are. After collecting the required information and layers, 126 flood points were identified in the study area. Flood locations were randomly divided into two groups of 70% (89 points) and 30% (37 points) for modeling and validation, respectively. Using the evidential belief function (EBF) model, a flood hazard map of Ilam city was prepared. The prepared flood susceptibility maps were classified into five classes: very low, low, moderate, high and very high. To evaluate the performance of the model, the area under the AUC diagram obtained from the ROC curve was used. According to the evaluation criterion used in this study (ROC) and according to the validation data, the EBF model (0.914) had a good performance in flood potential detection in the area. Finally, according to the final map, the eastern and northeastern regions of Ilam are in low-risk area. Also, the results of the study showed that flooding in Ilam city is due to environmental factors, including high slope and land use change. According to the flood hazard mapping, appropriate management measures can be taken in the future to reduce damages and losses due to floods.

Keywords: Flood hazards, Flood hazard mapping, Evidential belief function model, Ilam city.

[*]. Corresponding author: Himan Shahabi E-mail: h.shahabi@uok.ac.ir Tel: + 989186658739

Zoning of Geomorphological Instabilities Caused By Ozgeleh Earthquake (November 13, 2017, Mw = 7.3) in Ilam and Kermanshah Provinces With Vikor Model

Fathollah Naderi [a], Samad Fotouhi [a*], Hossein Negarash [a], Marzieh Khalili [b]

[a] *Department of Geomorphology, Faculty of Geography and Environmental Planning, Sistan and Baluchestan University, Zahedan, Iran*
[b] *Department of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shiraz University, Shiraz, Iran*

Received: 2 February 2021 ***Revise: 2 May 2021*** ***Accepted: 8 May 2021***

Abstract

The main purpose of this study was to study geomorphological instabilities resulting from seismic earthquakes in Ilam and Kermanshah using Vickor multi-criteria decision making method. The region affected by this earthquake is very prone to various movements and geomorphological instabilities. The reasons for this are the presence of young Zagros folds along with the operation of their cutting faults, which have caused severe fractures in the region. To conduct this research, using topographic maps, geology, satellite images and field operations, geomorphological instabilities that were effective in aggravating earthquake damage were identified and positioned. The most important instabilities include landslides, rock falls and avalanches, currents, hilltop ruptures and landslides that lead to road blockages, destruction of residential houses, pollution of water and soil resources, destruction of agricultural lands, Gardens. Then, using VIKOR multi-criteria decision making method, instabilities were zoned into 5 categories. In order to verify, the zoning map was adapted to the distribution map of seismic index geomorphological instabilities. The results showed that the two classes of high instability and very high very high and high risk class with a total area of 6558 square kilometers, is more than 28% of the study area and among the factors affecting the occurrence of instability, geology, distance from fault, and slope with 0.23, 0.22 and 0.15 points, respectively, have the greatest impact on creating instabilities in the region. The result of the adaptation of the zoning map to the distribution map of instabilities indicates the adaptation of most instabilities, including landslides, rock falls and subsidence with high risk classes.

Keywords: Geomorphological Instabilities, Vickor Method, Ozgeleh earthquake, Ilam, Kermanshah

*. Corresponding author: Samad Fotouhi E-mail: fotohi@gep.usb.ac.ir Tel: + 989177312688

Modeling and Zoning of Fire Prone Areas in Zagros Forests Using Geographic Information System Based on Logistic Regression

Mehdi Heydari [a*], Sina Attar Roshan [b], Elham Jaferyan [c], Mohammad Abiyat [d]

[a] *Associate Professor, Head of Forest Sciences Department, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam Province, Iran*
[b] *Assistant Professor, Department of Environment, Persian Gulf Research Center, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.*
[c] *Agricultural Jihad Organization of Lorestan Province.*
[d] *MSc in Natural Resources Engineering–Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran (Khuzestan), Ahvaz, Iran.*

