

مجله

جغرافیا و مخاطرات محیطی



سال نهم، شماره ۳۳، بهار ۱۳۹۹، شاپا: ۱۶۸۲-۲۳۲۲

(نشریه علمی)

- تحلیل مخاطرات لرزه ای حوضه آبریز تالار و بابل رود بر اساس ارزیابی شاخص های مورفوتکتونیک
محمد خلع
- ارزیابی ریسک اکولوژیکی عناصر سنگین در رسوبات حاشیه جاده ها در محیط GIS
مرضیه مکرّم، سعید نگهبان
- پهنه بندی حساسیت خطر سیل در حوضه آبخیز رودخانه کشکان با استفاده از دو مدل WOE و EBF
فهیمة آزادی، سید حسن صدوق، منیژه قهرودی، هیمن شهابی
- تحلیل خصوصیات هیدروژئومورفیک حوضه آبریز الندیچای به منظور اولویت بندی زیر حوضه ها از نظر ...
محمدحسین رضائی مقدم، سید اسدالله حجازی، خلیل ولیزاده کامران، توحید رحیم پور
- شناسایی و تحلیل پیران های کلیدی مؤثر در ارتقاء تاب آوری سکونتگاه های روستایی در برابر مخاطرات ...
فهیمة جعفری، حمید شایان، هما باتقوی سرابی
- ارائه مدل پیش بینی ریسک خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیک با روش های آماری تحت تأثیر ...
غزاله کواکبی، محمد موسوی بایگی، امین عزیزاده، ابوالفضل مساعدی، مهدی جباری نوقابی
- بررسی خصوصیات شیمیایی و کانی شناسی گرد و غبار ورودی به شمال شرق ایران و ...
ملیحه باغی، علیرضا راشکی، محمد حسین محمودی قرایی
- اثر فعالیت های آنتروپوژنیک بر مخاطرات زیست محیطی ناشی از آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم های ...
امیر محسنی، ندا محسنی، سیدرضا حسین زاده
- ارزیابی و شبیه سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از طبقه بندی شی گرا و مدل زنجیره مارکوف ...
سعید حسین آبادی، ابراهیم اکبری، افسانه نقد پیشی
- تحلیل فضایی تاب آوری در محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد
محمد اجزا شکوهی، ساجده باغبان
- هرنوتیک و مخاطرات ژئومورفولوژیک؛ با تأکید بر ارزیابی و پهنه بندی مخاطرات زمین لغزش در منطقه رودبار
سعید رحیمی هرآبادی، ندا مجیدی راد
- تجزیه و تحلیل روش های برآورد ارتفاع برف مرز دائمی یخچال های کواترنری در ایران
غلام حسن جعفری، نسرين حضرتی





فصلنامه

خبرافیا و مخاطرات محیطی

(نشریه علمی)

سال نهم، شماره سی و سوم، بهار ۱۳۹۹

شاپا: ۱۶۸۲-۲۳۲۲

- تحلیل مخاطرات لرزه ای حوضه آبریز تالار و بابل رود بر اساس ارزیابی شاخص های مورفوتکتونیک
محمد خلج
- ارزیابی ریسک اکولوژیکی عناصر سنگین در رسوبات حاشیه جاده ها در محیط GIS
مرضیه مکر، سعید نگهبان
- پهنه بندی حساسیت خطر سیل در حوضه آبخیز رودخانه کشکان با استفاده از دو مدل WOE و EBF
فهیمة آزادی، سید حسن صدوق، منیژه قهرودی، هیمن شهابی
- تحلیل خصوصیات هیدروژئومورفیک حوضه آبریز الوندچای به منظور اولویت بندی زیر حوضه ها از نظر ...
محمدحسین رضائی مقدم، سید اسدالله حجازی، خلیل ولیزاده کامران، توحید رحیم پور
- شناسایی و تحلیل پیران های کلیدی مؤثر در ارتقاء تاب آوری سکونتگاه های روستایی در برابر مخاطرات ...
فهیمة جعفری، حمید شایان، هما باتقوی سرابی
- ارائه مدل پیش بینی ریسک خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیک با روش های آماری تحت تأثیر ...
غزاله کواکبی، محمد موسوی بایگی، امین علیزاده، ابوالفضل مساعدی، مهدی جباری نوقابی
- بررسی خصوصیات شیمیایی و کانی شناسی گرد و غبار ورودی به شمال شرق ایران و ...
ملیحه باغی، علیرضا راشکی، محمد حسین محمودی قرایی
- اثر فعالیت های آتروبوژنیک بر مخاطرات زیست محیطی ناشی از آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم های ...
امیر محسنی، ندا محسنی، سیدرضا حسین زاده
- ارزیابی و شبیه سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از طبقه بندی شی گرا و مدل زنجیره مارکوف ...
سعید حسین آبادی، ابراهیم اکبری، افسانه نقد پیشی
- تحلیل فضایی تاب آوری در محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد
محمد اجزا شکوهی، ساجده باغبان
- هرمنوتیک و مخاطرات ژئومورفولوژیک؛ با تأکید بر ارزیابی و پهنه بندی مخاطرات زمین لغزش در منطقه رودبار
سعید رحیمی هرآبادی، ندا مجیدی راد
- تجزیه و تحلیل روش های برآورد ارتفاع برف مرز دائمی یخچال های کواترنری در ایران
غلام حسن جعفری، نسرین حضرتی



دانشگاه مازنی شهید
دانشکده ادبیات و علوم انسانی

فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد
مدیر مسئول: دکتر سیدرضا حسین زاده
سرمدیر: دکتر محمد رحیم رهنما
هیئت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

ویکتور بیکر - استاد دانشگاه آریزونا - توسان آمریکا (دکترای ژئومورفولوژی رودخانه‌ای)
جعفر جوان - استاد دانشگاه فردوسی مشهد (دکترای جغرافیا - روستایی)
زهرا بیگم حجازی زاده - استاد دانشگاه خوارزمی تهران (دکترای جغرافیا - اقلیم شناسی)
سید رضا حسین زاده - دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد (دکترای جغرافیا - ژئومورفولوژی)
بهروز ساری صراف - استاد دانشگاه تبریز (دکترای جغرافیا - اقلیم شناسی)
حمید شایان - استاد دانشگاه فردوسی مشهد (دکترای جغرافیا - روستایی)
شعبان شتایی جویباری - دانشیار دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (دکترای علوم جنگل - سنجش از دور)
مینزه قهرودی تالی - استاد دانشگاه شهید بهشتی تهران (دکترای جغرافیا - ژئومورفولوژی)
ابوالفضل مسعودیان - استاد دانشگاه اصفهان (دکترای جغرافیا - اقلیم شناسی)
حسین نگارش - دانشیار دانشگاه سیستان و بلوچستان (دکترای جغرافیا - ژئومورفولوژی)
احمد نوحه گر - استاد دانشگاه تهران (گروه برنامه ریزی مدیریت و آموزش محیط زیست)
سعدالله ولایتی - استاد دانشگاه فردوسی مشهد (دکترای زمین شناسی)
مجتبی یمانی - استاد دانشگاه تهران (دکترای جغرافیا - ژئومورفولوژی)

مقالات نمودار آرای نویسندگان است و به ترتیب وصول و تصویب درج می شود

بر اساس آیین نامه کمیسیون نشریات وزارت علوم تحقیقات و فناوری 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: مرکز ویراستاری و ترجمه دانشکده ادبیات و علوم انسانی
ویراستاری ادبی: دکتر جواد میزبان حروف نگاری و صفحه آرای: الهه تجویدی طراحی جلد: امیراسفندیار عامل محرابی

شمارگان: ۵۰ نسخه بها: داخل کشور: ۲۰۰۰۰ ریال (تک شماره) خارج کشور: ۲۵ دلار آمریکا (سالانه - آمریکا)، ۲۰ دلار آمریکا (سالانه - سایر کشورها)

نشانی: مشهد دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی، کد پستی ۹۱۷۹۴۸۸۳

<http://geoeh.um.ac.ir>

E-mail: geo.eh@um.ac.ir

نشانی اینترنتی:

شماره پروانه: ۳/۲۷۱۱۶ - این مجله در نشست کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور مورخ ۱۳۹۰/۱۲/۱۰، رتبه علمی - پژوهشی دریافت کرده است.

این مجله در پایگاه‌های زیر نمایه می شود:

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی

(نشریه علمی)

سال نهم، شماره ۳۳، بهار ۱۳۹۹

شاپا: ۱۶۸۲-۲۳۲۲

راهنمای تدوین و نحوه ارسال مقاله برای چاپ در فصلنامه علمی - 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 همایش ها به چاپ نرسیده باشد و همچنین به طور همزمان برای مجله دیگری ارسال نشده باشد.

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

۳-مقاله های مروری که پیشرفت های جدید در موضوعات مجله را در بر می گیرد، از نویسندگان مجرب و دارای مقالات پژوهشی در زمینه مورد نظر پذیرفته می شود.

۴-ساختار مقاله باید مشتمل بر عنوان، اسامی نویسنده (یا نویسندگان) چکیده فارسی، واژگان کلیدی، مقدمه، مواد و روش ها (شامل زیر بخش های: منطقه مورد مطالعه، مطالعات میدانی، آنالیزهای آزمایشگاهی و روش های استفاده شده)، نتایج و بحث، جمع بندی، قدردانی و تشکر، فهرست منابع و ضمايم و چکیده مبسوط انگلیسی باشد.

نکته: لطفاً دقت شود که همه بخش ها و زیر بخش ها به استثنای تیتراژ "چکیده" شماره گذاری شوند. همچنین زیر بخش های مربوط به "مواد و روش ها" بر حسب ماهیت کار قابل تغییر است.

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

۶-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 ۳,۵ سانتی متر از بالا، ۳,۵ سانتی متر از پایین، ۳ سانتی متر از چپ و ۳ سانتی متر از راست صورت گیرد. Header: ۲,۷۵ و Footer: ۳. عنوان مقاله با قلم ۱۳ پرننگ B Lotus، اسم، فامیل - مرتبه علمی با قلم ۱۱ پرننگ B Lotus، نویسنده مسؤول، شماره تلفن و ایمیل نویسنده به صورت پاورقی و با قلم ۱۱ B Lotus باشد. چکیده ۱۲ پرننگ B Lotus، متن چکیده ۱۲ B Lotus. (چکیده و متن آن با فواصل ۲ سانتی متر از سمت چپ و ۲ سانتی متر از سمت راست از متن اصلی باشد). تیتراهای اصلی متن ۱۲ پرننگ B Lotus با فاصله ۱۲ pt از پاراگراف قبل و ۸ pt از پاراگراف بعد. کل متن با ۱۳ B Lotus.

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

۱۰- تمام نقشه ها، نمودارها، شکل ها و عکس ها به طور یکنواخت با عنوان شکل شماره گذاری و شماره و عنوان اشکال در زیر آن با قلم ۱۲ پرننگ 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 Roman) 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.

کتاب 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. (۱۳۷۶). نقش پرفشار جنب حاره در تغییر فصل ایران. چاپ در مجموعه مقالات کنگره جغرافیدان ایران. تبریز، صص ۱۸۵-۱۷۴.

بحری، معصومه؛ دستورانی، محمدتقی. (۱۳۹۶). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم و تغییر کاربری اراضی بر پاسخ هیدرولوژیک حوزه آبخیز اسکندری. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، شماره ۲۲، ۳۷-۵۷.

کتاب فارسی:

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

تبصره ۱: 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 می شود.

تبصره ۲: در صورت استفاده از پایان نامه و رساله های 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 نمونه های زیر با قلم ۱۲ B Lotus برای مقالات فارسی و قلم Times New Roman برای مقالات انگلیسی:

(محمودی، ۱۳۶۸)، (بحری و دستورانی، ۱۳۹۶)، (محمودی و همکاران، ۱۳۶۸)

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

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 می تواند از طریق پست الکترونیک مجله به آدرس Geo.eh@um.ac.ir انجام گیرد.

۱۴- مسئولیت 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.

۱۶- مقاله های ارسال شده به نویسنده جهت انجام اصلاحات در صورت عدم دریافت پاسخ در تاریخ تعیین شده، به منزله انصراف از چاپ تلقی می گردد.

داوران این شماره به ترتیب حروف الفبا

۱. یوسف آزادی (دانشجوی دکتری توسعه کشاورزی دانشگاه زنجان)
۲. دکتر عاطفه احمدی دهرشید (دکتری جغرافیا و برنامه ریزی روستایی دانشگاه خوارزمی تهران)
۳. دکتر عبدالمجید احمدی (استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه بزرگمهر قائنات)
۴. دکتر مرتضی اکبری (استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه فردوسی مشهد)
۵. دکتر مریم ایلانلو (استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه آزاد اسلامی تهران مرکز)
۶. دکتر شهرام بهرامی (دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه شهید بهشتی)
۷. دکتر مهناز جهادی طرقي (استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه پیام نور)
۸. دکتر مهدی جوانشیری (دکتری جغرافیا و برنامه ریزی روستایی دانشگاه فردوسی مشهد)
۹. دکتر صابر حیدری (استادیار خاک و آب مرکز تحقیقات جنوب استان کرمان)
۱۰. دکتر امیدعلی خوارزمی (استادیار جغرافیا و مدیریت شهری دانشگاه فردوسی مشهد)
۱۱. دکتر رضا دوستان (استادیار اقلیم شناسی دانشگاه فردوسی مشهد)
۱۲. احمد رومیانی (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی روستایی دانشگاه فردوسی مشهد)
۱۳. دکتر احمد علی زارع (استادیار زمین شناسی مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی استان یزد)
۱۴. دکتر غفت فتحی (دکتری جغرافیا و برنامه ریزی روستایی دانشگاه اصفهان)
۱۵. دکتر حسن محمودزاده (استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه تبریز)
۱۶. دکتر ندا محسنی (استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه فردوسی مشهد)
۱۷. حمید مسلمی (دانشجوی دکتری آبخیزداری دانشگاه هرمزگان)
۱۸. دکتر عادل مفتخرزاده (دکتری علوم کشاورزی دانشگاه تبریز)
۱۹. دکتر مهران مقصودی (دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه تهران)
۲۰. دکتر اسماعیل نجفی (استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه دامغان)
۲۱. دکتر مجتبی یمانی (استاد ژئومورفولوژی دانشگاه تهران)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
۱	● تحلیل مخاطرات لرزه ای حوضه آبریز تالار و بابل رود بر اساس ارزیابی شاخص های مورفوتکتونیک محمد خلیج
۱۷	● ارزیابی ریسک اکولوژیکی عناصر سنگین در رسوبات حاشیه جاده‌ها در محیط GIS مرضیه مکرم، سعید نگهبان
۴۵	● پهنه‌بندی حساسیت خطر سیل در حوضه آبخیز رودخانه کشکان با استفاده از دو مدل WOE و EBF فهیمة آزادی، سید حسن صدوق، منیژه قهرودی، هیمین شهابی
۶۱	● تحلیل خصوصیات هیدروژئومورفیک حوضه آبریز الندیچای به منظور اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها از نظر ... محمدحسین رضائی مقدم، سید اسدالله حجازی، خلیل ولیزاده کامران، توحید رحیم پور
۸۵	● شناسایی و تحلیل پیران های کلیدی مؤثر در ارتقاء تاب آوری سکونتگاه های روستایی در برابر مخاطرات ... فهیمة جعفری، حمید شایان، هما باتقوی سرابی
۱۱۷	● ارائه مدل پیش‌بینی ریسک خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیک با روش‌های آماری تحت تأثیر ... غزاله کواکبی، محمد موسوی بایگی، امین علیزاده، ابوالفضل مساعدی، مهدی جباری نوقابی
۱۳۹	● بررسی خصوصیات شیمیایی و کانی شناسی گرد و غبار ورودی به شمال شرق ایران و ... ملیحه باغی، علیرضا راشکی، محمد حسین محمودی قرایی
۱۵۵	● اثر فعالیت‌های آتروپوژنیک بر مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم های ... امیر محسنی، ندا محسنی، سیدرضا حسین‌زاده
۱۶۹	● ارزیابی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شی گرا و مدل زنجیره مارکوف ... سعید حسین‌آبادی، ابراهیم اکبری، افسانه نقد پیشی
۱۸۹	● تحلیل فضایی تاب‌آوری در محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد محمد اجزا شکوهی، ساجده باغبان
۲۱۵	● هرمنوتیک و مخاطرات ژئومورفولوژیک؛ با تأکید بر ارزیابی و پهنه‌بندی مخاطرات زمین لغزش در منطقه رودبار سعید رحیمی‌هرآبادی، ندا مجیدی‌راد
۲۳۹	● تجزیه و تحلیل روش‌های برآورد ارتفاع برف مرز دائمی یخچال‌های کواترنری در ایران غلام حسن جعفری، نسرين حضرتی



بسمه تعالی



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: امور علمی نشریه را هیأت تحریریه، که حداقل یک چهارم اعضای آن از بین اعضای انجمن هستند، انجام خواهند داد. تبصره ۱: 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 خواهد شد. 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 خواهد شد.

ماده ۴: روی جلد مجله علاوه بر نشان دانشگاه فردوسی مشهد نشان انجمن ایرانی ژئومورفولوژی با اندازه یکسان نیز چاپ خواهد شد. 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، حق الزحمه 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 خواهد شد.

ماده ۸: هرگاه یکی از طرفین قرارداد مایل به فسخ آن باشد باید تصمیم خود را حداقل شش ماه زودتر کتباً به اطلاع طرف مقابل برساند. در صورت توافق طرفین به فسخ توافقنامه، نتیجه توسط دبیرانجمن یا مدیر مسئول 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.

۹- 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 هیأت مدیره انجمن ایرانی ژئومورفولوژی) به امضاء رسید.

دکتر احمدرضا بهرامی

معاون پژوهشی و فن‌آوری دانشگاه فردوسی مشهد



معاونت پژوهش و فن‌آوری

دکتر مجتبی یمانی

رییس هیأت مدیره انجمن ایرانی ژئومورفولوژی



تحلیل مخاطرات لرزه‌ای حوضه آبریز تالار و بابل رود بر اساس ارزیابی شاخص‌های مورفوتکتونیک

محمد خلیج^۱ - استادیار تکتونیک، دانشکده علوم، دانشگاه پیام‌نور، تهران، ایران

تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۴/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۵

چکیده

علمی که تأثیر تکتونیک فعال را با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک به عنوان سنجش و توصیف کمی اشکال و چشم‌اندازهای زمین مشخص نماید، مورفوتکتونیک نامیده می‌شود؛ اندازه‌گیری‌های کمی شرایطی را فراهم می‌آورد تا با استفاده از آن‌ها به شناسایی وضعیت مناطق دارای زمین‌ساخت فعال پرداخته شود. در این مطالعه با استفاده از شاخص‌های کمی ریخت‌سنجی بخشی از البرز مرکزی که در محدوده حوضه‌های آبریز تالار و بابل‌رود قرار دارد مورد بررسی قرار گرفته است و ۵ شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی (Δ_a)، انشعابات (R)، شکل حوضه (F_f)، تراکم زهکشی (D_d) و برجستگی نسبی (B_h) در ۱۵ حوضه زهکشی در محیط نرم‌افزاری Arc GIS به منظور تعیین کمی میزان تکتونیک فعال این منطقه محاسبه شده است. نتایج به‌دست آمده از محاسبه شاخص‌های فوق بیان‌گر آن است که در محل تقاطع گسل‌های شمال البرز و خطیرکوه و هم‌چنین گسل‌هایی که در دامنه شمالی البرز در اثر فعالیت این گسل‌های بزرگ شکل گرفته‌اند مقادیر به‌دست آمده از شاخص‌های یادشده، بالا بوده که بیانگر وجود فعالیت تکتونیک بالایی و بسیار بالا در آن نواحی است. در اثر بالا بودن این مقادیر انتظار می‌رود که ریسک لرزه‌خیزی منطقه نیز در اثر گسیختگی گسل‌ها افزایش یابد.

کلیدواژه‌ها: ژئومورفولوژی، مورفوتکتونیک، البرز، حوضه آبریز، زمین‌لرزه، GIS.