Received: 14 February 2021 ***Revise: 30 April 2021*** ***Accepted: 12 May 2021***

Abstract

Forests play a vital role in the sustainability of ecosystems as one of the most important natural renewable resources. One of the most important disturbances affecting Zagros forest ecosystems is forest fires. Therefore, identifying critical fire areas to reduce potential damage is necessary. The purpose of this study is to investigate the effect of effective variables in causing fire and to prepare a fire risk map. For this purpose, the variables affecting the fire including altitude, slope, direction, Distance from residential areas, distance from waterways and distance from the road were determined to determine the impact of each on the fire. Elevation map of sea level, slope and geographical direction was prepared with the help of digital elevation model. Distance maps of residential areas and distance from the road were prepared from digital maps of 1.25000. Also, the areas where fires occurred during the years 90-94 were harvested by GPS. In this study, logistic regression method was used to investigate the effect of various factors on fire. The results showed that altitude, distance from waterway and slope percentage were the most important factors influencing forest fires in the region. Modeling was performed based on three variables that had a significant relationship with forest fires in the region and the coefficients obtained from the logistic regression method. The validation results of the model with a Nagelkerke's R^2 coefficient of about 0.500 and a rock curve coefficient of 0.701 showed the accuracy, fit and validity of the obtained model. The results also showed that 81% of the area is located in critical and dangerous areas.

Keywords: Fire, Rock, Logistic Regression, Modeling.

[*]. Corresponding author: Mehdi Heydari E-mail: m.heidari@ilam.ac.ir Tel: + 989188425458

Spatial variation of lead and cadmium concentration in surface soil of parts of central Iran (Case study: Qom plain)

Somayeh Sadr [a*], Zahra Movahedi Rad [b]

[a] *Assis. Prof., College of Agric., Payam-Nour Univ. of Kerman, Iran.*
[b] *Teach. Assis. , College of Agric., Payam-Nour Univ. of Kerman, Iran.*

Received: 23 January 2021 ***Revise: 1 May 2021*** ***Accepted: 13 May 2021***

Abstract

Heavy metals due to toxicity, degradability, low soil mobility and bioaccumulation in plants are of great interest. This study aimed to map the distribution of total and available Pb and Cd forms in surface soils of part of Qom province. The spatial distribution of these elements in surface soils with different land uses in the area of 1054 km^2 was investigated. Sampling was done at 209 points by study area grid and total and available amount of lead and cadmium was determined by atomic absorption spectrophotometer. Due to the lack of suitable cadmium variogram, kriging failed for these elements. Mapping was done by point kriging with WinGslib software. MEE and MSEE were used to determine the accuracy of the estimates. According to results of compare means in different land use, urban and industrial areas had the highest concentration of total and absorbable lead on average that this was much higher in industrial and urban land use as compared with agricultural and uncultivated. There were no significant statistical differences in total concentrations of Cd among different land uses. Based on the lead distribution maps, it seems that the most important factor affecting the concentration of this elements is the type of land use. Urban and industrial land use had the highest amount of total and available lead, indicating the region's high potential for advancing pollution. Therefore, necessary Therefore, necessary management measures should be taken to prevent the occurrence of destructive environmental events. Overall, by identifying topical sites where the concentration of the heavy metals studied exceeds the international standards, it became clear that the study area has the potential to move towards pollution and to show signs of pollution. Therefore, necessary management measures should be taken to prevent the occurrence of destructive environmental events.