۱- مقدمه

قرارگیری ایران در کمربند چین خورده آلپ-هیمالیا موجب شده است که اکثر نقاط ایران از نظر زمین ساختی فعال باشد (بربریان و کینگ^۱، ۱۹۸۱)، کمربند کوهزایی البرز نیز بخشی از این منطقه است و گستره مورد مطالعه در شرق البرز مرکزی قرار دارد و تحت تأثیر فرآیندهای زمین ساختی حاصل از این برخورد است. پهنه البرز شامل مجموع صفحه‌های رانده‌ای است که به وسیله تغییر شکل حاصل از نیروی فشارشی در زمان سنوزوئیک پایانی به وجود آمده است و از زمان تریاس تا حال در طول کوهزایی سیمیرین و آلپین در حال نمو و گسترش است (علوی^۲، ۱۹۹۶). کوه‌های البرز به عنوان یک سد بین حوضه خزر جنوبی با اقلیم مرطوب و ایران مرکزی با اقلیم نیمه خشک تا خشک قرار دارد تغییر شکل در این پهنه، نتیجه یک پیشینه از فعالیت مجدد انبساطی و انقباضی ساختارهای به جامانده از پالئوزوئیک پایانی است که شامل باز و بسته شدن حوضه اقیانوس پالئوتتیس و باز شدن حوضه خزر جنوبی است همسانی البرز با ایران مرکزی در دامنه جنوبی بیشتر است، ولی در دامنه شمالی تفاوت‌هایی دارد (اشتکلین^۳، ۱۹۶۸). استخراج شاخص‌های ژئومورفولوژیک با استفاده از مدل‌های رقومی ارتفاعی (DEM) در محیط GIS در دهه‌های اخیر، روشی دقیق و مورد اطمینان در تحلیل حوضه زهکشی بوده، به طوری که از این شاخص‌ها برای ارزیابی سریع فعالیت‌های زمین ساختی در یک ناحیه خاص استفاده شده است. رودخانه‌ها به سرعت و به طور ثابت به تغییر شکل حاصل از زمین ساخت فعال در سطح زمین واکنش نشان می‌دهند (هولبروک و شوم^۴، ۱۹۹۹: سیر و گورنیتز^۵، ۱۹۸۳)، بنابراین بررسی الگوی رودها، اطلاعات مهمی در مورد گسترش و تکامل ساختاری منطقه فراهم می‌آورد (کلر و همکاران^۶، ۱۹۹۸: واکر^۷، ۲۰۰۶). در ادامه در سال ۱۳۹۷ مصدق‌زاده در پژوهشی تحت عنوان بررسی تکتونیک ژئومورفولوژی محدوده شمال سمنان، شرق البرز مرکزی به مطالعات ریخت‌سنجی و ژئومورفوتکتونیک در امتداد شرقی این منطقه پرداخته شده است. بر اساس مطالعات صورت گرفته در این پژوهش مناطقی که تحت سیطره گسل‌های شمال البرز، خزر، بادل و سایر گسل‌ها قرار گرفته‌اند از فعالیت زمین ساختی بالا تا بسیار بالا برخوردارند. پژوهشی تحت عنوان بررسی تکتونیک فعال حوضه‌های آبریز جاجرود، حبله‌رود و ایوانکی با استفاده از شاخص‌های رودخانه‌ای در البرز مرکزی نیز توسط شماعلیان (۱۳۹۶) در غرب منطقه مورد مطالعه صورت گرفته است که نتایج آن نیز بالا بودن شاخص‌های مورفوتکتونیک در حوالی گسل‌های اصلی آن محاسبه شده است.

1 Berberian and King, 1981

2 Alavi, 1996

3 Stocklin, 1968

4 Holbrook and schumm, 1999

5 Seeber and Gortniz, 1983

6 Keller et al, 1998

7 Walker, 2006

۲- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در محدوده حوضه‌های آبریز تالار و بابل‌رود در بخش شرقی البرز مرکزی و در بخشی از استان‌های تهران، سمنان و مازندران واقع شده است (شکل ۱).

بسیاری از گسل‌های فعال البرز دارای امتدادی به موازات کمربند البرز و به شکل V هستند (بربریان^۱، ۱۹۸۳). این بخش از سرزمین ایران شامل گسل‌های اصلی و فرعی با روندهای مختلف می‌باشد. تعدادی از گسل‌های اصلی در زمین‌شناسی و منطقه ساختاری ایران، حوضه‌های رسوبی، تشکیل کانسارهای رگه‌ای و مناطق زلزله‌خیز ایران نقش دارند. گسل‌های فعال گسل‌هایی هستند که در کواترنری پسین و به خصوص در عهد حاضر دارای حرکات زمین‌شناختی هستند و انتظار می‌رود در آینده نیز با فعالیت مجدد خود دچار جابه‌جایی نسبی خود و هرگونه سازه‌ای که بر روی آن قرار می‌گیرد، شوند (بربریان و همکاران^۲، ۱۹۹۳). فعالیت زمین‌ساختی در پهنه البرز، به دلیل حرکت رو به شمال ایران مرکزی به سمت اوراسیا و حرکت به سمت جنوب غرب و غرب حوضه خزر جنوبی در رابطه با چرخش چپ‌گرد اوراسیا در این محدوده است. این دو سازوکار باعث ایجاد رژیم ترافشارش (با روند NNE-SSW) در البرز شده است و اعتقاد بر این است که از حدود 5 ± 2 میلیون سال قبل شروع شده و کل منطقه البرز را تحت تأثیر قرار داده است (ریتز و همکاران^۳، ۲۰۰۶). برداشت‌های GPS میزان کوتاه‌شدگی شمالی- جنوبی البرز مرکزی را 5 ± 2 میلی‌متر در سال و تغییر شکل برشی چپ‌گرد در کل پهنه البرز را 4 ± 2 میلی‌متر در سال نشان می‌دهد (ورنانت و همکاران^۴، ۲۰۰۴).

گسل شمال البرز: با درازای ۳۰۰ کیلومتر به صورت گسلی معکوس - رانده با شیپی به سمت جنوب خاور تا جنوب باختر از علی‌آباد گرگان تا نزدیکی تنکابن گسترش داشته که از دو روند ساختاری شمال خاوری - جنوب باختری و شمال باختری - جنوب خاوری تشکیل شده است. روند کلی این گسل به موازات گسل خزر می‌باشد و در ۱۰-۱۲ کیلومتری غرب چالوس به این گسل می‌پیوندد. این گسل در بخشی از درازای خود مرز میان سنگ‌های مربوط به پالئوزویک (در جنوب) و کرتاسه (در شمال) را تشکیل می‌دهد. دیواره شمال البرز به‌روشنی در روی زمین و نیز بر روی عکس‌های هوایی دیده می‌شود. باتوجه به قرار گرفتن رو مرکز مه‌لرزه‌ای چندین زمین‌لرزه تاریخی در سده بیستم بر روی این گسل، می‌توان آن را گسلی جنبی و لرزه‌خیز دانست. به عقیده بربریان (۱۹۹۴) زمین‌لرزه ۱۱۲۷ میلادی در گستره فریم - چهاردانگه با بزرگای $M_s = 6.8$ و شدت $VI \pm VIII$ حاصل فعالیت گسل شمال البرز بوده است. علاوه بر زمین‌لرزه تاریخی ۱۱۲۷ میلادی زمین‌لرزه‌های زیر را نیز به این گسل نسبت داده شده است (شاه پسند زاده و زارع، ۱۳۷۴) (شکل ۲):

1 Berberian, 1983

2 Berberian et al, 1993

3 Ritz et al, 2006

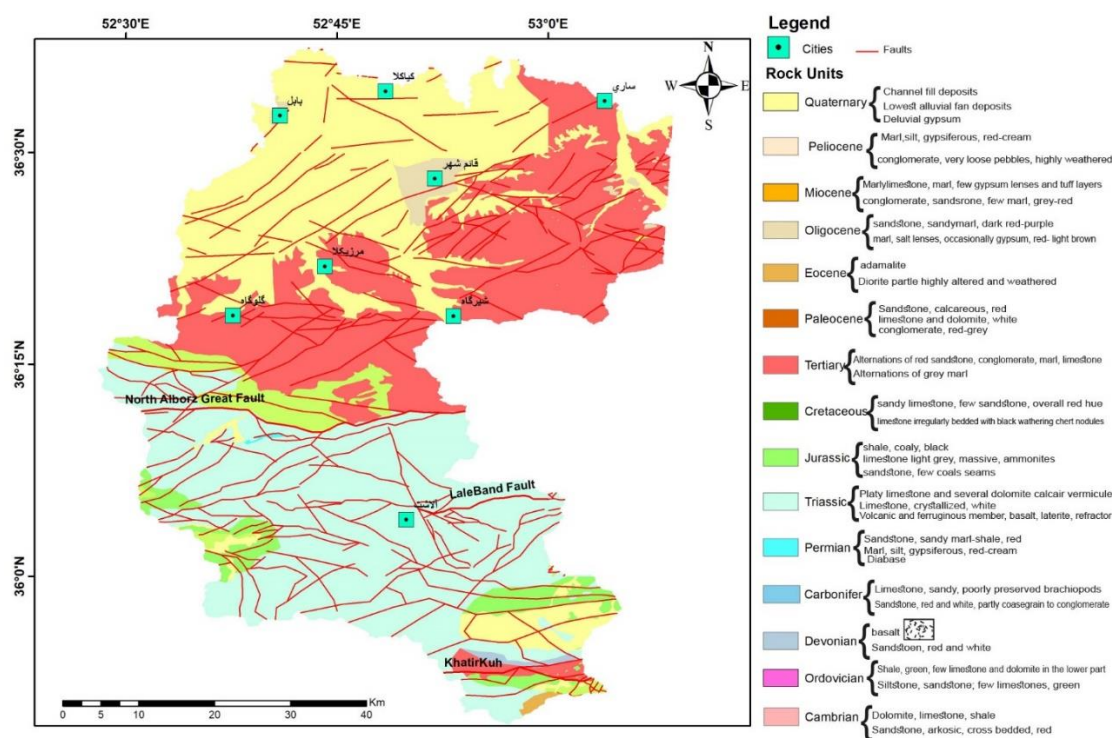
4 Vernant et al, 2004

زمین لرزه ۵ مارس ۱۹۳۵ میلادی (۱۵ اسفند ۱۳۱۳ هجری شمسی) تالارود

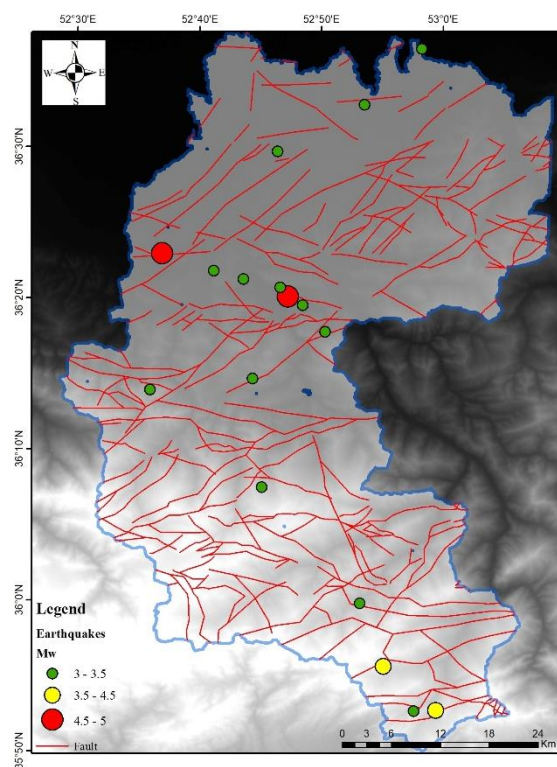
زمین لرزه ۲ ژوئیه ۱۹۵۷ میلادی (۱۱ تیر ۱۳۳۶ هجری شمسی) بندپی مازندران

زمین لرزه ۱۳۰۱ میلادی فریم با بزرگای $Ms = 6.7$ و شدت $IO+$

گسل اوریم (خطیرکوه): این گسل با طول حدود ۶۴ کیلومتر و راستای شمال خاوری - جنوب باختری و شیب به سوی شمال خاور دارای سازوکاری معکوس با مؤلفه چپ بر می باشد (نبوی، ۱۳۶۶). این گسل که در گستره سمنان قرار گرفته است بیشینه جابه جایی شاقولی نزدیک به ۱۰۰۰ متر دارد. این گسل در بخش خاوری خود مرز میان مارن و سنگ ماسه های اتوسن و سنگ های سازند شمشک را ساخته و در بخش باختری، سنگ های پرکامبرین بالایی و پالئوزوئیک را بریده است. گسل اوریم به موازات گسل های اله آباد و شمال البرز در شمال و گسل فیروزکوه در جنوب قرار دارد. این گسل نسبت به چین خوردگی های اطراف خود به صورت طولی می باشد؛ همچنین ممکن است این گسل حاصل یک فاز بازشدگی و ماگمازایی باشد که پیامد فاز انبساطی بوده و ادامه طولی آن در ناحیه شمشک قابل پیگیری می باشد.



شکل ۱- نقشه زمین شناسی گستره مورد مطالعه



شکل ۲- نقشه کانون زمین‌لرزه‌ها در گستره مورد مطالعه

۳- مواد و روش‌ها

در این مطالعه در ابتدا با استفاده از نرم افزار Arc GIS و مدل ارتفاعی رقومی (DEM) ۳۰ متر، به حوضه‌بندی و استخراج آبراهه‌ها پرداخته شد (شکل ۲)، سپس با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ از طریق نرم افزار Arc GIS لایه‌های مختلف کاربردی که شامل آبراهه، حوضه‌های آبریز، گسل، لیتولوژی و خطوط ارتفاعی می‌باشد، تهیه گردید. در آخر برای حوضه‌های استخراج شده شاخص‌های ژئومورفیک که شامل شاخص‌های ناهنجاری سلسله مراتبی^۱، انشعابات^۲، شکل حوضه^۳، تراکم زهکشی^۴ و برجستگی نسبی^۵ در ۱۵ حوضه زهکشی محاسبه شده و در نهایت شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی^۶ می‌باشد؛ اندازه‌گیری شد. برای هر شاخص نقشه پهنه‌بندی فعالیت تکتونیکی در محدوده مورد بررسی تهیه گردید.

1 Δa : Hierarchical anomaly index

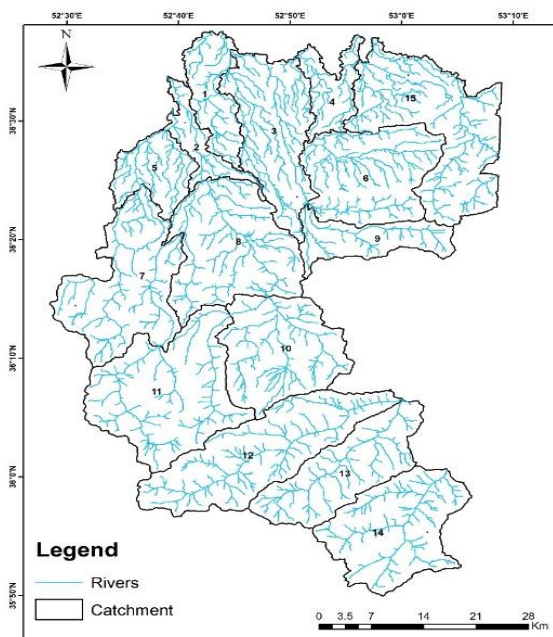
2 R: Bifurcation indexes

3 Ff: Form factor

4 Dd: Drainage density

5 Bh: Relative relief

6 Iat: tectonic activity Index



شکل ۳- نقشه حوضه‌ها و آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه

شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی (Hierarchical anomaly index)

این شاخص بر اساس تعداد انشعاباتی که از یک رده به رودخانه رده دو یا چند رده بالاتر از خود می‌ریزد محاسبه می‌شود و بعد از بررسی دو (یا چند) حوضه با توجه به مقادیر به‌دست آمده تفاوت میزان فعالیت زمین ساخت بین حوضه‌های مختلف تعیین می‌گردد. بر همین اساس در یک حوضه زهکشی کوچک‌ترین انشعاب با رده ۱ مشخص می‌شود. در جایی که دو آبراهه رده ۱ به هم می‌پیوندند، یک آبراهه رده ۲ تشکیل می‌شود و به همین ترتیب این روند تا آخرین رده موجود ادامه می‌یابد. زمانی که یک آبراهه به یک رده بالاتر از خود وارد می‌شود نظم سلسله مراتبی دارد، برای مثال هر آبراهه رده ۱ که به آبراهه رده ۲ وارد شود دارای نظم سلسله مراتبی است (هورتون^۱، ۱۹۴۵). وارد شدن یک رده آبراهه به آبراهه دو یا چند رده بالاتر از خود، ناهنجاری سلسله مراتبی نامیده می‌شود. برای مثال زمانی که آبراهه رده ۱ وارد آبراهه‌های رده ۳، ۴ و بالاتر شود، ناهنجاری سلسله مراتبی دارد.

فرمول محاسبه این شاخص به صورت ذیل می‌باشد که در این فرمول HA آنومالی سلسله مراتبی، i رده رودخانه پایین‌تر است (شیاجی و همکاران^۲، ۱۹۸۶):

$$HA(i > j) = 2^{i-1} - 2^{j-1}$$

$$H_{at} = HA(i > j) * No. (i > j)$$

1 Horton, 1945

2 Ciccacci et al, 1986

در این رابطه $No.(i>j)$ تعداد انشعابات است که از رده بالا به رده پایین می‌ریزد؛ در نهایت آنومالی سلسله مراتبی محاسبه می‌شود. مجموع مقادیر محاسبه شده برای تمامی رده‌ها بر تعداد کل آبراهه‌های رده ۱ تقسیم می‌شود و به عنوان شاخص آنومالی سلسله مراتبی (Δa) هر حوضه تعیین می‌شود. لازم به ذکر است، برای به‌دست آمدن آبراهه‌ها در محیط نرم‌افزاری Arc GIS و با استفاده از دستورهای هیدرولوژی این نرم‌افزار آبراهه‌ها و رده‌بندی آن‌ها استخراج شد.

شاخص انشعابات (Bifurcation indexes)

شاخص انشعابات از دیگر شاخص‌های تعیین آنومالی سیستم زهکشی در حوضه‌های آب‌خیز است. شاخص مذکور اطلاعات مفیدی را در مورد در مورد نحوه فعالیت فرایندهای فرسایشی و درجه فعالیت حوضه ارائه می‌دهد (گاروتی و پیروتا^۱، ۲۰۰۸). با افزایش درجه تأثیر عوامل تکتونیکی در حوضه‌ها مقدار شاخص مذکور افزایش می‌یابد (بارونی و همکاران، ۲۰۰۵). این شاخص نسبت انشعابات یک رده خاص به تعداد انشعابات یک رده بالاتر است (هورتون^۲، ۱۹۴۵؛ استرال^۳، ۱۹۵۲):

$$R = R_b - R_{db}$$

در رابطه بالا، R شاخص انشعابات، R_b نسبت انشعابات و R_{db} نسبت مستقیم انشعابات است. نسبت انشعابات برای هر رده یک حوضه به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$$R_b (u - u + 1) = N_u / N_{u+1}$$

در رابطه بالا، N_u تمام انشعابات یک رده و N_{u+1} تمام انشعابات یک رده بالاتر است. نسبت انشعابات برای هر رده آبراهه محاسبه و در نهایت به‌صورت میانگین برای یک حوضه بیان می‌شود.