Keywords: Kriging, WinGslib, Heavy Elements, Qom Province

*. Corresponding author: Somayeh Sadr E-mail: 2716sadr@gmail.com Tel: + 989139931089

Location of blocking and precipitation in Iran

Narges Naseri [a], Reza Doosan [b*], Abbas Mofidi [c]

[a] *M.A Student of Climatology, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran*
[b] *Assistant Professor of Climatology, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran*
[c] *Assistant Professor of Climatology, Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran*

Received: 6 February 2021 ***Revise: 11 May 2021*** ***Accepted: 27 May 2021***

Abstract

To determine of location and type of blockings affecting the cold climate of Iran, daily geopotential height data of 500 hPa in 10-70 degrees north and 10-80 degrees east with grid point of 2.5 degrees in period of 1961-2010 were used. Blockings were identified by quantitative Tebaldi index on digital points. In the study area, there are three areas of blocking occurrence in Central Europe, Eastern Europe and Central Asia, respectively. The predominant type of blocking in these areas is of the Rex type, with the blocking and the cold storage being placed on top of each other in the middle levels of the atmosphere. If a Rex block is formed in Central and Eastern Europe, at the same time, a deep or cold trough is formed in Central Asia, and this sequence is normal in meridional atmospheric systems. Iran's precipitation is most closely related to the Eastern European blocking system and the Central Asian cold zone, and precipitation is increasing in most parts of Iran. However, if atmospheric high increases in Central Asia and omega-type blocking is formed, due to the increase in atmospheric altitude, precipitation will decrease in most parts of Iran. But if an omega-type blockage is formed in Central Europe, with the deepening of trough in the Balkans and the Black Sea, it is accompanied by precipitation in northwestern Iran, and if this type of blocking is formed in Eastern Europe, the concentration of precipitation is mainly in the Caspian region, from the Eastern Caspian to the northeast of Iran.

Keywords: blocking, Tebaldi index, precipitation, Iran

*. Corresponding author: Reza Doosan E-mail: doostan@um.ac.ir Tel: + 989128070367

Trend Analysis of Land surface temperature using Remote Sensing Data in Iran

Ali Reza karbalaee Doree [a*], Zahra Hedjazizadeh [a], Seyed Abolfazl Masoodian [b], Mohammad Sadegh Keikhosravi Kiany [b]

[a] *Department of Climatology, Faculty of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran*
[b] *Department of Physical Geography, Faculty of Geographical Sciences and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran*

Received: 19 March 2021 Revise: 10 May 2021 Accepted: 19 May 2021

Abstract

Land Surface temperature is an appropriate manifestation of energy balance in the surface and greenhouse effect; because key parameterization in the physics of land surface processes is on a regional and especially global scale. It has been almost two decades since the MODIS sensor measured the surface temperature. Analysis of Land surface temperature (LST) Variation can help us understand the behavior of this key metering meter. The purpose of this study is to investigate the trend of land surface albedo in Iran. For this purpose; The Land surface temperature data of the Modis Terra sensor (MOD11A1) was used daily for the period 1379-1389 at a spatial resolution of 1. 1 km. After extracting the data in Iran, the Land surface temperature trend of Iran in 1884077 cells was examined using the Mann-Kendall test. The results of this study showed that in all seasons, increasing and decreasing trends in Land surface temperature are observed; however, the largest range of increasing trends of Land surface temperature in winter can be seen in January, February, and March. The results showed that in winter, the most significant increasing trends are seen in the heights, which can be related to the reduction of snow cover and reduced albedo in these areas. Using the digital elevation model of Iran, the Land surface temperature trend was calculated at altitudes of 100 meters, which showed that in January month, all height levels have an increasing trend in surface temperature, which is significant at the level of 0.05(the 95th confidence level) .

Keywords : Land Surface temperature, trend, Mann-Kendall test, Iran

[*]. Corresponding author: Ali Reza karbalaee Doree E-mail: karbalaee20@gmail.com Tel: + 989132770511

Investigating the effect of heat waves On Thermal Islands In Tabriz metropolis

Roghayeh Maleki Meresht [a], Behrooz sobhani [b*], Masood Moradi [c]

[a] *Ph.D Student of Natural Geography, Climatology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran*
[b] *Professor, Department of Natural Geography, Climatology, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran*
[c] *Ph.D. of Climatology, Faculty of Natural Resources, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.*