نسبت انشعابات در یک حوضه با افزایش رده کاهش می‌یابد، زیرا با افزایش رده در یک حوضه، تعداد آبراهه‌هایی که با پیوستن به یکدیگر رده بالاتر را ایجاد می‌کنند افزایش می‌یابد. مقدار میانگین این نسبت برای حوضه‌های مسطح ۲ و برای حوضه‌های واقع در مناطق کوهستانی بین ۳ تا ۴ می‌باشد نسبت انشعابات پایین در حوضه‌هایی که ساختارهای زمین‌شناختی، کمتر تغییر کرده‌اند و الگوی زهکشی به حالت طبیعی است وجود دارد (استرال^۴، ۱۹۶۴). نسبت مستقیم انشعابات برای هر رده به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$R_{db} = N_{du} / N_{u+1}$$

در رابطه بالا، N_{du} تعداد انشعابات یک رده که به آبراهه‌های رده بالاتر خود می‌ریزند و N_{u+1} تعداد انشعابات بالاتر است. این نسبت، ساختمان شبکه آب سطحی را بدون در نظر گرفتن ناهنجاری سلسله مراتبی توصیف می‌کند.

1 Guarnieri and pirrotta, 2008

2 Horton, 1945

3 Strahler, 1952

4 Strahler, 1964

شاخص انشعابات و ناهنجاری سلسله مراتبی به یکدیگر وابسته‌اند و اطلاعات مفیدی درمورد درجه تکامل حوضه زهکشی ارائه می‌دهد (گارنیری و پیروتا^۱، ۲۰۰۸).

شاخص تراکم زهکشی (Drainage density)

تراکم زهکشی یک شاخص ریخت‌سنجی مهم برای حوضه‌هایی است که آبراهه‌های آن، بازتاب کننده فرآیندهای حاکم بر حفر چشم اندازها است (شوم^۲، ۱۹۹۷). تراکم زهکشی از نسبت مجموع طول تمام آبراهه‌های یک حوضه به مساحت حوضه محاسبه می‌شود (هورتون^۳، ۱۹۴۵) و با توجه به رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$Dd = Lu / A$$

در رابطه بالا Lu مجموع طول تمام آبراهه‌های یک حوضه و A مساحت حوضه می‌باشد. به‌طور کلی مقادیر پایین تراکم زهکشی در مناطق بسیار مقاوم و دارای مواد نفوذپذیر زیر خاک، دارای پوشش گیاهی زیاد بوده و در مناطقی که برجستگی کم است دیده می‌شود، اما مقادیر بالای تراکم زهکشی بیانگر آن است که منطقه شامل واحدهای سنگی با مقاومت کم یا نفوذناپذیر، با پوشش گیاهی اندک و پستی و بلندی زیاد است.

شاخص ضریب شکل (Form factor)

حوضه‌های آبریز از نظر ظاهری دارای شکل‌های گوناگون می‌باشند. به‌طوریکه با مساوی بودن سایر شرایط فیزیکی دبی اوج حوضه‌های گرد بیشتر از حوضه‌های کشیده خواهد بود. به دلیل اینکه شکل حوضه تابعی از پستی و بلندی و محیط آن می‌باشد گوناگونی زیادی در شکل حوضه‌ها دیده می‌شود و مقایسه آن‌ها را با یکدیگر مشکل می‌سازد. برای حل این مشکل از روابطی که در آن‌ها فاکتورهای ثابتی از حوضه گنجانده شده است استفاده می‌شود، از جمله این پارامترها می‌توان به ضریب شکل اشاره نمود. این شاخص با توجه به رابطه زیر به‌دست می‌آید (هورتون^۴، ۱۹۳۲):

$$Ff = A / L^2$$

در رابطه بالا Ff ضریب شکل، A مساحت حوضه و L² مجذور طول حوضه است. طول حوضه از محل خروج آبراهه اصلی تا مرتفع‌ترین نقطه در حوضه محاسبه می‌گردد. این شاخص شدت جریان در یک مساحت معین می‌باشد. هر چه مقدار ضریب فرم به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد حوضه مذکور به مربع نزدیک‌تر است و هر چه ضریب فرم کوچک‌تر از یک باشد حوضه کشیده‌تر است (مهدوی، ۱۳۸۶). حوضه‌های زهکشی در مناطق فعال از نظر

1 Guarnieri and pirrotta, 2008

2 Schumm, 1997

3 Horton, 1945

4 Horton, 1932

زمین‌ساختی، دارای شکل کشیده‌تر می‌باشند، حوضه‌هایی با ضریب شکل بزرگ‌تر دارای دبی اوج بالا هستند (سینج و همکاران^۱، ۲۰۱۴).

برجستگی نسبی (Bh)

برجستگی حوضه نقش مهمی در توسعه‌ی زهکشی، حرکت آب‌های سطحی و زیرزمینی، تراوایی، توسعه‌ی اشکال سطحی زمین و ویژگی‌های فرسایشی عوارض زمینی دارد. مقدار بالای برجستگی نشان‌دهنده‌ی شدت جریان آب، نفوذ پایین و مقدار بالای رواناب می‌باشد. برجستگی نسبی از اختلاف بین مرتفع‌ترین و پست‌ترین ارتفاعات حوضه به دست می‌آید و از رابطه زیر محاسبه می‌شود (کلر و پیتر^۲، ۲۰۰۲):

$$Bh = H_{max} - H_{min}$$

در این رابطه H_{max} مقدار ارتفاع بیشینه و H_{min} مقدار ارتفاع کمینه حوضه است.

شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی (Iat)

شاخص‌های ژئومورفولوژی ناهنجاری سلسله مراتبی (Δa)، انشعابات (R)، شاخص تراکم زهکشی (Dd)، ضریب شکل (Ff) و برجستگی نسبی (Bh) بر اساس مقادیری که دارا بودند، به منظور طبقه‌بندی منطقه بر اساس شاخص زمین‌ساخت نسبی (Iat) هر شاخص به پنج رده به لحاظ فعالیت زمین‌ساختی رده‌بندی شدند و در نهایت برای هر حوضه میانگین مقادیر رده شاخص‌های ژئومورفولوژی (S/n) اندازه‌گیری شد و به ۴ رده فعالیت زمین‌ساختی (Iat) تقسیم شد (جدول ۱). رده ۱ نشان‌دهنده فعالیت زمین‌ساختی بسیار بالا است، رده ۲ فعالیت زمین‌ساختی بالا است، رده ۳ فعالیت زمین‌ساختی متوسط را نشان می‌دهد و رده ۴ فعالیت زمین‌ساخت نسبی کم است (حمدونی و همکاران^۳، ۲۰۰۷). پس از رده‌بندی گستره مورد مطالعه بر اساس شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی، نقشه پهنه‌بندی سطح فعالیت زمین‌ساختی (Iat) درگستره مورد مطالعه ترسیم شد.

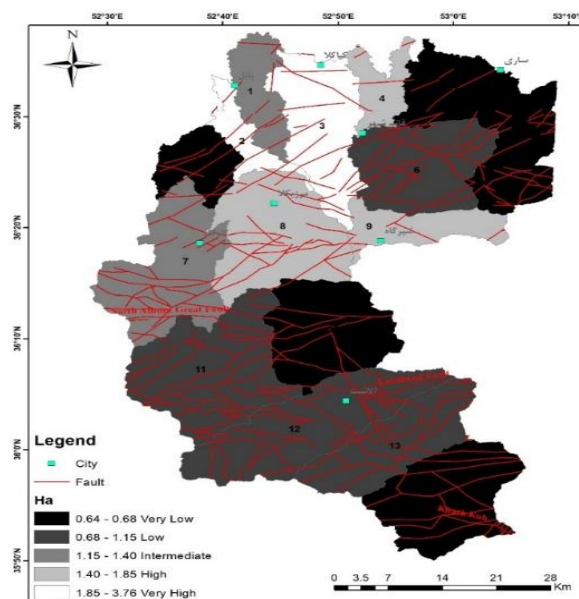
۴- نتایج و بحث

شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی: بر اساس مطالعات انجام گرفته بر روی این شاخص در منطقه مورد مطالعه، زیرحوضه‌های ۱ و ۲ بیش‌ترین میزان این شاخص و زیرحوضه‌های ۷ و ۱۶ کمترین میزان این شاخص را دارا می‌باشند (شکل ۳).

1 Singh et al, 2014

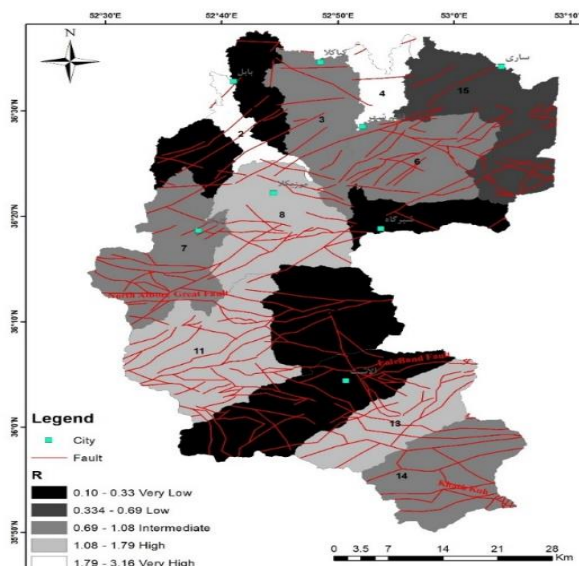
2 Keller and Pinter, 2002

3 Hamdouni et al, 2007



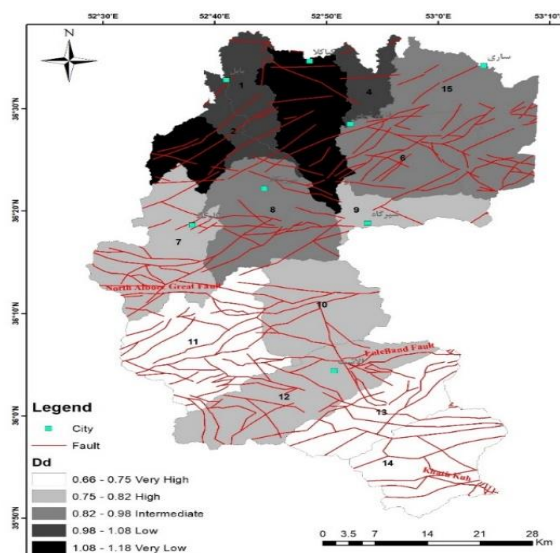
شکل ۴- نقشه شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی در زیرحوضه‌های گستره مورد مطالعه

شاخص انشعابات: بنابر محاسبات انجام گرفته از این شاخص، زیرحوضه‌ای شماره ۱۲ و ۱۵ کمترین و زیرحوضه‌های شماره ۱ و ۱۸ که در امتداد گسل شمال البرز هستند نیز بیشترین میزان از این شاخص را از آن خود کرده‌اند (شکل ۴).



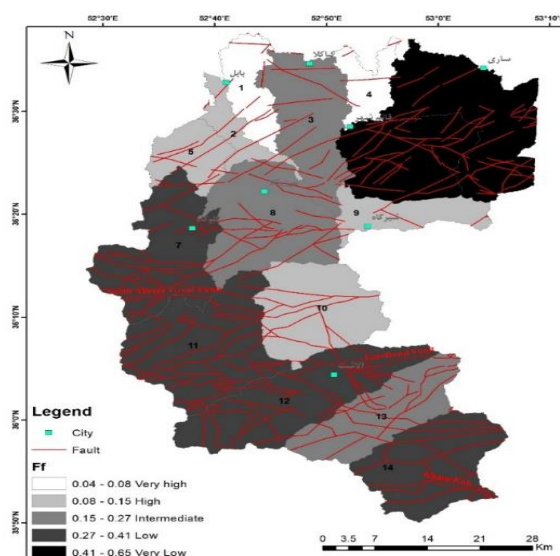
شکل ۵- نقشه شاخص انشعابات در زیرحوضه‌های گستره مورد مطالعه

شاخص تراکم زهکشی: برهمین اساس، زیرحوضه‌های ۵، ۷، ۲ و ۶ که در امتداد گسل‌های دزدبن و مرزن‌آباد هستند بیشتر میزان از این شاخص و زیرحوضه‌های ۴ و ۱۹ کمترین میزان را دارا می‌باشند (شکل ۵).



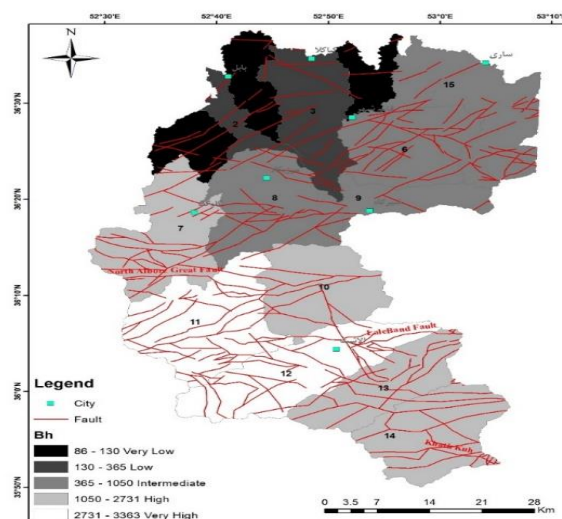
شکل ۶- نقشه شاخص تراکم زهکشی در زیرحوضه‌های گستره مورد مطالعه

شاخص ضریب شکل: بر اساس محاسبات انجام گرفته بر روی این شاخص در منطقه مورد مطالعه زیرحوضه‌های شماره ۸ و ۱۷ بیش‌ترین میزان و ۱۴ و ۷ کمترین میزان از این شاخص را دارا می‌باشند (شکل ۶).



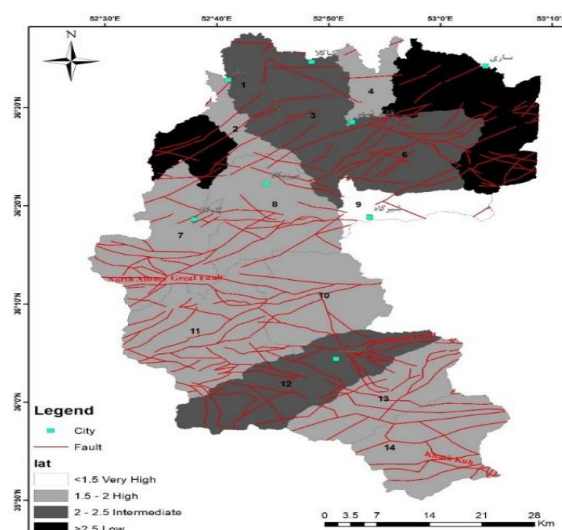
شکل ۷- نقشه شاخص ضریب شکل در زیرحوضه‌های گستره مورد مطالعه

شاخص برجستگی نسبی: برهمین اساس زیرحوضه‌های شماره ۹ و ۱۴ کمترین میزان از شاخص برجستگی نسبی و ۲ و ۴ بیشترین میزان از این شاخص را دارا می‌باشند (شکل ۷).



شکل ۸- نقشه شاخص برجستگی نسبی در زیرحوضه‌های گستره مورد مطالعه

شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی: بر اساس مطالعات صورت گرفته از این شاخص زیرحوضه‌های شماره ۱، ۸، ۱۴ و ۹ که در امتداد گسل‌های شمال البرز و خطیرکوه هستند بیشترین میزان از شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی را دارا می‌باشند (شکل ۸).



شکل ۹- نقشه شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی (IAT) در زیرحوضه‌های گستره مورد مطالعه

در این پژوهش سعی شده که به بررسی تأثیر گسل‌ها بر روی رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه به منظور ارزیابی فعالیت زمین‌ساختی فعال پرداخته شود. نتایج حاصل از محاسبات شاخص‌های ناهنجاری سلسله مراتبی (Δa)، انشعابات (R)، شکل حوضه (Ff)، تراکم زهکشی (Dd) و برجستگی نسبی (Bh) در ۱۵ حوضه زهکشی و در نهایت شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی (Iat) می‌تواند نشان‌دهنده فعالیت زمین‌ساختی اخیر در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

جدول ۱- محاسبات به‌دست آمده از شاخص‌های هر حوضه و رده‌بندی IAT بر اساس حمدونی^۱ (۲۰۰۷)

Basin No.	Indexes					Class					Iat	Iat Class
	Ha	Ff	Dd	R	Bh	Ha	Ff	Dd	R	Bh		
1	1.409	0.042	1.039	0.333	86	2	1	3	3	3	2.4	2
2	3.760	0.129	1.087	2.333	331	1	1	3	1	3	1.8	2
3	3.556	0.226	1.162	0.917	365	1	2	3	2	3	2.2	2
4	1.680	0.082	1.060	3.167	91	1	1	3	1	3	1.8	2
5	0.667	0.108	1.185	0.292	130	3	1	3	3	3	2.6	3
6	1.152	0.650	0.971	1.021	732	3	3	2	2	2	2.4	2
7	1.260	0.312	0.817	1.016	2281	2	3	1	2	1	1.8	2
8	1.853	0.251	0.883	1.796	1050	1	2	2	1	2	1.6	2
9	1.588	0.158	0.825	0.108	877	1	1	1	3	1	1.4	1
10	0.647	0.108	0.796	0.307	2700	3	1	1	3	1	1.8	2
11	1.021	0.315	0.666	1.377	3363	3	3	1	1	1	1.8	2
12	0.947	0.410	0.794	0.162	3348	3	3	1	3	1	2.2	2
13	1.044	0.276	0.754	1.296	2731	3	2	1	1	1	1.6	2
14	0.682	0.325	0.745	1.083	2663	3	3	1	2	1	2	2
15	0.671	0.509	0.986	0.694	902	3	3	2	3	2	2.6	3

۵- نتیجه‌گیری

بر اساس محاسبات حاصل از شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی، این شاخص در زیرحوضه‌های شماره ۲، ۳، ۸ و ۴ که در امتداد گسل‌های شمال البرز سایر گسل‌های فرعی دامنه شمالی رشته کوه البرز می‌باشند مقادیر بسیار بالا و بالا را نمایش می‌دهد. مقادیر حاصل از محاسبات شاخص ضریب شکل حوضه نیز در امتداد گسل‌های مذکور و در زیرحوضه‌های ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ که در امتداد گسل‌های شمال البرز و خطیرکوه هستند، بسیار بالا و بالا است. در این زیرحوضه‌ها که در امتداد گسل‌های نام‌برده قرار گرفته‌اند مقادیر به‌دست آمده از شاخص برجستگی نسبی بسیار بالا و بالا می‌باشد. در نهایت با محاسبات صورت گرفته در رابطه با شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی و مقایسه آن با دیگر

1 Hamdouni et al, 2007

شاخص‌های محاسبه شده، مشخص گردید که زیرحوضه‌های شماره ۲، ۴، ۷، ۱۱، ۱۳ و ۱۴ که تحت تأثیر فعالیت گسل‌های شمال البرز و خطیرکوه می‌باشند، شاخص بالا را نمایش می‌دهد. لازم به ذکر می‌باشد که گسل‌های فرعی دیگری نیز که در اثر بالا بودن فعالیت زمین ساختی در منطقه شکل گرفته‌اند، تأثیر به‌سزایی بر افزایش میزان شاخص‌های ریخت زمین ساختی نهاده و سبب شده‌اند که در برخی زیرحوضه‌ها میزان شاخص‌های بالا و گاه بسیار بالا پدیدار شود.

با توجه به وابستگی عوامل مورفولوژی به زمین ساخت فعال در یک ناحیه، در این پژوهش تلاش شده است که تأثیر زمین ساخت فعال را بر این عوامل در بخشی از البرز مرکزی که در حوضه‌های آبریز تالار و بابل رود می‌باشد مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد. با تکیه به این امر که در این بخش از البرز مرکزی تا به حال مطالعات بر روی شاخص‌های مورفولوژی صورت نگرفته است یا مطالعات از پیش انجام گرفته تنها منطقه بسیار کوچکی از این بخش را شامل می‌شوند، این پژوهش در این بخش از البرز مرکزی که به‌طور کلی فعالیت زمین ساختی نسبی اخیر موجود را در نتیجه مطالعه بر روی آبراهه‌های سطحی منطقه با تکیه بر شاخص‌های ریخت زمین ساختی می‌باشد، نشان می‌دهد که در اثر عملکرد گسل‌های فعال از قبیل شمال البرز و خطیرکوه بالا و بسیار بالا است. در حدود ۳۳٫۳ درصد از حوضه‌های آبریزی که مطالعات بر روی آن‌ها صورت گرفته است تحت سیطره فعالیت این گسل‌ها می‌باشد و همچنین گسل‌های فرعی دیگری که در اثر حرکات زمین ساختی اخیر تشکیل شده‌اند، فعالیت زمین ساختی متوسط به بالایی را ارائه می‌دهند. قرارگیری منطقه در معرض این گسل‌ها سبب شده است که ریسک لرزه‌خیزی منطقه نیز افزایش یابد. از آن جهت که این منطقه در نزدیکی شهرهای بزرگ و توریستی همانند بابل و سایر شهرهای شمالی کشور واقع شده است، به دلیل وجود تاریخچه‌ای مبنی بر وجود زمین لرزه در این منطقه و اثبات فعال بودن منطقه از نظر زمین ساختی، پیشنهاد می‌گردد طبق آیین نامه ۲۸۰۰ در خصوص طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، مقوله مخاطرات حاصل از زمین لرزه‌ها مورد توجه قرار گیرد.

کتابنامه

- شاه‌پسندزاده، مجید، زارع، مهدی؛ ۱۳۷۴. بررسی مقدماتی لرزه‌خیزی و لرزه‌زمین ساخت و خطر زمین لرزه و گسلش در پهنه استان مازندران. گزارش پژوهشگاه بین‌المللی زلزله.
- شمایلیان، علی؛ ۱۳۹۶. بررسی تکتونیک فعال حوضه‌های آبریز جاجرود، حبله‌رود و ایوانکی با استفاده از شاخص‌های رودخانه‌ای در البرز مرکزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه خوارزمی.
- مصدق‌زاده، المیرا؛ ۱۳۹۷. بررسی تکتونیک ژئومورفولوژی محدوده شمال سمنان، شرق البرز مرکزی. دانشگاه خوارزمی تهران.
- نبوی، محمد حسین؛ ۱۳۶۶. نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سمنان. انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

- Alavi, M., 1996. Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz mountain system in northern Iran. *Geodynamics*, 21, p 1- 33.
- Berberian, M., 1983. The southern Caspian: a compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 20, p 163- 183.
- Berberian, M., 1994. Natural hazards and the first earthquake catalogue of Iran. historical hazards in Iran prior to 1900, No 1.
- Berberian, M., King, G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18, p 210- 265.
- Berberian, M., Qorashi, M., Argang Ravesh, B., Mohajer Ashjaie, A., 1993. Seismotectonics and earthquake-fault hazard investigation in the Tehran Region: contribution to the seismotectonics of Iran. *Geological Survey of Iran*, Report 56.
- Ciccacci, S., Fredi, P., Lupia Palmieri, E. and Pugliese, F., 1986. Indirect Evaluation of Erosion Entity in Drainage Basins through Geomorphic, Climatic and Hydrological Parameters, *International Geomorphology*, pp. 233- 248.
- EL Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller, E.A., 2007. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain), *Geomorphology*, 969, pp. 150- 173.
- Guarnieri, P., Pirrotta, C., 2008. The response of drainage basins to the late quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina strait (NE Sicily). *Geomorphology*, 95, p 260-273.
- Holbrook, J., Schumm, S. A., 1999. Geomorphic and Sedimentary Response of Rivers to Tectonic Deformation: a Brief Review and Critique of a Tool For Recognizing Subtle Epeirogenic Deformation In Modern And Ancient Settings. *Tectonophysics*, 305, p 287- 306.
- Horton, R. E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56, p 275- 370.
- Keller, E. A., Pinter, N., 2002. Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape, *Prentice Hall*, New Jersey.
- Keller, E.A., Zepeda, R.L., Rockwell, T.K., Ku, T.L. and Dinklage, W.S., 1998. Active tectonics at Wheeler Ridge, southern San Joaquin Valley, California. *Geological Society of America Bulletin*, 110, pp. 298- 310.
- Ritz J. F., Nazari, H., Salamati, R., Shafeii, A., Solaymani, S. and Vernant, P., 2006. Active transtension inside Central Alborz: a new insight into the Northern Iran–Southern Caspian geodynamics. *Geology*, 34, pp. 477- 480.
- Schumm, S.A., 1997. Drainage density: problems of prediction'. In: Stoddart, D.R. (Ed.), Process and Form in Geomorphology. *Routledge*, London, pp. 15- 45.
- Seeber, L., Gornitz, V., 1983. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. *Tectonophysics*, 92, pp. 335- 367.
- Singh, P., Gupta, A. and Singh, M., 2014. Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, pp. 1- 11.
- Stocklin, J., 1968. Structural history and tectonics of Iran: a review. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 52, p 1229- 1258.
- Strahler, A.N., 1952. Hypsometric (area- altitude) analysis of erosion topography. *Geological Society of America Bulletin*, 63, pp. 1117- 1142.
- Strahler, A.N., 1964. Quantative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Te Chow, Ven. (Ed.), *Hand Book of Applied Hydrology*. New York: *McGraw Hill Book Company*.

- Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, J., Ashtiani, A., Bayer, R., Tavakoli, F. and Chery, J., 2004. Contemporary crustal deformation and plate kinematics in Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Iran. *Geophysical*, pp. 381- 398.
- Walker, R.T., 2006. A remote sensing study of active folding and faulting in southern Kerman province, S.E. Iran. *Journal of Structural Geology*, 28, pp. 654–668.

ارزیابی ریسک اکولوژیکی عناصر سنگین در رسوبات حاشیه جاده‌ها در محیط GIS

مرضیه مکرم - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
سعید نگهبان^۱ - استادیار ژئومورفولوژی، بخش جغرافیا، دانشکده اقتصاد، مدیریت و علوم اجتماعی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.

تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۵/۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۷

چکیده

فعالیت‌های انسانی ممکن است منجر به تجمع بیشتر فلزات سنگین در رسوبات حاشیه جاده شود. خودروها یکی از منابع تولید فلزات سنگین در جاده‌ها هستند که این آلاینده‌ها به صورت ذرات از آگروز یا دیگر اجزا خودرو وارد محیط شده و باعث آلودگی خاک این نواحی می‌شود. در این پژوهش میزان تغییرات فلزات سنگین در رسوبات حاشیه جاده تحت تأثیر تردد وسایل نقلیه در جاده فسا- داراب (استان فارس) مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور نمونه‌های خاک از فواصل ۵ و ۱۵ متری حاشیه جاده از دو عمق ۰-۱۵ سانتیمتری در قالب طرح بلوک کامل تصادفی به صورت فاکتوریل (عمق و فاصله) جمع‌آوری گردید. مقادیر کل و قابل جذب عناصر سنگین اندازه‌گیری و با دستگاه جذب اتمی قرائت گردید. شاخص محاسبه شاخص مولر و فاکتور آلودگی (CF)، شاخص ریسک اکولوژیکی (RI)، شاخص بار آلودگی تاملینسون (PLI) که برای تعیین میزان آلودگی منطقه مورد مطالعه بر روی ۵ عنصر کادمیوم، سرب، مس، روی و نیکل مورد محاسبه قرار گرفتند. نتایج نشان داد، مقدار غلظت میانگین عناصر نیکل، مس، روی، کادمیوم، و سرب به ترتیب 1.20، 2.86، 9.81، 10.08، و 84.17 میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد که غلظت سرب و کادمیوم بالاتر از مقدار پس زمینه محلی بود. بیشترین مقدار فلزات سنگین برای نزدیکترین فاصله از جاده یعنی ۵ متری از آن می‌باشد و مقدار آن ۳۸/۸۶ میلی گرم بر کیلوگرم می‌باشد که با افزایش فاصله از جاده کاهش می‌یابد. شاخص زمین انباشتگی (Igeo) محاسبه شده براساس میانگین شیل و مقدار پس زمینه محلی نشان دهنده عدم آلودگی جدی منطقه به فلزات مس، روی و نیکل است و تنها کادمیوم و سرب در کلاس آلوده تا آلودگی متوسط، و آلودگی زیاد تا بشدت آلوده به ترتیب قرار گرفتند. نتایج حاصل از نقشه‌ها پهنه بندی به روش کریجینگ نشان داد که روی، نیکل و سرب در جنوب

منطقه (نزدیکی شهر داراب)، کادمیوم در شمال (نزدیکی شهر فسا) و مس در بخش‌هایی از شمال، مرکز و جنوب بیشترین مقدار را داشتند.

کلیدواژه‌ها: آلاینده، فلزات سنگین، شاخص Igeo، شاخص CF، شاخص PLI، شاخص RI، روش کریجینگ، فاصله از جاده.

۱- مقدمه

فلزات سنگین اثر سمی بودن در بدن انسان داشته و عوارض متعددی همچون بیماری‌های خونی، عصبی و استخوانی ایجاد می‌کنند (سارکار^۱، ۲۰۰۲). با توجه به سمی بودن و دیگر آثار سوء فلزات سنگین بر سلامتی انسان و دیگر جانداران، حضور آنها در خاک حاشیه جاده‌ها و بزرگراه‌های برونشهری از جمله موضوعات مهم محسوب می‌شود. خودروها عموماً از منابع اصلی تولید آلاینده‌های فلزات سنگین در رسوبات حاشیه جاده محسوب می‌شوند که این آلاینده‌ها به صورت ذرات از آگروز یا دیگر اجزا خودرو وارد محیط شده و باعث آلودگی خاک و گیاهان این نواحی می‌شوند (وان بوهمن^۲، ۲۰۰۳). شایع‌ترین فلزات سنگین حاصل از وسایل نقلیه در جاده‌ها کادمیوم، مس، سرب، نیکل و روی است (الیک^۳، ۲۰۰۳؛ لی^۴، ۲۰۰۱). فلزات سرب و کادمیوم اثر سمی در بدن انسان داشته و عوارض متعددی همچون بیماری‌های خونی، عصبی و استخوانی ایجاد می‌کنند (سرکار^۵، ۲۰۰۲). منابع عمده سرب، دود خروجی از آگروز وسایل نقلیه بنزین سوز، رنگ‌های صنعتی و پسابهای خانگی و صنعتی است (هریسون و لاکسن^۶، ۱۹۷۷). در سالهای اخیر به دلیل حذف سرب از بنزین، ورود آن به رسوبات کاهش چشمگیری داشته است، اما همچنان انباشت پیشین آن در محیط باقی است (ساکار^۷، ۲۰۰۲). کادمیوم از سمی‌ترین فلزها در محیط زیست است که حلالیت و تحرک بسیار بالایی دارد (پاگوتو و همکاران^۸، ۲۰۰۱) و به راحتی از خاک به گیاه انتقال می‌یابد (جیا و همکاران^۹، ۲۰۱۰). کادمیوم در تایلر خودروها وجود دارد و از طریق استهلاک خودروها و انتشار ترافیکی به رسوبات اضافه می‌شود. سازمان سلامت جهانی (WHO) حد قابل تحمل هفتگی جذب کادمیوم و سرب با تخمین برای همه گروه‌های سنی به ترتیب ۰/۰۰۷ و ۰۲۵/۰ میلی گرم در کیلوگرم بدن فرد است (باکیردر و یامان^۸، ۲۰۰۸). با آلودگی گیاهان و خاک حاشیه جاده به فلزات سنگین و ورود این آلاینده‌ها به زنجیره غذایی، سلامتی بشر و حیوانات در معرض خطر قرار می‌گیرد. به منظور حفاظت زیست بومها از آلودگی فلزات سمی، بررسی آلودگی خاکها و گیاهان

1 Sarkar

2 Van Bohemen

3 Elik

4 Li

5 Harrison and laxen

6 Pagotto et al

7 Jia et al

8 Bakirdere and Yaman

حاشیه جاده‌ها به این فلزات بسیار ضروری است (هگازی و آل کادی^۱، ۲۰۱۰). مطالعات مختلفی در زمینه بررسی آلودگی خاک و گیاهان حاشیه جاده به فلزات سنگین، همچنین ارتباط غلظتها با عوامل ترافیکی صورت گرفته است. برای نمونه در مطالعه‌ای اثرات سرب بر محیط زیست در اطراف نواحی پرتراфик در ایالات متحده مورد بررسی قرار گرفت که نتایج نشان داد نواحی دارای مقدار نسبی بالای سرب، بیشتر بر خطوط اصلی جاده‌های پرتراфик منطبق بوده است (پندیاس و پندیاس^۲، ۱۹۹۲). آلودگی سرب و کادمیوم حاصل از سوختهای فسیلی در خاک سه منطقه در مسیر جاده تهران-دماوند بررسی شد نمونه‌ها از فواصل ۰،۱۰ و ۵۰ متری و عمق‌های ۵ و ۱۵ سانتیمتری خاک جمع آوری شد. نتایج آماری با تعیین ضریب همبستگی بین ویژگیهای خاک نشان داد که سرب با فاصله از جاده و بارندگی همبستگی منفی و دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۰/۰۵ بود؛ به عبارت دیگر با افزایش فاصله از محور اصلی جاده غلظت سرب در نمونه‌ها کاهش یافت و با افزایش بارندگی نیز به دلیل شستشوی خاک توسط باران، سرب در خاک کاهش یافت و کادمیوم با عمق و بارندگی همبستگی منفی داشت. کادمیوم بیشتر در قسمتهای سطحی خاک تجمع می‌یابد. مسعودی و همکاران (۲۰۱۲) در جاده ساری-قائم‌شهر غلظت سرب، کادمیوم، مس و روی را در خاک حاشیه جاده بررسی کردند. نتایج آنها نشان داد که هر سه فلز به جز کادمیوم تفاوت معنی داری در فاصله نزدیک جاده دارند، غلظت سرب، مس و روی با افزایش فاصله از جاده کاهش یافت و در برخی فواصل مجدداً افزایش پیدا کرد، به علاوه با افزایش عمق خاک غلظت فلزات سنگین کاهش یافت. همچنین به دلیل تفاوت در جهت و قدرت باد بین غلظت فلزات سنگین در دو طرف جاده تفاوتی مشاهده شد.

صفری سینگانی^۳ (۲۰۰۷) تغییرات زمانی و مکانی سرب را بر روی گیاه تاج خروس در بزرگراه رزن-همدان مورد بررسی قرار داد که نتایج حاکی از آن بود که سطح سرب در نمونه‌های گیاهی بالاتر از حد مجاز بود که تحت تأثیر عواملی مانند تراکم ترافیک یا سن جاده، فصل یا فاصله از جاده‌ها است. غلظت سرب در اندام هوایی بیشتر از ریشه بود، به علاوه غلظت سرب در فصل خشک (پائیز) بالاتر از دوره مرطوب (بهار) بود. همچنین با افزایش فاصله از جاده کاهش غلظت سرب در گیاه مشاهده شد. پرنسول اگبونا^۴، (۲۰۱۱) در نیجریه نشان دادند در خاک و گیاهان دارویی در شهر آبا، تجمع آشکاری از فلزات سنگین وجود دارد که وابسته به انتشار آلاینده‌ها از وسایل نقلیه است. جینفی و همکاران^۵ (۲۰۱۲) به این نتیجه رسیدند که افزایش معنی دار سطوح فلزات سنگین در خاک و دانه‌های برنج و گندم، در امتداد بزرگراه در شرق چین، تحت تأثیر ترافیک در حاشیه جاده‌های مزارع برنج و گندم است. همچنین در پژوهشی توسط ناصر و همکاران^۶ (۲۰۱۲) میزان سرب، کادمیوم و نیکل خاک و سبزیها حاشیه جاده در بنگلادش

1 Hegazi and El-Kady

2 Pendias and Pendias

3 Safari Sinigani

4 Princewell-Ogbonna

5 Jinfei et al

6 Naser et al

مورد بررسی قرار گرفت. غلظت سرب و نیکل در خاک و سبزی‌ها با افزایش فاصله از جاده کاهش یافته اما غلظت کادمیوم مستقل از فاصله از جاده بود. سوبوترا و تراندا^۱ (۲۰۰۶) علاوه بر اندازه گیری غلظت سرب و کادمیوم در خاک‌های اطراف جاده، غلظت این دو فلز را در سنگ بستر این مناطق نیز اندازه گیری کردند. این پژوهشگران اختلاف معنی داری در سطح ۵٪ در غلظت این دو فلز بین فواصل ۱۰ متری پیدا کردند. غلظت ناچیزی از این دو فلز در نمونه‌های سنگ بستر منطقه به دست آمد. نتایج آنها نشان داد که غلظت بالای سرب و کادمیوم در نمونه‌های خاک منطقه تنها ناشی از سوخت‌های فسیلی بوده است و سازندهای زمین شناختی منطقه نقشی در این رابطه ندارند. الچالابی و هوکر^۲ (۲۰۰۰) نمونه‌هایی را از خاک سه سایت در منطقه شهری بریسبان استرالیا جمع آوری کرده و روند توزیع سرب را در اطراف جاده‌ها مورد مطالعه قرار دادند. نتایج کار حاکی از آن بود که تردد وسایل نقلیه منبع اصلی آلودگی بوده است و در مناطقی با شرایط پایدارتر آب و هوایی، توزیع سرب خاک به طور مشخص با افزایش فاصله از جاده کاهش یافته است. همچنین در این تحقیق ملاحظه شد که سرب در ۵ cm اول عمق خاک تجمع یافته است

فاکایود و اولابی^۳ (۲۰۰۳) آلودگی خاک حاشیه خیابانهای شهر اوسگبو نیجریه را مطالعه کرده و با انتخاب ۳۹ سایت با حجم ترافیکی متفاوت روند پخش فلزات روی، نیکل، مس، کادمیوم و سرب را در فواصل ۵، ۱۵، ۳۰ و ۵۰ متری از خیابانها اندازه گیری کردند. دسته بندی غلظتها با توجه به حجم ترافیکی نشان داد که با افزایش فاصله از خیابانها تا فاصله ۵۰ متری، غلظت فلزات خاک به طور سریع کاهش می‌یابد

اسلام و همکاران^۴ (۲۰۱۴) بررسی میزان فلزات سنگین (Cr, Ni, Cu, As, Cd و Pb) در آب و رسوب در شهر بنگلادش را بررسی کردند. نتایج نشان داد که روند کاهش فلزات در آب به صورت $Cd > Pb > Ni > As > Cu > Cr$ و در رسوب به صورت $Cd > As > Pb > Cu > Ni > Cr$ مشاهده شد. میزان فلزات مورد مطالعه بیش از حد بحرانی در آب آشامیدنی بود که نشان داد که این آب آلوده بوده و برای پخت و پز و آشامیدن مناسب نیست

خلیفه و گد^۵ (۲۰۱۸) آلودگی خاک‌های کشاورزی به فلزات سنگین در جنوب غرب دلتای نیل در مصر بررسی کردند. در تحقیق مذکور، ۲۴ نمونه خاک در ۱۲ محل مورد بررسی قرار گرفتند که حوزه‌های اصلی منطقه Quessna را تشکیل می‌دهند. غلظت فلزات مورد مطالعه به ترتیب $Co > Ni > Cu > Pb > Cr > Zn$ کاهش نشان داد. میزان آلودگی و ارزیابی ریسک زیست محیطی فلزات در نمونه‌های خاک با استفاده از enrichment factor, geoaccumulation index, improved Nemerow's pollution index, Pollution load index, and potential

1 Sobotra and Tanda

2 Al-Chalabi and Hawker

3 Fakayode and Owolabi

4 Islam et al

5 Khalifa and Gad

ecological risk index بررسی شد. نتایج نشان داد که شهرنشینی شدید، فعالیت‌های صنعتی و فعالیت‌های کشاورزی مهم‌ترین منابع آلودگی فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه بود.