Received: 7 March 2021 Revise: 28 April 2021 Accepted: 11 May 2021

Abstract

Heat waves are one of the most important climatic disasters. The purpose of this study was investigation the effect of heat waves on the heat islands of Tabriz metropolis from 2003 to 2018. For this purpose, maximum temperature data of Tabriz Synoptic Station were obtained from the Meteorological Organization and days with heat waves were determined with the help of the normalized temperature Fumiaki index and through programming in MATLAB software. To investigate the effect of heat waves on the intensification of thermal islands, heat waves in the hot and cold months of the year are selected and thermal islands for those days and a day without heat waves with the minimum temperature before each heat wave during the day and night with the help the Land surface temperature data of the Modis- Aqua sensor were calculated. According to the results, during the study period, the maximum duration of heat waves was 4 days and therefore short-term. The highest annual and monthly frequency of heat waves were in 2010 and in April, June and December, respectively, and the trend of heat waves in the study period had a slight non-significant decrease. According to the results, in both hot and cold months, often in both heat waves and no heat wave conditions, a cold island on day and a hat island at night, is formed in the city center, which occurs with the occurrence of heat waves. Compared to normal days, the intensity of the daily cold island and the night heat island has increased, which was more noticeable in the warm months than in the cold months. Also, according to the findings, the persistence of heat waves has not played a significant role in intensifying the thermal islands.

Keywords: Fumiaki index, heat waves, thermal islands, Tabriz metropolis.

*. Corresponding author: Behrooz sobhani E-mail: h.shahabi@uok.ac.ir

Resilience of Urban Areas Via Locating and Ranking of Fire Stations, A Case Study: District Ten of Tehran Municipality

Roohollah Memarzadeh [a], Laala Jahanshahloo [b*], Farhad Hosseinzadeh Lotfi [c], Atefeh Dehghan Touran Poshti [d]

[a] *Ph.D. Candidate, Urban planning, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
[b] *Assistant Professor, Urban Planning, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
[c] *Professor, Mathematics, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*
[d] *Assistant Professor, Urban Planning, West Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

Received: 13 March 2021 ***Revise: 16 May 2021*** ***Accepted: 20 May 2021***

Abstract

Resilience is the degree of resilience of systems and tolerates change and the capacity to return to post-traumatic equilibrium. The speed of timely response is one of the dimensions of social, organizational, and institutional dimensions of resilience. Fire stations are one of the most important services in crisis, and increase safety and resilience by increasing the speed of service and response. The aim of this research is to increase the response speed during the crisis by locating and ranking fire stations in district ten of Tehran municipality. This district is the smallest district of Tehran municipality in terms of size and the highest district in terms of density. This research has used twelve criteria and eleven propose stations. Criteria have been selected from standards 6430, experts' view, and previous studies. The research method is descriptive-analytical and has used from Fuzzy TOPSIS method to prioritize the proposed location of the stations. Experts' views show that access (Width of the street), proximity, and traffic are the most important criteria. The results show that the first ranked station in the mentioned criteria has the highest value. The last ranked station has the lowest value in the term of the width of the street. It is located in the boundary of the study area and has the lowest values in the term of experts' point of views, so it has gained the last rank. Also, the ranking results show that fire station No. 85 (existing station) is in a suitable location, but fire station No. 8 (existing station) is not located in an optimal location. It affects the safety of the covered areas and reduces the response speed and reducing resilience.