اوا وجسیچوسکا و همکاران^۱ (۲۰۱۹) میزان فلزات سنگین (Cr, Ni, Cd, Zn, Pb, Cu) در اراضی شهری را در شمال لهستان بررسی کردند. در طول دوره ۳ ماهه، نمونه‌های رسوب از ورودی و خروجی از شش رآکتور واقع در جریان آب جمع‌آوری شد. غلظت فلزات از یک تا سه برابر بیشتر برای نیکل و از دو تا ۱۴۳ برابر بیشتر برای Cu در مقایسه با نتایج حوضچه‌های غیر آلوده بدست آمد. غلظت Cu بسیار بالا (۱۱۱۴ میلی گرم بر کیلوگرم) در رسوبات در یافت شد که نشان دهنده آلودگی بالای منطقه به فلزات سنگین می‌باشد. آگیلار پسانتر و همکاران^۲ (۲۰۱۹) در جنوب Ponce Enríquez آلودگی رسوبات رودخانه به فلزات سنگین (Cr, Ni, Cd, As, Sb, Pb, Zn, Cu) و Hg را بررسی کردند. چهار پارامتر برای ارزیابی ترکیب ژئوشیمیایی رسوبات رودخانه و فلزات سنگین محاسبه شد که عبارت بود از: enrichment factor (EF), the geo-accumulation index (Igeo), the contamination factor (Cf) and the pollution load index (PLI). نتایج حاصل از تمامی شاخص‌ها نشان داد که غلظت فلزات سنگین در رسوبات زیاد است. از دیگر مطالعاتی که در زمینه آلودگی رسوبات و آب به فلزات سنگین انجام شده می‌توان به یان فنگ و همکاران^۳ (۲۰۱۹)؛ سیدهانث داش و همکاران^۴ (۲۰۱۹)؛ ادیتیا چاتورودی و همکاران^۵ (۲۰۱۹) اشاره نمود. با توجه به اهمیت موضوع هدف از این تحقیق، بررسی میزان آلودگی خاک حاشیه جاده داراب-فسا به فلزات سنگین است. در این تحقیق تأثیر دوری و نزدیکی ایستگاه‌های پمپ گاز و بنزین به جاده و یا اراضی شهری و تأثیر آن بر روی آلودگی خاک بررسی شد. در انتها از چندین مزرعه که در نزدیکی ایستگاه‌های پمپ گاز و یا بنزین و اراضی شهری بودند نمونه گیاهی تهیه و میزان غلظت عناصر در آن‌ها بررسی شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب استان فارس (جاده داراب-فسا) در موقعیت جغرافیایی $28^{\circ}36' - 28^{\circ}54' \text{ N}$ and $53^{\circ}36' - 54^{\circ}30' \text{ E}$ واقع شده است که در شکل ۱ نشان داده شده است. بیش‌ترین و کمترین ارتفاع در منطقه مورد مطالعه بین ۱۰۴۲ و ۲۱۲۵ متر می‌باشد که بیشترین ارتفاع در مناطق مرکزی به سمت فسا واقع شده است. راه ارتباطی فسا به داراب با طول حدود ۱۰۰ کیلومتر و با امتداد جنوب شرقی- شمال غربی، از قدیم الایام به عنوان راه اصلی

1 Ewa Wojciechowska

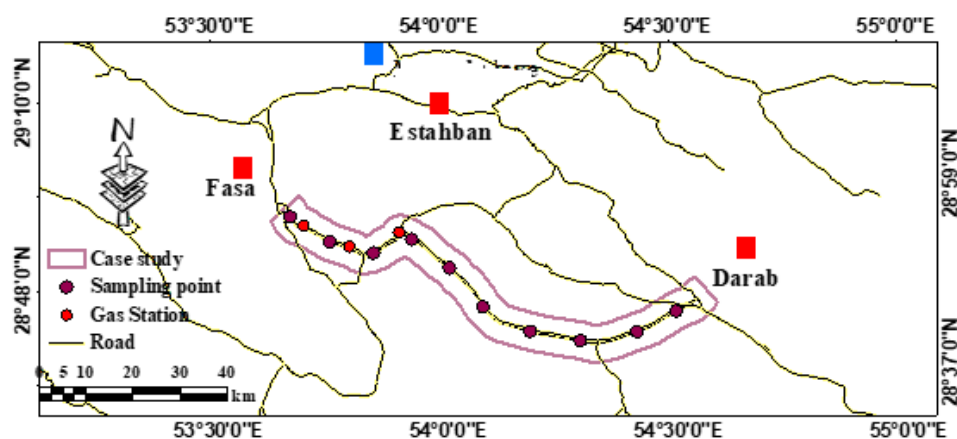
2 Aguilar Pesantes et al

3 Yan Feng et al

4 Siddhant Dash et al

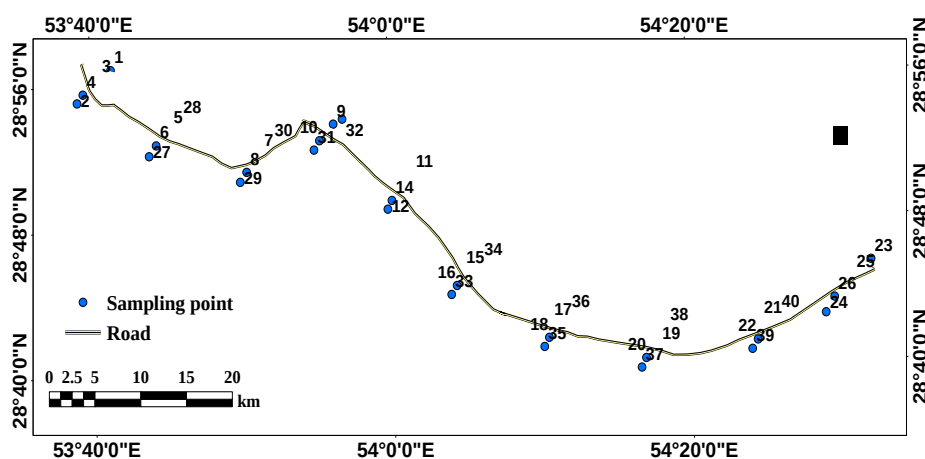
5 Aaditya Chaturvedi et al

ارتباطی شهر شیراز (بزرگ‌ترین شهر نیمه جنوبی کشور ایران) با شهر بندرعباس (بزرگ‌ترین بندر تجاری کشور ایران) مورد توجه بوده و همواره مورد استفاده انواع ماشین آلات سبک و سنگین قرار می‌گرفته است. شهرهای فسا و داراب به عنوان مهمترین مراکز جمعیتی جنوب شرقی استان فارس بوده که دارای قدمت تاریخی زیادی هستند و راه ارتباطی آنها به عنوان یکی از پر ترددترین راههای استان فارس شناخته می‌شود. این عبور و مرور در طول زمان تأثیرات مختلفی بر محیط اطراف داشته و باعث گردیده که آلودگی هائی در منطقه ایجاد گردد. از جمله آلودگیهای تأثیرگذار بر محیط زیست اطراف جاده، آلودگی رسوبات و خاکهای اطراف آن می‌باشد که در این پژوهش به بررسی آلودگی خاکهای اطراف این جاده پرداخته می‌شود.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

موقعیت نقاط نمونه برداری که در فاصله ۵ و ۱۵ متری از جاده انجام شده در شکل ۲ نشان داده شده است:



شکل ۲- موقعیت نقاط نمونه برداری

۲-۲- روش پژوهش

در این مطالعه به منظور تعیین میزان آلودگی رسوبات دو طرفه جاده از فواصل ۵ و ۱۵ متر دو طرفه جاده رسوبات تا عمق ۱۵ سانتی متری برداشت شدند. فاصله نقاط نمونه برداری ۱۰ کیلومتر در مسیر جاده بود. بعد از تهیه داده‌ها ابتدا با استفاده از آزمون t تأثیر خودروها بر روی آلودگی رسوبات در فواصل مختلف از جاده بررسی شد. در ادامه به منظور تعیین میزان آلودگی هر یک از نمونه‌ها به فلزات سنگین از شاخص مولر و فاکتور آلودگی (CF)، شاخص RI، شاخص بار آلودگی تاملینسون (PLI) استفاده شد. از تحلیل همبستگی و تحلیل مؤلفه‌های اصلی به منظور بررسی ارتباط بین عناصر و شاخص RI و تعیین موثرترین پارامترها در آلودگی رسوبات و همچنین تعیین آلوده‌ترین ایستگاه استفاده شد. در نهایت با استفاده از روش کریجینگ پراکنش مکانی هر یک از عناصر در اطراف جاده‌ها بررسی شد. توضیحات مربوط به هر یک از دو روش در ادامه آمده است:

۲-۲-۱- نمونه برداری و آماده سازی داده‌ها

۴۰ نمونه خاک از عمق ۰-۱۵ سانتیمتری جاده در سه تکرار به طور تصادفی جمع آوری شدند (شکل ۲). نمونه‌های جمع آوری شده در آزمایشگاه ابتدا عصاره گیری شده و سپس غلظت‌های فلزات سنگین با دستگاه اسپکتروسکوپی جذب اتمی اندازه گیری شدند. روش‌های عصاره گیری و اندازه گیری غلظت فلزات مطابق روشهای استاندارد (Page et al., 1982) در آزمایشگاه صورت گرفت، به طوریکه نمونه‌های رسوب خشک شده در هوای باز به مدت سه روز، کوبیده و خرد و با الک شماره ۶۰ الک شدند. از هر نمونه، ۱ گرم خاک با ۲۰ میلی لیتر مخلوط ۱:۱ اسیدهای غلیظ نیتریک (HNO_3) و هیدروفلوریک (HF) در یک ظرف دهان گشاد ترکیب و پس از خشک شدن در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد خشک شدند. به ماده خشک باقیمانده در ظرف‌های ۲۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ مولار اضافه شد و پس از همزدن با همزنهای پلاستیکی، از کاغذ صافی واتمن ۴۲ عبور داده شد. از هر نمونه به میزان ۰/۲ گرم توزین و بعد از هضم با اسید نیتریک ۵ نرمال مقدار کل عناصر مس، نیکل و روی توسط دستگاه جذب اتمی مدل ۳۰۳۰ Elmer-Perkin، سرب توسط دستگاه جذب اتمی مدل ۲۰۰ AA: Elmer-Perkin و همچنین مقدار کل عنصر کادمیم عصاره‌ها به دلیل آنکه خارج از حد تشخیص دو دستگاه قبلی بود با دستگاه جذب اتمی مجهز به کوره گرافیتی مدل Rayleigh 1E-WF: تعیین شد.

Geo-accumulation index

مولر از اواخر دهه ۱۹۶۹ شاخص I_{geo} را معرفی کرده است (Muller, ۱۹۶۹) و از آن زمان تا کنون به طور گسترده در اروپا برای مطالعه روی فلزات سنگین استفاده می‌شود. شاخص I_{geo} با مقایسه غلظت‌های موجود یا غلظت‌های قبل از صنعتی شدن برای ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌ها استفاده می‌شود. براساس شاخص زمین انباشتنی مولر، C_n غلظت عنصر مورد مطالعه در نمونه خاک یا رسوب و B_n غلظت عنصر مورد مطالعه در مقدار زمینه

(جدول ۱) و ضریب 1.5 فاکتور تصحیح ماتریس زمینه ناشی از اثرات لیتولوژی است. شاخص I_{geo} از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$I_{geo} = \log_2[(Cn / (1.5 \cdot Bn))] \quad (1)$$

جدول ۱- میانگین شیل برای عناصر مورد ارزیابی (Woitke et al., 2003)

عناصر	میانگین شیل (قسمت در میلیون)
سرب	20
کادمیوم	0.38
مس	45
روی	95
نیکل	45

مولر بر اساس این شاخص، خاک‌ها را از نظر درجه آلودگی به هفت گروه طبقه بندی نموده است که در جدول ۲ ارائه شده است

جدول ۲- طبقه بندی کیفیت رسوبات بر اساس شاخص تجمع ژئوشیمیایی مولر (Muller, 1979)

I_{geo} range	I_{geo} value	I_{geo} class	وضعیت آلودگی
$I_{geo} < 1$	≤ 0	0	غیر آلوده
	0-1	1	از آلوده تا آلودگی متوسط
$1 < I_{geo} < 3$	1-2	2	آلودگی متوسط
	2-3	3	آلودگی متوسط تا زیاد
$3 < I_{geo} < 5$	3-4	4	آلودگی زیاد
	4-5	5	از آلودگی زیاد تا شدت آلوده
$I_{geo} > 5$	> 5	6	به شدت آلوده

۲-۲-۲- محاسبه فاکتور آلودگی

جهت تعیین آلاینده‌گی خاک به عناصر سنگین از فاکتور آلودگی (CF) استفاده گردید. بر اساس این فاکتور می‌توان مقدار عناصر را نسبت به مقدار طبیعی خود سنجید و میزان آلودگی خاک را تعیین کرد. فاکتور آلودگی طبق رابطه زیر برای تمام عناصر مورد بررسی محاسبه شد (هاکانشون^۱، ۱۹۸۰).

¹ Hakanson

$$CF_{metal} = C_{metal} / C_{background} \quad (2)$$

در این معادله CF_{metal} نسبت غلظت هر فلز (C_{metal}) به مقدار غلظت زمینه طبیعی آن فلز ($C_{background}$) می باشد. در این مطالعه از طبقه بندی هکنسن برای فاکتور آلودگی (جدول ۳)، جهت ارزیابی آلودگی فلزات سنگین استفاده شد.

جدول ۳- ارزیابی آلودگی فلزات سنگین بر اساس فاکتور آلودگی (هاکانسون، ۱۹۸۰)

دامنه تغییرات CF	شدت آلودگی
$CF < 1$	آلودگی کم
$1 \leq CF \leq 3$	آلودگی متوسط
$3 \leq CF \leq 6$	آلودگی زیاد
$CF \geq 6$	آلودگی بسیار زیاد

۲-۲-۳- محاسبه شاخص بار آلودگی (PLI)

به منظور ارزیابی وضعیت آلودگی خاک به فلزات سنگین، شاخص PLI برای ۵ فلز مورد مطالعه محاسبه شد. شاخص بار آلودگی تعداد دفعاتی که غلظت فلزات سنگین در خاک و رسوبات نسبت به غلظت زمینه افزایش یافته است را نشان می دهد و خلاصه ای از وضعیت سمیت فلزات مورد بررسی را نشان می دهد (Chan et al., 2001). شاخص بار آلودگی تاملینسون (PLI) که به منظور بررسی وضعیت زیست محیطی مورد استفاده قرار می گیرد به صورت ریشه n ام حاصل ضرب غلظت های فلزات مختلف مورد بررسی تعریف می شود (آنگولو^۱، ۱۹۹۶):

$$PLI = \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n CF_{metal}} \quad (3)$$

در این معادله CF_{metal} نشان دهنده فاکتور آلودگی هر فلز و n برابر با تعداد فلزات سنگین مورد مطالعه یا عدد ۵ است. PLI یک شاخص انتگرالی مهم در بررسی میزان آلودگی در مناطق آلوده است که هر چه از عدد یک بالاتر باشد دفعات آلوده بودن نسبت به محل غیر آلوده را نشان می دهد.

۲-۲-۴- شاخص RI

شاخص ارزیابی ریسک اکولوژیکی اولین بار توسط هاکانسون به منظور ارزیابی ریسک آلودگی رسوبات و خاک به وسیله فلزات سنگین استفاده گردید (هاکانسون، ۱۹۸۰). این شاخص براساس میزان سمیت فلزات روشهای اصلاحی به وسیله محققان مختلفی همچون Wang و همکاران بکار گرفته شده است. براساس رویکرد هاکانسون،

فاکتور پاسخ سمیت برای فلزات کادمیوم، مس، سرب، کروم و روی به ترتیب برابر ۳۰، ۵، ۵، ۲ و ۱ می‌باشد. در این مطالعه پتانسیل ریسک اکولوژیکی براساس رابطه‌های ۴ و ۵ محاسبه گردید.

$$E_r^i = \frac{C_r^i}{C_o^i} \cdot T_r^i \quad (4)$$

$$RI = \sum_{i=1}^5 E_r^i \quad (5)$$

در رابطه‌های ۴ و ۵: E_r^i شاخص پتانسیل ریسک اکولوژیکی، C_o^i و C_r^i به ترتیب مقدار اندازه گیری شده و مقادیر پیش زمینه طبیعی (value Background) و T_r^i برابر فاکتور پاسخ سمیت فلز می‌باشد. غلظت زمینه طبیعی مس، روی، نیکل، سرب و کادمیوم به ترتیب برابر با ۴۵، ۹۵، ۴۵، ۲۰ و ۰.۳۸ میلی گرم بر کیلوگرم (هاکانسون، ۱۹۸۰؛ لئو و همکاران، ۲۰۱۳) و غلظت زمینه انسانی این فلزات به ترتیب برابر با ۳۱.۶، ۴۹.۵، ۴۵.۸، ۵۴.۱ و ۰.۲۳ میلی گرم بر کیلوگرم تخمین زده شده است (رحمان، ۲۰۱۲) (جدول ۴):

جدول ۴- غلظت زمینه فلزات سنگین (mg/kg) در منطقه مورد مطالعه، برخی از کشورها و مقیاس جهانی

(رحمان، ۲۰۱۲)

عنصر	غلظت زمینه طبیعی (n=48)	غلظت زمینه انسانی (n=208)	لیتوانی (خاک‌های لوم و رس) (Carlson, 2007)	بلژیک (Carlson, 2007)	چین (Chen, et al., 1991)	مقیاس جهانی (Kabata-Pendias, 2001)
Cu	45	5	11	17	22.6	13-24
Zn	95	1	62	36	74.2	45-100
Ni	45	2	9	18	26.9	12-34
Pb	20	5	40	15	26	22-44
Cd	0.38	30	0.8	0.2	0.097	0.3-0.7

۲-۳- روش زمین آمار برای تهیه نقشه پراکنش شاخص آلودگی

به منظور شناسایی هر چه بهتر مناطق آلوده و یا مناطق در معرض آلودگی به فلزات سنگین، اقدام به تهیه نقشه‌های پراکنش هر یک از عناصر سنگین، شاخص RI، شاخص بار آلودگی تاملینسون (PLI) شد. بدین منظور ابتدا از تابع نیم تغییرنا برای نشان دادن تغییرات یک متغیر با در نظر گرفتن فاصله در محیط نرم افزار v.10.2 ArcGIS استفاده شد که معادله آن به صورت زیر است (جانستون، ۲۰۰۱):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (5)$$

1 Liu et al

2 Rahman

3 Johnston et al

در معادله نیم تغییر نما یا واریوگرام که با $\gamma(h)$ نشان داده شده است. $N(h)$ تعداد جفت نقاطی است که فاصله آن ها از هم به اندازه h است. $z(x_i)$ و $Z(x_i+h)$ متغیرهای ناحیه‌ای با فاصله h از یکدیگرند. هر تابع نیم تغییر نما با سه مؤلفه اثر قطعه‌ای (C_0)، دامنه تأثیر (a) و حد استانه ($C+C_0$) مشخص می‌شود. مقدار نیم تغییر نما در مبدأ مختصات، یعنی به ازای $H=0$ را اثر قطعه‌ای (C_0) می‌نامند. در این پژوهش از مدل‌های کروی، نمایی، گوسی برای برازش نیم تغییر نما استفاده شد. در ادامه به منظور تهیه نقشه پهنه بندی از روش کریجینگ استفاده شد که معادله آن در زیر آمده است:

$$Z^*(X_i) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(X_i) \quad (6)$$

در این معادله $Z(X_i)$ تخمین مقدار متغیر z در نقطه x و λ_i وزن آماری اختصاص یافته به مقادیر z در نقطه x_i است. در نهایت با توجه به مقادیر مشاهده شده و برآورد شده، دقت هر روش با توجه به معیارهای آماری R^2 میانگین مطلق اشتباهات (MAE)، مجذور میانگین اشتباهات (MSE)، میانگین اربیی اشتباهات (MBE) و ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE) ارزیابی شد:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Z^*(X_i) - Z(X_i))^2}{n}} \quad (7)$$

که در آن $Z(X_i)$ ، $Z^*(X_i)$ و n به ترتیب مقدار برآورد شده، مقدار اندازه گیری شده متغیر مورد نظر و تعداد داده‌ها محسوب می‌شوند.