Keywords: Resilience, Locating and Ranking, Fire Station, Fuzzy TOPSIS, District Ten Municipality of Tehran

* . Corresponding author: Laala Jahanshahloo E-mail: laala_jahan@yahoo.com Tel: + 989123788758

Presenting a safe tourism model for the continuation of tourism businesses in the Covid-19 crisis

Ehsan Khosravi [a], Nader Naderi [b*], Bijan Rezaee [c], Hossein Azadi [d]

[a] *Ph.D. Student of Entrepreneurship, Faculty of Social Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran*
[b] *Assistant Professor, Department of Management and Entrepreneurship, Faculty of Social Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran*
[c] *Assistant Professor, Department of Management and Entrepreneurship, Faculty of Social Sciences, Razi University, Kermanshah, Iran*
[d] *Department of Geography, Ghent University, Ghent, Belgium; Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences Prague, Prague, Czech Republic*

Received: 28 March 2021 ***Revise: 15 May 2021*** ***Accepted: 28 May 2021***

Abstract

One of the crises that has recently affected the whole world is the corona virus, which has endangered not only health, but all aspects of human life. The tourism sector is one of the economic sectors that has suffered a lot due to the outbreak of this virus, and unfortunately, the policies applied to manage the coronavirus crisis have doubled the damage. Although this uninvited virus has created problems, with proper planning and policy, it can turn from a threat to an opportunity and provide the context for long-term growth and development. In this regard, the purpose of this study is to "presenting a safe tourism model for the continuation of tourism businesses in the Covid-19 crisis". The study population was the owners of tourism businesses in Kermanshah province. Purposeful sampling of the type snowball was used to select the interviewees. The criterion for determining the sample size was theoretical saturation, which in this study, by selecting 38 samples from the community, theoretical saturation was achieved. Data were collected through open-ended questionnaires, in-depth individual interviews, note-taking, document review, or often a combination of these methods. Data analysis was performed using open, axial and selective coding and based on it, a research model was formed. The results showed that Kermanshah tourism process was organized and secured through correct policy-making and systematic view, by observing health principles and protocols, and by monitoring and coordinating the relevant agencies and, most importantly, using tourism-compatible technologies in the Covid-19 crisis.

Keywords: Business Continuity, Safe Tourism, Corona Virus Crisis, Endogenous Development, Kermanshah Province.

[*]. Corresponding author: Nader Naderi E-mail: n.naderi@razi.ac.ir Tel: + 989181313467

Investigating the impact of mining on Baharestan (Case study: Lashootor mines near Baharestan)

Fereshte mokhtari [a*], Abbasali Vali [b], Masoud Moayeri [c], Abbas Amini [d]

[a] *Department of Natural Geography, Faculty of Geography and Planning Sciences, University of Isfahan, Isfahan, Iran*
[b] *Associate Professor of Desertification, Kashan University, Kashan, Iran.*
[c] *Associate Professor of Geography, Geomorphology, University of Isfahan, Isfahan, Iran.*
[d] *Associate Professor of Geography and Rural Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran.*

Received: 16 December 2020 ***Revise: 30 April 2021*** ***Accepted: 08 May 2021***

Abstract

Set of active Lashootor mines in the south of Isfahan and in the neighborhood of Baharestan town is considered one of the most important mining centers within the limits of the National Park Kolah Ghazi. Affecting on the landscape characteristics of geomorphology, these mines also impact on the environmental characteristics of habitat and adjacent areas. So, for mining activities in the region, it is necessary to consider Geomorphological landscape as the most important element of natural habitats and human. The purpose of this study is to examine the effects of the mining on the feutures of residencies and the change of the life of the people on this area and town. This study is analytic-descriptive and is done in the square and questionnaires is used. Statistical society of this study consists of all the Baharestan households in the neighborhood of Lashootor mines. The final indicators were obtained in the three major groups indicators of environmental, economic and social. Finally, With the performance of the factor analysis model on each of the three indicators of environmental, social and economic and with the use of software Spss, their information contents were summarized in three basic factors. The factors with the most effect on the environment, society and economy of Baharestan town were identified**.**

Keywords: Mining Lashotor, Mining, Sustainable Development, Factor Analysis, urban landscape, Baharestan.