۳- نتایج و بحث

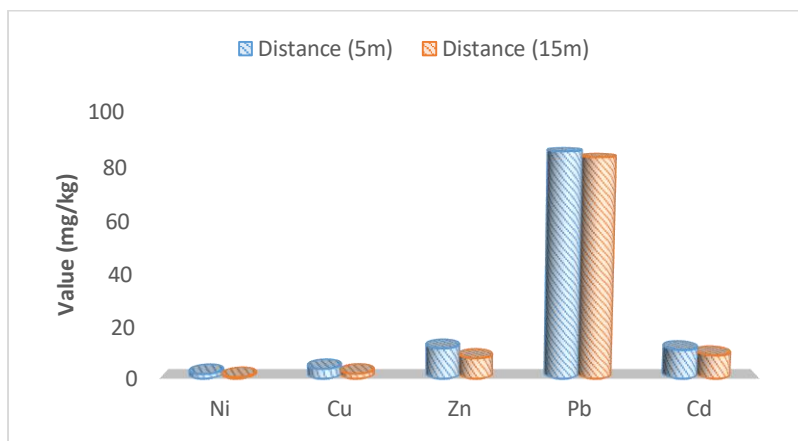
مقادیر مس، سرب، روی، کادمیوم و نیکل اندازه گیری شده برای هر یک از نمونه‌های مورد مطالعه در جدول زیر نشان داده شده است. نتایج آزمون نرمالیت کولموگروف-اسمیرنوف نشان می‌دهد که که کلیه پارامترهای اندازه گیری شده حالت نرمال دارند. با توجه به ستون Sig در جدول ۵، دیده می‌شود که در سطح خطای ۰،۰۵، فرض صفر که نشان دهنده بکنواخت بودن توزیع داده‌ها است، رد نمی‌شود.

جدول ۵- ویژگی‌های آماری داده‌های

Parameter	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
Average	1.205	2.865	9.815	10.085	84.175
Minimum	0	0	0	0	29.6
Maximum	8	11	24	27	137
STDVE	2.3	3.8	5.3	10.2	24.3
Sig.	0.01	0.02	0.00	0.01	0.00

همچنین بر اساس جدول ۵ ملاحظه می‌شود که میانگین غلظت سرب و کادمیوم به مراتب بیشتر از میانگین غلظت استاندارد است.

در این مطالعه خاک اطراف جاده در دو فاصله ۵ و ۱۵ متری تهیه و مقدار عناصر سنگین در آن‌ها اندازه گیری شد. میانگین مقادیر اندازه گیری شده نشان داد که غلظت عناصر در فاصله ۵ متری بیشتر از فاصله ۱۵ متری می‌باشد که نشان دهنده تأثیر خودروها بر روی آلودگی خاک‌های مجاور جاده می‌باشد (شکل ۳). همچنین بر اساس شکل ۳ مشخص می‌شود که سرب و کادمیوم دارای مقادیری بالاتری نسبت به سایر عناصر می‌باشد که نشان دهنده عدم تأثیر فعالیت‌های انسانی بر افزایش این عناصر می‌باشد که با نتایج مطالعات (یایلی ابانوز^۱، ۲۰۱۱) همخوانی دارد. آنچه در مورد آلودگی خاک حاشیه جاده منطقه مورد مطالعه به فلزات سرب، نیکل، روی، مس و کادمیوم مشاهده شد با مشاهدات چند محقق دیگر در کشورهای مختلف از جمله کلیک و همکاران^۲ (۲۰۰۵) در ترکیه، نادیوکور^۳ (۱۹۸۴) در نیجریه و هریسون و همکاران^۴ (۱۹۸۱) در انگلیس همخوانی دارد مقادیر غلظت سرب و کادمیوم کل در خاک اطراف جاده منطقه مورد مطالعه را باید با مقادیر حداکثر غلظت قابل قبول خاک‌های کشاورزی مقایسه کرد. این مقایسه از آن جهت مفید است که معمولاً آبراهه‌های اطراف جاده‌ها، محل کاشت درختچه، درختان و گاهی چمن و در مواردی برای ایجاد فضای سبز استفاده می‌شود، بنابراین خاک آن‌ها باید از آلودگی کمتری برخوردار باشد.



شکل ۳- غلظت عناصر در فاصله ۵ و ۱۵ متری دو طرفه جاده

1 Yaylali Abanuz

2 Celick et al

3 Ndiokwere

4 Harrison

۳-۱- شاخص مولر

نتایج محاسبه شاخص ژئوشیمیایی مولر به منظور طبقه بندی رسوبات از نظر شدت آلودگی به عناصر مورد ارزیابی، بیانگر آن بود که رسوبات منطقه مورد مطالعه از نظر نیکل، مس و روی فاقد آلودگی بوده در صورتیکه کادمیوم و سرب در کلاس آلوده تا آلودگی متوسط، و آلودگی زیاد تا بشدت آلوده به ترتیب قرار گرفتند (جدول ۶). بیشترین مقدار کادمیوم در ایستگاههای ۸، ۹ و ۱۰ و بیشترین مقدار سرب در ایستگاه ۲۴ است (جدول ۶).

جدول ۶- مقادیر محاسبه شده شاخص مولر و طبقه بندی رسوبات از نظر شدت آلودگی به عناصر سنگین

code	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	code	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
1	0	0	0	4.98	2.02	21	0	0	0	0	1.54
2	0	0	0	0	1.45	22	0	0	0	5.13	1.82
3	0	0	0	3.62	1.45	23	0	0	0	5.13	0.55
4	0	0	0	0	1.34	24	0	0	0	0	2.19
5	0	0	0	0	0.30	25	0	0	0	0	1.40
6	0	0	0	4.40	1.28	26	0	0	0	5.20	1.74
7	0	0	0	4.40	1.32	27	0	0	0	4.07	0.96
8	0	0	0	5.57	1.66	28	0	0	0	0	0.00
9	0	0	0	5.51	1.74	29	0	0	0	5.24	1.34
10	0	0	0	5.57	1.54	30	0	0	0	4.07	1.00
11	0	0	0	5.06	1.62	31	0	0	0	5.24	1.21
12	0	0	0	5.27	1.63	32	0	0	0	5.19	1.42
13	0	0	0	5.20	1.72	33	0	0	0	0	1.76
14	0	0	0	3.98	0.68	34	0	0	0	5.07	1.58
15	0	0	0	5.40	1.90	35	0	0	0	0	1.50
16	0	0	0	0	2.08	36	0	0	0	0	1.70
17	0	0	0	0	2.02	37	0	0	0	0	0.68
18	0	0	0	0	1.82	38	0	0	0	0	1.39
19	0	0	0	0	1.71	39	0	0	0	4.81	1.50
20	0	0	0	0	1.00	40	0	0	0	0	1.21

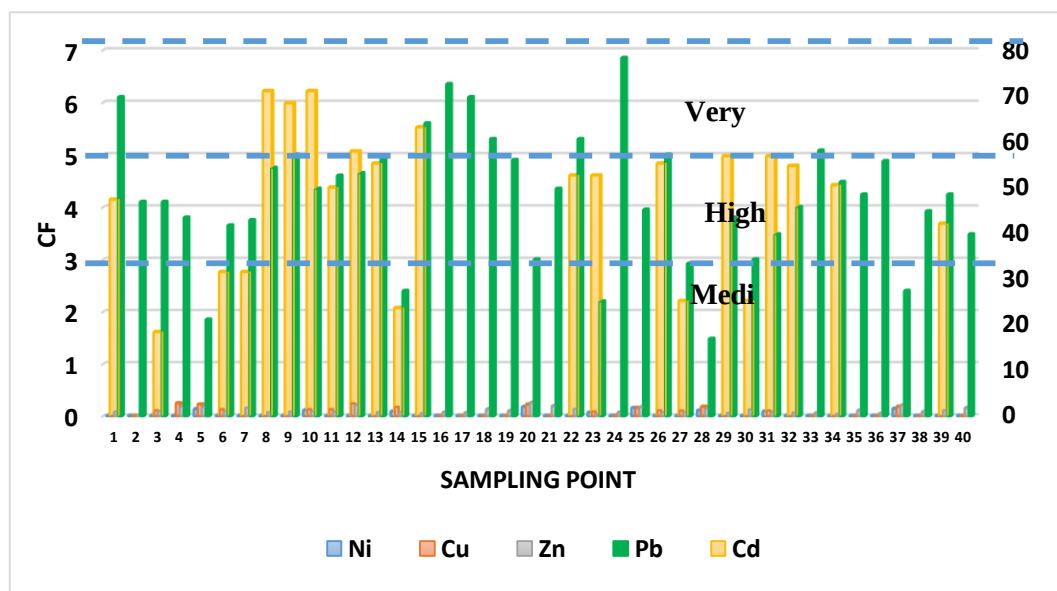
۳-۲- فاکتور آلودگی (CF)

الگوی مشابهی از آلودگی عناصر براساس شاخص فاکتور آلودگی (CF) برای عناصر در منطقه به دست آمد. بر اساس میانگین فاکتور آلودگی، مقادیر CF برای عناصر نیکل، مس و روی کمتر از ۱ بوده و در کلاس آلودگی کم قرار گرفتند. در صورتیکه سرب با مقادیر بین ۶-۳ در کلاس آلودگی زیاد و سرب با مقادیر بیشتر از ۶ در کلاس آلودگی بسیار زیاد قرار گرفت (شکل ۴). بر اساس فاکتور آلودگی $25.57.5\%$ درصد از نمونه‌ها برای کادمیوم، سرب به

ترتیب در طبقه آلودگی بسیار بالا هستند. همچنین 62.5% از داده‌ها به ترتیب برای فلزات کادمیوم، سرب در طبقه آلودگی بالا قرار گرفت. در مورد فلز روی، مس و نیکل 100% داده‌ها طبقه آلودگی کم را به خود اختصاص دادند (جدول ۷).

جدول ۷- طبقات فاکتور آلودگی (CF) فلزات سنگین در خاک سطحی اطراف جاده بر حسب درصد

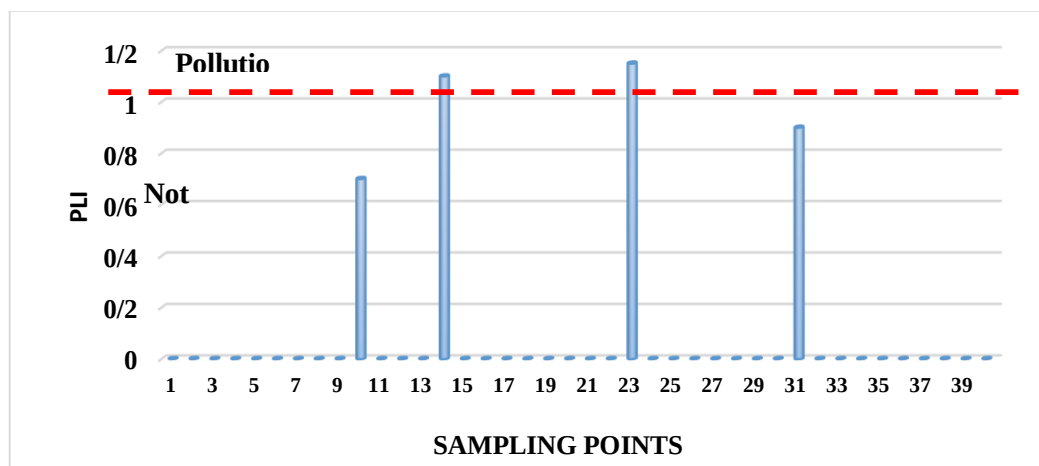
فلز	آلودگی کم	آلودگی متوسط	آلودگی زیاد	آلودگی بسیار زیاد
Ni	1	0	0	0
Cu	1	0	0	0
Zn	1	0	0	0
Pb	12.5	62.5	25	0
Cd	42.5	0	57.5	0



شکل ۴- رده بندی ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس مقادیر شاخص ضریب آلودگی (CF) فلزات سنگین (محور افقی کد ایستگاه نمونه برداری و محور عمودی مقادیر شاخص CF)

۳-۳- شاخص آلودگی PLI

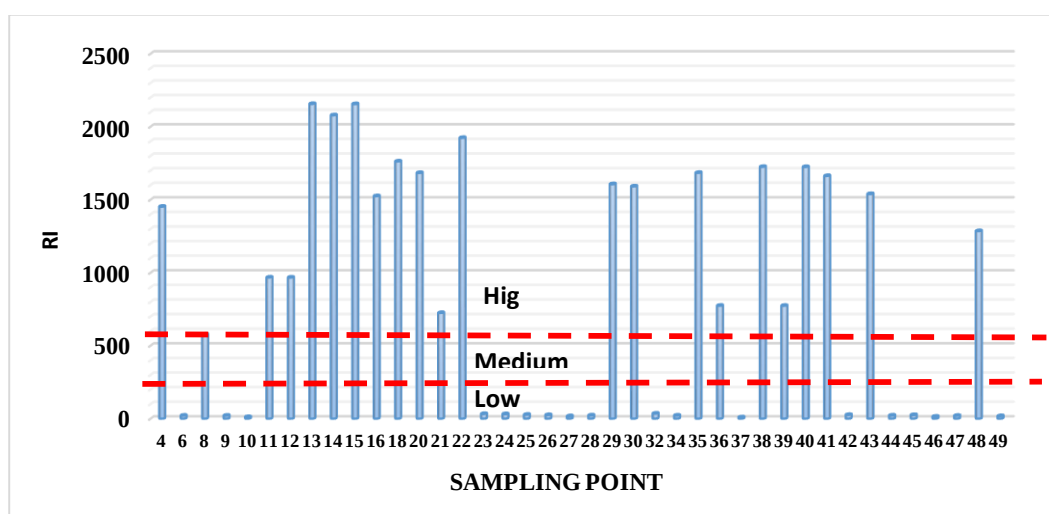
نتایج شاخص PLI نشان داد که ایستگاه‌های ۱۴ و ۲۳ در رده آلودگی زیاد دسته بندی شده و مابقی ایستگاه‌ها در وضعیت عدم آلودگی طبقه بندی شده است. (شکل ۵):



شکل ۵- رده بندی ایستگاه‌های مورد مطالعه بر اساس مقادیر شاخص بار آلودگی (PLI) فلزات سنگین (محور افقی کد ایستگاه نمونه برداری و محور عمودی مقادیر شاخص PLI)

۳-۴- شاخص RI

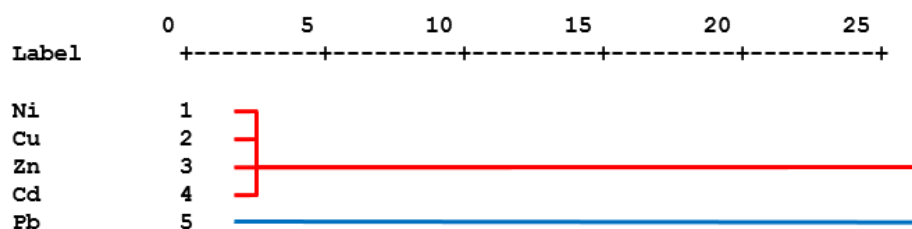
شکل ۶ نمایش دهنده نتایج مربوط به شاخص ریسک اکولوژیک فلزات سنگین در منطقه است. مطابق با نتایج RI، ایستگاه‌های ۸، ۲۱، ۳۹، ۱۲، ۱۱، ۴۸، ۱۶، ۴۳، ۳۰، ۲۹، ۴۱، ۲۰، ۳۵، ۴۰، ۳۸، ۱۸، ۲۲، ۱۴، ۱۵، ۱۳ دارای ریسک زیاد که از بین آن‌ها ایستگاه‌های ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۲۲ دارای بیشترین مقادیر RI هستند و بقیه ایستگاه‌های دارای ریسک متوسط و کم هستند.



شکل ۶- شاخص ریسک اکولوژیک (RI) فلزات سنگین در ایستگاه‌های مورد مطالعه (محور افقی: کد ایستگاه نمونه برداری و محور عمودی: مقادیر شاخص RI)

۳-۵- تحلیل مؤلفه‌های اصلی (عناصر سنگین و شاخص‌های آلودگی)

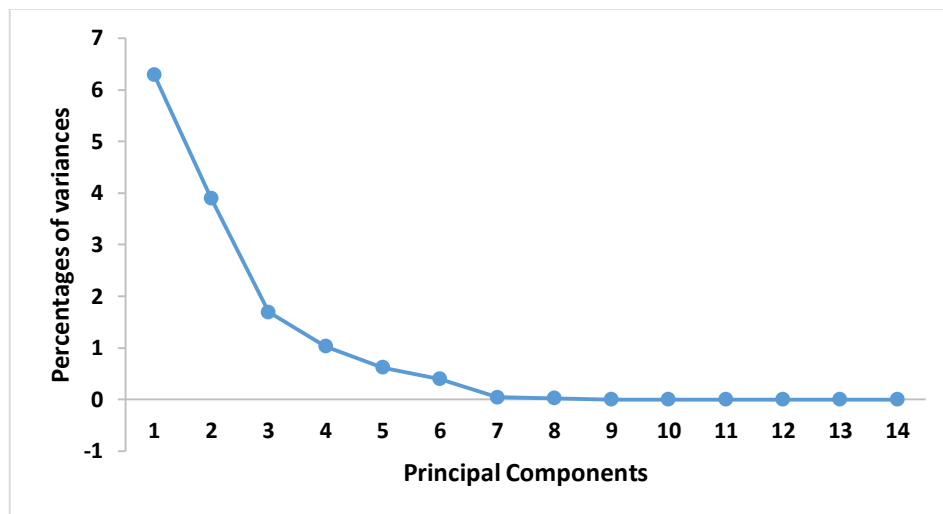
با توجه به شدت تغییرات آلاینده‌ها و شاخص‌ها در منطقه مورد مطالعه روش‌های آنالیز خوشه‌ای و تحلیل مؤلفه‌های اصلی عناصر با استفاده از نرم افزار SPSS انجام شد. در شکل ۷ نمودار دندوگرام تحلیل خوشه‌ای غلظت فلزات سنگین مورد بررسی آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، اکثر عناصر در خوشه یک قرار گرفته‌اند. خوشه اول که با رنگ قرمز نشان داده شده است شامل فلزاتی همچون Ni, Cd, Cu و Zn بیش‌ترین شباهت را از نظر مقداری با یکدیگر دارند. خوشه دوم حاوی فلز Pb می‌باشد که در ارتباط با خوشه اول می‌باشند. بر اساس نتایج آنالیز خوشه بندی در شکل ۷ که عنصر Pb خوشه آلودگی جداگانه‌ای دارند، در هنگام ارزیابی آلودگی خاک‌های منطقه حداقل باید غلظت عنصر Pb حتماً مورد بررسی قرار گیرد.



شکل ۷- دندوگرام حاصل از تحلیل خوشه‌ای غلظت فلزات سنگین

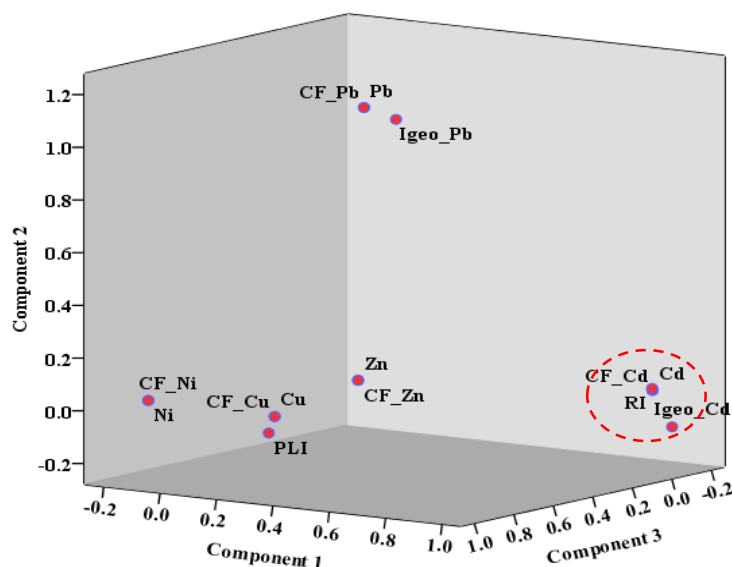
در این بخش از آزمون PCA برای انتخاب پارامترهای مؤثر در ارزیابی ریسک اکولوژیکی کلیه نقاط نمونه برداری منطقه مورد مطالعه استفاده شد. با توجه به شکل ۸ مشخص می‌شود که مؤلفه‌های اول، دوم، سوم و چهارم مؤلفه‌های اصلی بوده و در مجموع 92.26% تغییرات واریانس را بیان می‌کنند. مؤلفه اول 44.98% تغییرات را نشان می‌دهد و شامل پارامترهایی Igeo-Cd, RI, Cd, Cf-Cd می‌باشد، مؤلفه دوم نیز 27.83% تغییرات را نشان می‌دهد و شامل پارامترهایی CF-Pb, Igeo-Pb, Pb می‌باشد. مؤلفه سوم نیز 12.08% تغییرات را نشان می‌دهد و شامل پارامترهایی Ni, CF-Ni می‌باشد. مؤلفه چهارم نیز 7.34% تغییرات را نشان می‌دهد و شامل پارامترهایی Zn, CF-Zn می‌باشد.