*. Corresponding author: Fereshte mokhtari E-mail: fmokhtari2@yahoo.com Tel: + 989136489982

Analysis of the resilience of residential indicators in urban spaces with a spatial justice approach (Study sample: Ghaemshahr city)

Abolfazl Meshkini [a], Milad Hasanalizadeh [b*]

[a] *Associate Professor of Geography and Urban Planning, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran*
[b] *PhD Student of Geography and Urban Planning, University of Zanjan, Zanjan, Iran*

Received: 14 March 2021 ***Revise: 29 April 2021*** ***Accepted: 8 May 2021***

Abstract

Spatial justice means the justly distribution of valuable resources and opportunities in the community space. The resilience of residential indicators is one of the most important elements and factors in achieving sustainable development based on inclusive justice. Injustice in the distribution of residential indicators is one of the central issues in social studies and also one of the most important tangible dimensions of spatial injustice. The purpose of this study is to the analysis of the Resilience of residential indicators in the neighborhoods of Ghaemshahr city with a spatial justice approach. The present research is applied based on the purpose of the type and based on the method of the combined type. Data collection has been done through library and documentary studies. Data related to residential indicators have been extracted from statistical blocks of Ghaemshahr city in 2016. Residential indicators in the neighborhood level are recorded in the Excel software environment and the entropy model is used to weight residential indicators and WASPAS model is used to analyze the resilience of residential indicators. Then, the map of the resilience of residential indicators in the level of the neighborhoods of Ghaemshahr city has been drawn in the Arc gis software environment. The results of WASPAS model show that neighborhood 7 has the highest and neighborhood 12 has the lowest rate of the resilience of residential indicators. The results also showed that the whole city of Ghaemshahr city has moderate resilience in terms of residential indicators. According to the drawn map, Spatial injustice in the resilience of residential indicators in the neighborhoods of Ghaemshahr city is clearly identified, so that 10 out of 20 neighborhoods of Ghaemshahr city suffer from injustice in the resilience of residential indicators.

Keywords: Spatial Justice, Resilience, Residential indicators, Ghaemshahr city

*. Corresponding author: Milad Hasanalizadeh E-mail: milad.hasanalizadeh@znu.ac.ir Tel: + 989359869179

Determining the resilience pattern of Iranian provinces

Fatemeh Nasrnia [a], Niloofar Ashktorab [b], Azar Sheikhzeinoddin [c*]

[a] *Assistant professor of Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, Shiraz University*
[b] *Assistant professor of Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, University of Khuzestan, Mollasani, Iran*
[c] *Assistant professor of Agricultural Economics, Department of Agricultural Economics, Shiraz University*

Received: 27 February 2021 ***Revise: 2 May 2021*** ***Accepted: 8 May 2021***

Abstract

Resilience is a new concept that main approach is to design with less vulnerability and more flexibility in the face of stress, so that a resilient province is ready to respond quickly in an emergency. The new conditions respond and continue to work with minimal damage. Therefore, the purpose of this study is to measure the resilience of the provinces using economic, social, infrastructural and environmental indicators. For this purpose, 21 indicators were collected for 31 provinces of the country and by combining them, the composite resilience index was calculated. In order to determine the weight of each indicator, FAHP method was used. Based on the results, the weight of each of the economic, infrastructural, social and environmental resilience indices was equal to 0.56, 0.13, 0.24 and 0.07, respectively. Also, based on the results of the composite resilience index, the provinces of Tehran (0.731), Khuzestan (0.498), Isfahan (0.445), Fars (0.439), Gilan (0.420) and Mazandaran (0.375) have the highest resilience among the provinces of the country. Also, Sistan and Baluchestan, Qom, North Khorasan, South Khorasan, Hormozgan, Ardabil and Zanjan provinces are the most vulnerable provinces in the country. Finally, according to the constructive indicators of resilience, the weaknesses of each province were identified and suggestions were made in this regard.

Keywords: Regional Resilience, Economic Resilience, Social Resilience, Environmental Resilience, Infrastructure Resilience

[*]. Corresponding author: Azar Sheikhzeinoddin E-mail: azeinoddin@shirazu.ac.ir Tel: + 989177296632

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

(Research Journal)

VOLUME 10, NO 38, Summer 2021

CONTENTS

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

Geography and Environmental Hazards (ISSN:2322-1682) is published four times a year in June, September, December and March by Ferdowsi University of Mashhad, Postal Code 9177948883, mashhad-Iran, tel: +98(0) 5138805273
Fax: +98(0) 51 38794144 E-mail: geo.eh@um.ac.ir Website : http://geoeh.um.ac.ir

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

Notes For Contributors

AIMS AND SCOPE

Geography and environmental Hazards is an Iranian Interdiciplinary research journal devoted to the publication of original scientific and technical papers in natural and technological hazards. The subjects include of full rang of Hazardous events from extreme Geological, Geomorphlogical, Hydrological, Atmospheric and Biological events such as earthquakes, subsidence, floods, debris flows, landslids, storms, desertification, air pollution and epidemics to technological Impacts and Human malifunction such as industrial explosions, fires, nuclear and toxic waste releases.
With an approach to Geography this journal highlightes issues of Geographically risk degree of regions, human exposure, vulnerability, awareness , respons to disasters and planning.
The role of hazards in affecting development process particularly in under development countries and issues of efficiency, social justice and sustainability are also discussed in the journal.

NOTES FOR CONTRIBUTORS

Geography and Environmental Hazards is a bilingual Journal in Persian and English languages. Persian authors with papers in their own language must submit an extended abstracet in English. authors with English papers must submit the initial electronic mansuript to one of the following Addresses:
Journal website: **http://geoeh.um.ac.ir**
Journal Email: **geo.eh@ um.ac.ir**
The initial manuscript must be sent in two separate files, **word** and **pdf** form.

Manuscript Style

All submissians must be printed on A4 paper size, be double- line spaced and have a margin of 3.5 cm all round.
Illustrations and tables must be printed on separate sheets and not be incorporated into the text.
Title Page must list full title, short title, names and affilications of author(s), and full address of each author. The precise mailing address, Telephon, Fax, and Email address of the corresponding author.
Supply an abstract of up to 300 words and a keyword list up to 6 words below the abstract. The abstract should precise the paper, giving a clear indication of Its conclusions. It should contain no citation to other published works.

Reference Style

References should be presented in the text as name of author and year within brackets and listeted at the end of the paper alphabetically. All references in the reference list should appear in the text.
Where reference is made to more than one work by the same author published in the same year, identify each citation in the text as follows: (Baker, 1987 a), (Baker 1987b). Where three or more outhors are listed in the reference list, cite in the text as (Baker et al 1998) References should be listed in the following style:

- **Journals**: Baker, V.R., 1994. Geomorphological understanding of floods. Geomorphology 10, 139–156.
- **Books:** Huggett, R., 1989. Cataclysms and Earth history: the Development of Diluvialism. Clarendon Press, Oxford, 220 pp.
- **Proceedings**,: Baker, V.R., Webb, R.H., House, P.K., 2002. The scientific and societal value of paleoflood Hydrology. In: House, P.K., Webb, R.H., Baker, V.R., Lavish, D.R. (Eds.), Ancient Floods, Modern Hazards: Principles and Applications of Paleoflood Hydrology. Water Science and Application, vol. 5. American Geophysical Union, Washington, D.C., pp. 1–19.

Illustrations must relate clearly to the section in which appear and sholud be referred to in the text as **figure 1**. **figure 2**, etc. Illustrations should be supplied as **JPEG** or **TIFF** files, the filename must include the corresponding author, Surname and figure number. This journal is only greyscale so All figures (**Maps, graphs and pictures**) must be comprehensible in black and white, please use patterns to differentiate sections.

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

Contents
(Abstracts)

VOLUME 10, NO 38, Summer 2021

Pages

JOURNAL OF GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

Research Journal

Volume. 10, No. 38, Summer 2021

ISSN:2322-1682
Published by
Ferdowsi University of Mashhad