درصد تغییرات بیان شده برای ۱۴ پارامتر برای کلیه نقاط نمونه در شکل ۸ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۸ مشخص می‌شود که مؤلفه‌های اول، دوم، سوم و چهارم دارای بیشترین درصد تغییرات نسبت به دیگر مؤلفه‌ها هستند.



شکل ۸- درصد واریانس بیان شده توسط ۱۴ مؤلفه برای کل ایستگاه‌ها در دو سال ۲۰۱۰ و ۲۰۱۶

توزیع شماتیک وزن عناصر مختلف در مؤلفه‌های اول و دوم برای همه پارامترها در شکل ۹ آمده است. همانطور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود عناصر Cd, Cf-Cd, RI, Igeo-Cd که در بیشترین فاصله از این خط قرار دارند، دارای بیشترین وزن در مؤلفه اول بوده و بیشترین تغییرپذیری عناصر آلوده در منطقه را توجیه می‌نمایند. در مقابل عناصر Zn, CF-Zn که دارای نزدیکترین فاصله به خط مزبور هستند کمترین تغییرپذیری را در مؤلفه اول توجیه کرد.



شکل ۹- توزیع شماتیک وزن عناصر مختلف در مؤلفه‌های اول، دوم، سوم در پارامترهای مختلف منطقه مورد مطالعه

طبق جدول ۸ ملاحظه می‌شود که PC_1 بیش‌ترین همبستگی را با کادمیوم، CF_{Cd} ، RI و $Igeo_{Cd}$ دارد و بنابراین ساده‌ترین و دقیق‌ترین معادله برای محاسبه شاخص RI با استفاده از نتایج مؤلفه اول قابل دستیابی است. نتایج نشان داد پارامترهای کادمیوم، CF_{Cd} ، RI و $Igeo_{Cd}$ دارای مقدار ویژه 0.993، 0.99، 0.98 و 0.97 بوده و بنابراین مؤلفه مؤثر را با حاصلضرب غلظت این عناصر در مقادیر بردار ویژه محاسبه و PC_1 سپس به عنوان ورودی به مدل رگرسیون خطی استفاده شد. ضرایب رابطه بین شاخص RI با این مؤلفه بر اساس داده‌های مرحله توسعه روابط به صورت زیر بدست آمد که ضرایب و ثابت‌ها نیز در سطح ۹۵٪ معنی دار بودند:

$$PC_1 = \sum_{i=1}^n a_i \cdot c_i = 0.993[Cd] + 0.99[CF_{Cd}] + 0.98[RI] + 0.97[Igeo_{Cd}] \quad (8)$$

$$RI = 78.947[Cd] + 0.25[Pb] + 5[CF_{Cu}] + 2[CF_{Ni}] + 0.11PC_1 \quad (9)$$

جدول ۸- مقادیر هر یک از مؤلفه‌ها برای هر یک از پارامترها

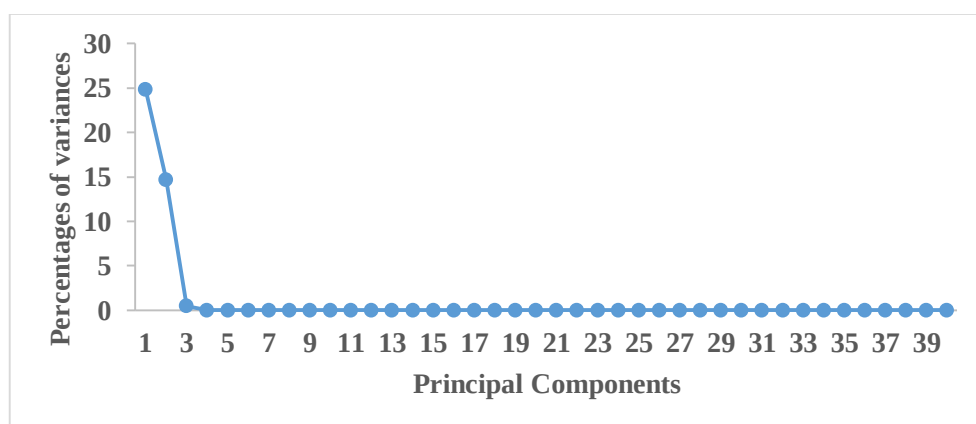
پارامترها	1	2	3	4
Cd	.993			
CF_Cd	.993			
RI	.993			
Igeo_Cd	.987	-.113	-.117	
Pb		1.005		
CF_Pb		1.005		
Igeo_Pb		.956		
Ni	-.140		.926	
CF_Ni	-.140		.926	
PLI	.167		.755	-.630
CF_Cu	.108		.641	.414
Cu	.108		.641	.414
Zn				.930
CF_Zn				.930
Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Promax with Kaiser Normalization. a. Rotation converged in 5 iterations.				

در ادامه از آزمون PCA برای انتخاب آلوده‌ترین ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه استفاده شد. با توجه به شکل ۶ و جدول ۹ مشخص می‌شود که میانگین درصد تغییرات کل دارای ۲ مؤلفه است که مؤلفه‌های اصلی بوده و در مجموع 98.7% تغییرات واریانس را بیان می‌کنند. مؤلفه اول 62% تغییرات را نشان می‌دهد و شامل ایستگاه‌های 1,3,6,7,11,13,14,15,22,26,27,30,34 می‌باشد، مؤلفه دوم نیز 36.69% تغییرات را نشان می‌دهد و شامل ایستگاه‌های 4,21 می‌باشد.

جدول ۹- مقادیر هر یک از مؤلفه‌ها برای هر یک از ایستگاه‌ها

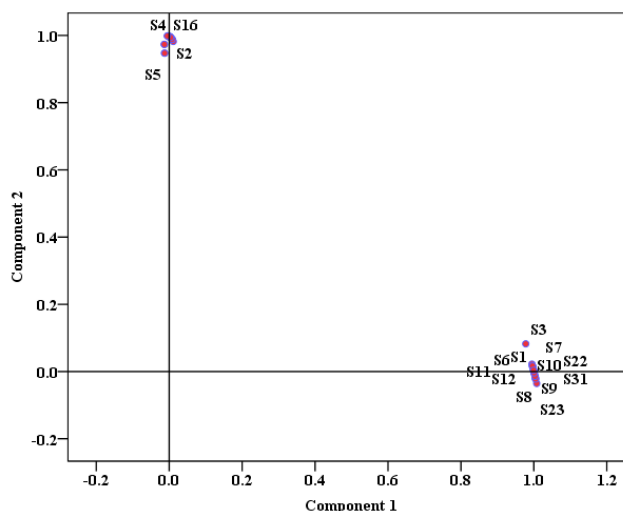
Station	1	2	Station	1	2
S1	0.912	-0.411	S21	0.622	0.779
S2	0.626	0.760	S22	0.904	-0.427
S3	0.934	-0.357	S23	0.887	-0.462
S4	0.625	0.774	S24	0.628	0.766
S5	0.583	0.743	S25	0.625	0.778
S6	0.908	-0.419	S26	0.901	-0.433
S7	0.909	-0.416	S27	0.908	-0.419
S8	0.895	-0.447	S28	0.583	0.743
S9	0.896	-0.443	S29	0.894	-0.447
S10	0.893	-0.450	S30	0.909	-0.416
S11	0.902	-0.433	S31	0.893	-0.450
S12	0.899	-0.439	S32	0.896	-0.443
S13	0.901	-0.434	S33	0.628	0.767
S14	0.904	-0.428	S34	0.901	-0.435
S15	0.901	-0.435	S35	0.627	0.774
S16	0.628	0.767	S36	0.628	0.766
S17	0.628	0.766	S37	0.599	0.763
S18	0.627	0.774	S38	0.628	0.772
S19	0.628	0.772	S39	0.904	-0.427
S20	0.599	0.763	S40	0.622	0.779

درصد تغییرات بیان شده برای ۱۴ پارامتر برای کلیه نقاط نمونه در شکل ۱۰ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱۰ مشخص می‌شود که مؤلفه‌های اول و دوم دارای بیشترین درصد تغییرات نسبت به دیگر مؤلفه‌ها هستند.



شکل ۱۰- توزیع شماتیک وزن عناصر مختلف در مؤلفه‌های اول، دوم در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه

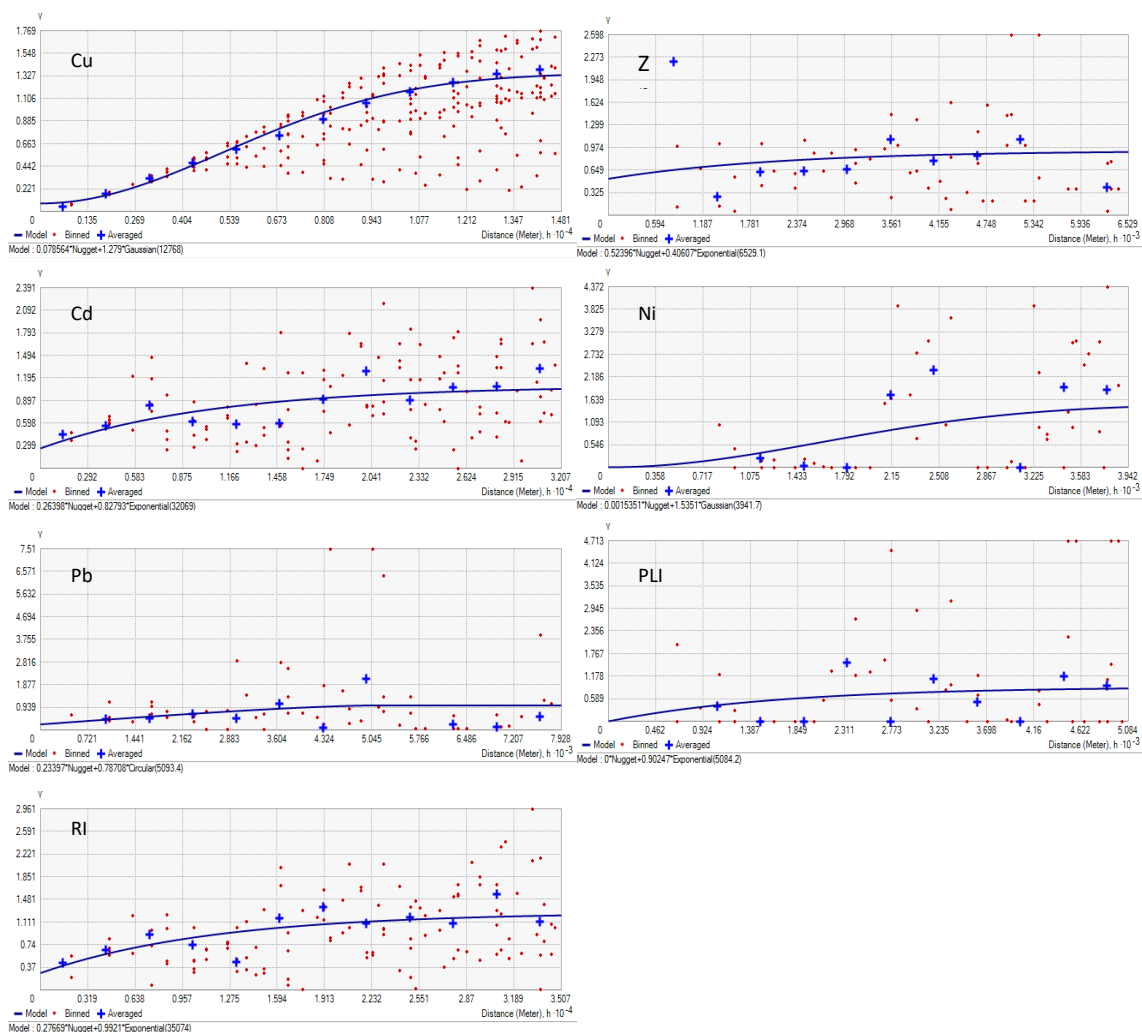
به عنوان نمونه توزیع شماتیک وزن ایستگاه‌های مختلف در مؤلفه‌های اول و دوم در شکل ۱۱ آمده است. همانطور که در شکل ۱۱ و شکل ۲ مشاهده می‌شود ایستگاه‌های 1,3,6,7,11,13,14,15,22,26,27,30,34 که در بیشترین فاصله از این خط قرار دارند، و در مجاورت ایستگاه‌های پمپ گاز قرار دارند، دارای بیشترین آلودگی می‌باشند.



شکل ۱۱- توزیع شماتیک وزن عناصر مختلف در مؤلفه‌های اول، دوم در ایستگاه‌های مختلف منطقه مورد مطالعه

۳-۶- بررسی مکانی آلودگی

به منظور برازش بهترین مدل بر روی واریوگرام تجربی از میزان RSS کمتر و استحکام ساختار فضایی قوی‌تر استفاده شد (Robinson and Metternicht, 2006). واریوگرام مربوط به روش کریجینگ در شکل ۱۲ نشان داده شده است. همچنین جدول ۱۲ مدل مناسب برازش داده شده بر روی واریوگرام و عامل‌های مربوطه را نشان می‌دهد. نسبت اثر قطعه‌ای به استانه را می‌توان برای ارزیابی ساختار مکانی داده‌ها مورد بررسی قرار داد. ولی این نسبت اگر کمتر از 0.25 باشد متغیر مورد نظر دارای ساختار مکانی قوی می‌باشد، بین 0.25 تا 0.75 ساختار مکانی متوسط و بزرگتر از 0.75 ساختار فضایی ضعیف است (Shi et al., 2007). با توجه به اینکه نسبت اثر قطعه‌ای بر استانه $(C0/C0+C)$ بهترین مدل برای روی، مس، نیکل، PLI مدل Gaussian، کادمیوم و RI مدل Exponential و سرب مدل circular در نظر گرفته شد.

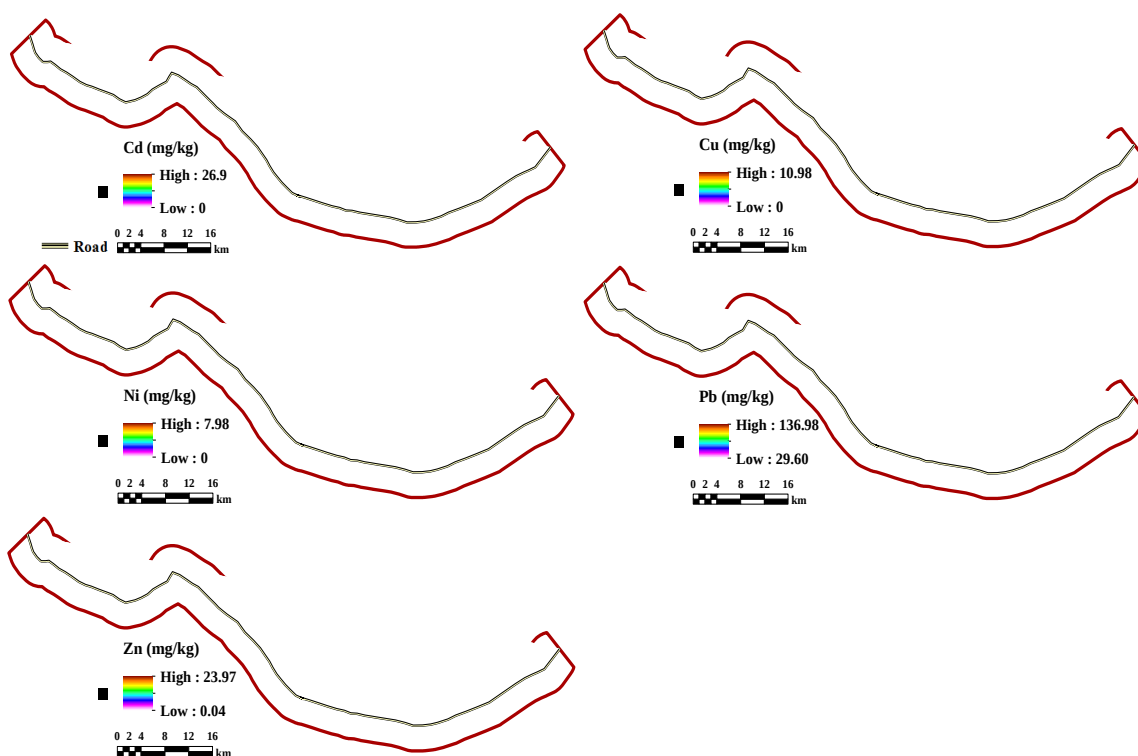


شکل ۱۲- واریوگرام مربوط به عناصر مؤثر در آلودگی رسوبات اطراف جاده

جدول ۱۰- بهترین مدل برازش داده شده به واریوگرام و عامل‌های مربوط به آن

عامل‌های آلودگی رسوبات	مدل	اثر قطعه‌ای (C ₀)	آستانه (C ₀ +C)	C ₀ /C ₀ +C	R ²	RSS
سرب	Circular	0.23	1.017	0.226	0.71	0.01
کادمیوم	Exponential	0.26	1.087	0.239	0.53	0.13
روی	Gaussian	0.52	0.926	0.562	0.81	0.17
مس	Gaussian	0.0785	1.348	0.058	0.82	0.13
نیکل	Gaussian	0.001	1.531	0.001	0.71	0.19
RI	Exponential	0.27	1.262	0.214	0.83	0.17
PLI	Gaussian	0.001	0.903	0.001	0.83	0.17

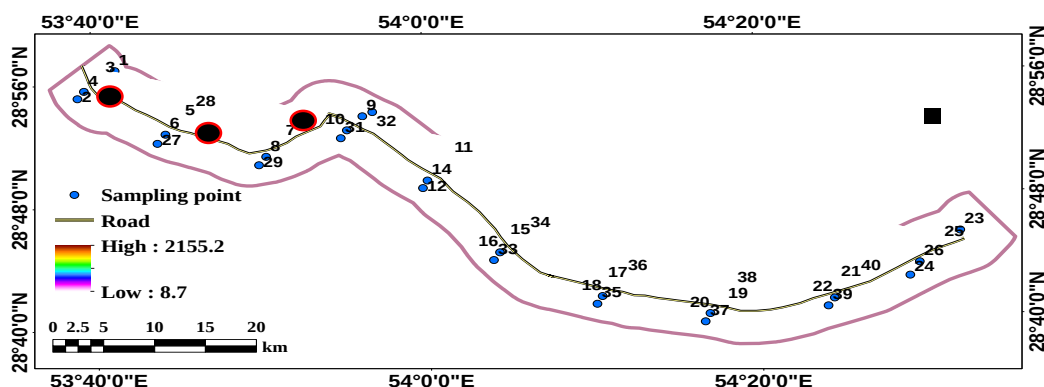
به منظور تعیین نقشه عناصر سنگین از بین روش‌های زمین آمار از روش کریجینگ به علت دقت بالاتر استفاده شد (Rizzo and Mouser, 2000). در شکل ۱۳ نقشه‌های کریجینگ پراکنش فاکتور آلودگی فلزات سنگین مورد مطالعه آورده شده است. همانطور که در بخش‌های قبل اشاره شد، عناصری مانند سرب و کادمیوم بیشتر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی هستند و دارای بیشترین آلودگی در نزدیکی پمپ گاز می‌باشند. نقشه توزیع مکانی عناصر مورد مطالعه نشان می‌دهد که روی، نیکل و سرب در جنوب منطقه، کادمیوم در نزدیکی فسا و مس در بخش‌های شمال، مرکز و جنوب بیشترین مقدار را داشتند.



شکل ۱۳- نقشه پراکنش فاکتور آلودگی فلزات سنگین: الف) مس، ب) روی، ج) نیکل، د) سرب و ه) کادمیوم

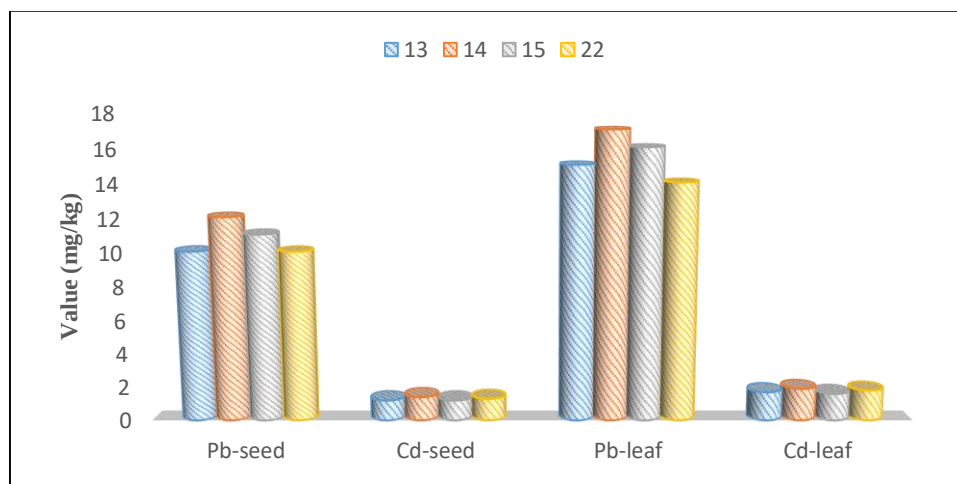
نقشه کریجینگ پراکنش شاخص بار آلودگی شاخص RI در شکل ۱۴ نشان داده شده است. با توجه به نقشه شاخص RI مربوط به این عناصر، بالاترین میزان شاخص RI در نزدیکی پمپ گاز و نزدیک به مناطق شهری می‌باشد Mass و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه توزیع مکانی غلظت برخی فلزات سنگین در خاک‌های شهری، برونشهری و کشاورزی مناطق مدیترانه‌ای الجزایر نشان دادند که ترافیک جاده‌ای اصلی‌ترین دلیل افزایش غلظت سرب در خاک‌های اطراف جاده‌ها است. همچنین Lu و همکاران (۲۰۰۸) مشاهده کردند که افزایش غلظت

فلزات مس و روی در خاک‌های کنار جاده‌ای به وسیله انتشارات آگزوز وسایل نقلیه و فرسوده شدن اجزاء اتومبیل ایجاد شده است.



شکل ۱۵- نقشه پراکنش شاخص RI

در این مطالعه در مجموع مشخص شد که ایستگاه‌های ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۸، ۹، ۱۰ و ۲۲ دارای بیشترین مقادیر عناصر سنگین (سرب و کادمیوم) بوده و از طرفی مقادیر RI بالا دارند که نشان دهنده ریسک اکولوژیکی بالای این ایستگاه‌ها می‌باشد. در واقع سرب به عنوان یکی از آلاینده‌های غنی شده در خاک منطقه مورد مطالعه به حساب می‌آید که از طرفی یک فلز غیر ضروری برای بدن انسان است و جذب بیش از حد این فلز می‌تواند به سیستم‌های عصبی، گردش خون، غدد درون ریز و سیستم عصبی آسیب برساند. عنصر سرب از طریق زنجیره غذایی و تنفس غبارات حاوی این عنصر به سیستم متابولیسمی انسان و حیوانات راه می‌یابد. در مطالعه‌ای که برای چندین گونه گیاهی در اراضی کشاورزی که دارای بیشترین مقادیر RI بودند (نزدیک ایستگاه‌های ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۲۲) نشان داد که مقادیر سرب و کادمیوم در گندم بالا بوده که این را می‌رساند که نباید در اطراف جاده این گونه‌ها کشت شود (شکل ۱۶). همچنین با توجه به شکل مشخص می‌شود که مقادیر این عناصر در برگ نسبت به دانه گیاه بیشتر می‌باشد. در واقع این عناصر در اندام‌های هوایی بیشتر از بقیه بخش‌های گیاه ذخیره می‌شوند. ذرات سرب منتشر شده از آگزوز اتومبیل‌ها از طریق جذب مستقیم توسط گیاه و یا از طریق خاک آلوده شد می‌تواند گیاهان اطراف جاده را آلوده نماید (Pendias, 1992). در حقیقت باید در اطراف جاده‌های پر تردد مثل منطقه مورد مطالعه با تعریف یک حریم از کشت این گونه گیاهان جلوگیری شود.



شکل ۱۶- میانگین مقادیر سرب و کادمیوم در نمونه‌های گیاهی مورد مطالعه

در حقیقت مقدار سرب و کادمیوم در خاک و گیاه با کاهش فاصله از جاده افزایش پیدا می‌کند؛ بنابراین ترافیک و تردد ماشین‌ها در جاده می‌تواند یکی از عوامل آلودگی خاک و گیاه در حاشیه جاده باشد؛ بنابراین با توجه به خطر سرب و کادمیوم برای سلامتی انسان توصیه می‌شود که از کاشت گیاهان در حاشیه جاده‌های پرتردد جلوگیری به عمل آید و مصرف آن برای دام با احتیاط صورت پذیرد.

مطالعات Dolezalova و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که آلودگی خاک به فلزات سنگین (کادمیوم، سرب، روی، مس، منگنز و جیوه) در استراوا جمهوری چک با استفاده از شاخص Igeo و شاخص بار آلودگی در اطراف نواحی شهری که تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی است، زیاد است. Qing و همکاران (۲۰۱۵) ارزیابی آلودگی فلزات سنگین و مخاطرات بهداشتی آن‌ها در خاک‌های شهری شهرک صنعتی فولاد Anshan, Liaoning در شمال چین را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که خاک‌های این منطقه به میزان متوسط تا حد زیادی با فلزات سرب و کادمیوم آلوده شده است.

در مجموع نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در غالب نمونه‌های مورد مطالعه مقادیر سرب، کادمیوم بیش از غلظت زمینه طبیعی بودند. نقشه پراکنش فاکتور آلودگی فلزات سنگین در منطقه مورد مطالعه نشان داد که عناصر سرب، و کادمیوم تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی مانند پمپ گاز بوده و عناصر مس و روی و نیکل نیز بیشتر تحت کنترل عوامل طبیعی مانند مواد مادری و نیز فعالیتهای کشاورزی هستند. نقشه پراکنش شاخص RI نیز نشان داد که بیشترین نگرانی موجود در ارتباط با فلزات سرب و کادمیوم در مناطق شهری و اراضی حاشیه‌ای آن است و دیگر مناطق مورد مطالعه بار آلودگی قابل ملاحظه‌ای نشان ندادند. به طور کلی نتایج نشان داد که همواره عوامل انسانی و طبیعی توأم در پراکنش و میزان غلظت فلزات سنگین دخیل هستند، به همین دلیل برای حفظ

تعدادل اکوسیستم، سلامت انسان، شناسایی اثرات سوء وارده بر محیط زیست نیاز است تا غلظت زمینه و یا حدود اطمینان زیست محیطی با توجه به شرایط اقلیمی، منطقه‌ای و خصوصیات خاک برآورد گردند.

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که میانگین غلظت سرب، نیکل، روی، مس و کادمیوم خاک حاشیه جاده‌ها در نزدیکی جاده بیش‌تر است. از نظر آماری، بین میانگین غلظت سرب، نیکل، روی، مس و کادمیوم در فاصله ۵ متری جاده‌ها و مقادیر زمینه (محل‌های خارج از شهرها و دیگر منابع آلوده کننده) اختلاف معنی دار وجود دارد و در بیشتر مشاهدات غلظت سرب، نیکل، روی، مس و کادمیوم بیش از مقادیر زمینه است. این اختلاف مربوط به تأثیر عوامل ترافیکی و حمل و نقل روی آلودگی خاک حاشیه جاده‌ها است. بنابراین در کاربرد این خاک‌ها برای ایجاد فضای سبز و حتی کاشت گیاهان زراعی باید احتیاط لازم به عمل آید. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت سرب و کادمیوم در مناطق نزدیک به پمپ گاز و اراضی شهری بیشتر از سایر مناطق است که نشان دهنده تأثیر فعالیت‌های انسانی می‌باشد. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که ایستگاه‌های واقع در نزدیکی پمپ گاز و یا اراضی شهری در روش تجزیه مؤلفه‌های اصلی دارای بیشترین آلودگی نسبت به سایر ایستگاه‌ها هستند. نتایج این تحقیق می‌تواند در شهرسازی و طراحی معماری شهری، مدیریت ترافیک و مدیریت کاربری اراضی شهری مورد استفاده قرار گیرد. به طورمثال می‌توان از نتایج این تحقیق در مواردی همچون طراحی عرض جاده‌ها، انتخاب مکان مناسب برای احداث پمپ گاز، انتخاب نوع گیاهان اطراف جاده‌ها استفاده کرد.

کتابنامه

- Aguilar Pesantes, A., Peña Carpio, E., Vitvar, T., María Mahamud López, M., & Menéndez-Aguado, J.M., 2019. A Multi-Index Analysis Approach to Heavy Metal Pollution Assessment in River Sediments in the Ponce Enríquez Area, Ecuador Water. 11(3):590.
- Al-Chalabi, A.S., & Hawker, D., 2000. Distribution of vehicular Pb in roadside soils of major roads of Brisbane, Australia. Water, Water Air Soil Poll. 118: 299-310.
- Angulo, E., 1996. The Tomlinson Pollution Load Index applied to heavy metal, 'Mussel-Watch' data: a useful index to assess coastal pollution. Sci Total Environ. 15; 187(1):19-56.
- Bakirdere, S., & Yaman, M., 2008. Determination of Pb, Cd and Cu in roadside soil plants in Elazig, Turkey. Environ Monit Assess. 136: 401-410.
- Carlson, C., D'Alessandro, M., & Swartjes, F., 2007. Derivation methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures towards harmonization. European Commission, Joint Research Centre, Ispra, EUR.306.
- Chan, L.S., Ng, S.L., Davis, A.M., Yim, W.W., & Yeung, C.H., 2001. Magnetic properties and heavy-metal contents of contaminated seabed sediments of Penny's Bay, Hong Kong. Marine Pollut Bull. 1;42(7):569-83.
- Chaturvedi, A., Bhattacharjee, S., Mondal, G. C., Kumar, V., Singh, P. K., & Singh, A. K., 2019. Exploring new correlation between hazard index and heavy metal pollution index in groundwater. Ecological Indicators, 97, 239-246.

- Chen, J., Wei, F., Zheng, C., Wu, Y., & Adriano, D.C., 1991. Background concentrations of elements in soils of China. *Water Air Soil Poll.* 1;57(1):699-712.
- Dolezalova, W.H., Pavlovsky, J., & Chovanec, P., 2014. Heavy metal contamination on Urban soil in Ostrva, Czech Republic: Assessment of metal pollution and using principal component analysis, *J Environ Res.* 9(2):683-96.
- Elik, A., 2003. Heavy metal accumulation in street dust samples in Sivas. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34: 145–156.
- Fakayode, S.O., & Olu-Owolabi, B.I., 2003. Heavy metal contamination of roadside topsoil in Osogbo, Nigeria: its relationship to traffic density and proximity to highways. *Environ Geol.*1;44(2):150-7.
- Hakanson, L., 1980. An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Res.*14 (8):975-1001.
- Harrison, R.M., & laxen, D.P.H., 1977. A comparative study of methods for the analysis of total Pb in soil. *Water Air Soil Poll.* 8: 387-392.
- Harrison, R.M., Laxen, D.P., & Wilson, S.J., 1981. Chemical associations of lead, cadmium, copper, and zinc in street dusts and roadside soils. *Environ Sci Technol.* 1;15(11):1378-83.
- Hegazi, A.A., & El-Kady, A., 2010. Effect of road dust on vegetative characters and leaves heavy metal contents of *Zizyphus Spina-christi* (L.). willd, *Syzygiumcuimini*(L.) skeels and *Olea europea* L. seedlings. *JHSOP.* 2: 98-107.
- Islam, M.S., Ahmed, M.K., Raknuzzaman, M., Habibullah-Al-Mamun, & M., Islam, M.K., 2015.
- Jia, L., Wang, W., Li, Y., & Yang, L., 2010. Heavy metals in soil and crops of an intensively farmed area: A case study in Yucheng City, Shandong Province, China. *Int J Environ Res Public Health.* 7: 395-412.
- Jinfei, F., Jian, Z., Xinmin, B., & Weijian, Z., 2012. Spatial distribution and controlling factors of heavy metals contents in paddy soil and crop grains of rice–wheat cropping system along highway in East China. *Environ Geochem Hlth.* 34: 605- 614.
- Kabata-Pendias AP, Pendias HH., 2001) *Trace Elements in Soils and Plants.*
- Khalifa, M., & Gad, A., 2018. Assessment of heavy metals contamination in agricultural soil of southwestern Nile Delta, Egypt. *Soil Sediment Contam.* 27(7), pp.619-642.
- Li, X., Poon, C.S., & Liu, P.S., 2001. Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. *J Appl Geochem.* 16: 1361–1368.
- Liu, M., Yang, Y., Yun, X., Zhang, M., Li, Q.X., & Wang, J., 2014. Distribution and ecological assessment of heavy metals in surface sediments of the East Lake, China. *Ecotoxicology.* 1;23(1):92-101.
- Masoudi, S.N., Ghajar Sepanlo, M., & Bahmanyar, M.A., 2012. Distribution of Pb, Cd, Cu and zinc in roadside soil of Sari-GHaemshahr, rood, Iran. *Agric Res.* 7: 198-204.
- Naser, H.M., Sultana, S., Gomes, R., & Noor, S.H., 2012. Heavy metal pollution and vegetable grown near roadside at Gazipur. *Agricultural Research* 37: 9-17. Page AL, Miller RH and Keeney DR, 1982. Methods of soil analysis The chemistry of submerged soils. *Adv Agron.* 24: 26-92.
- Ndiokwere, C. L., 1984. A study of heavy metal pollution from motor vehicle emissions and its effect on roadside soil, vegetation and crops in Nigeria. *Environmental Pollution (Series B),* 7, 35-42.
- Pagotto, C., Remy, N., Legret, M., & LeCloirec, P., 2001. Heavy metal pollution of road dust and roadside soil near a major rural highway. *Environ Technol.* 22: 307-319.
- Pendias, A.K., & Pendias, H., 1992. *Trace Elements in Soils and Plants.* Boca Raton Arbor, London.

- Princewell-Ogbonna, L., & Ogbonna, C., 2011. Heavy metal content in soil and medicinal plants in high traffic urban area. *Pak J Nutr.* 10: 618-624.
- Qing, X., Yutong, Z., & Shenggao, L., 2015. Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. *Ecotox. Environ Safe.* 120:377-85.
- Rahman, S.H., Khanam, D., Adyel, T.M., Islam, M.S., Ahsan, M.A., & Akbor, M.A., 2012. Assessment of heavy metal contamination of agricultural soil around Dhaka Export Processing Zone (DEPZ), Bangladesh: implication of seasonal variation and indices. *Appl Sci.2* (3):584-601.
- Robinson, T.P., & Metternicht, G., 2006. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Comput Electron Agr.* 1:50(2):97-108.
- Safari Sinegani, A.A., 2007. Temporal and spatial variability of Pb levels in *Salsola kali* near Razan-Hamadan highway. *JASEM.* 11:143-146.
- Sarkar, B., 2002. Heavy metals in environment. Marcel Dekker, New York.
- Sheng-Gao, L.U., Shi-Qiang, B.A., & Li-Xia, F.U., 2008. Magnetic properties as indicators of Cu and Zn contamination in soils. *Pedosphere.* 1:18(4):479-85.
- Shi, J., Wang, H., Xu, J., Wu, J., Liu, X., Zhu, H., & Yu, C., 2007. Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of Changxing, China. *Environ Geol.* 1:52(1):1-0.
- Siddhant Dash, Smitom Swapna Borah, Ajay Kalamdhad., 2019. A modified indexing approach for assessment of heavy metal contamination in Deepor Beel, India, *Ecological Indicators*, Volume 106, November 2019, Article 105444
- Sobotra, K., & Tanda, F., 2006. Evaluation of Pb and Cd concentrations in soils and bedrocks. *Environ Pollut.* 12: 457-460.
- soils of China. *Water, Air, and Soil Pollution*, 57:699-712.
- Van Bohemen, H.D., Janssen, V.D., & Laak, W.H., 2003. The influence of road infrastructure and traffic on soil, air and water quality. *J Environ Manage.* 31: 50-68.
- Wojciechowska, E., Nawrot, N., Walkusz-Miotk, J., Matej-Lukowicz, K., & Pazdro, K., 2019. Heavy metals in sediments of urban streams: Contamination and health risk assessment of influencing factors. *Sustainability.* 11(3):563.
- Yan Feng, Qian Bao, Chen Yunpeng, Zhao Lizi, Xiao Xiao., 2019. Stochastic potential ecological risk model for heavy metal contamination in sediment. *Ecological Indicators*, Volume 102, July 2019, Pages 246-251
- Yaylali-Abanuz. Heavy metal contamination of surface soil around Gebze industrial area, Turkey. *Microchemical Journal.* 2011; 99:82-92.

پهنه‌بندی حساسیت خطر سیل در حوضه آبخیز رودخانه کشکان با استفاده از دو مدل WOE و EBF

فهیمة آزادی^۱ - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

سید حسن صدوق - استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

منیژه قهرودی - استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

هیمن شهابی - دانشیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۵/۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۳۰

چکیده

سیل یکی از خطرناک‌ترین و شایع‌ترین حوادث طبیعی است که در سراسر جهان اتفاق می‌افتد. در استان لرستان و در حوضه آبخیز رودخانه کشکان نیز، این بلای طبیعی یکی از پرتکرارترین حوادثی است که هر ساله اتفاق می‌افتد و علاوه بر خسارات مالی فراوان جان برخی از مردم منطقه را نیز به کام مرگ می‌برد. در فروردین سال ۹۸ سیلی که اتفاق افتاد، یکی از بی‌سابقه‌ترین سیل‌های ثبت شده در ۲۰۰ سال اخیر بود؛ بنابراین، توسعه نقشه‌های حساسیت سیل و تهیه حریم رودخانه، برای شناسایی مناطق سیلاب در حوضه آبخیز برای بهبود مدیریت و تصمیم‌گیری سیل ضروری است. هدف اصلی این مطالعه ارزیابی عملکرد تابع شواهد وزنی و تابع شواهد قطعی برای تهیه نقشه حساسیت سیلاب در حوضه آبخیز رودخانه کشکان است. این مقاله با استفاده از وزن عوامل یا شواهد وزنی (WoE) و مدل شواهد قطعی (EBF) بر اساس سیستم اطلاعاتی جغرافیایی (GIS) در حوضه رودخانه کشکان نقشه حساسیت منطقه به سیلاب را بدست آورده است، که در آن موقعیت جغرافیایی ۲۶۰ نقطه سیل گیر مشخص شده در منطقه به صورت تصادفی به یک گروه متشکل از (۷۰ درصدی) برای واسنجی و یک گروه (۳۰ درصدی) برای اعتبارسنجی تقسیم شدند. هر دو مدل ۱۴ فاکتور مؤثر در ایجاد سیل را مورد توجه قرار داده‌اند که عبارتند از: شیب، جهت شیب، زمین‌شناسی، جنس خاک، کاربری اراضی، شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)، توان آبراهه (SPI)، بارش، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، پوشش گیاهی (NDVI)، انحنای شیب (Curvator)، تراکم آبراهه و مدل ارتفاعی رقومی منطقه. همچنین برای اعتبارسنجی، نتایج مدل‌ها از منحنی راک استفاده شد. بر اساس مدل EBF، ۴۷/۳۲ درصد از سطح منطقه در کلاس خطر متوسط تا خیلی زیاد قرار دارد و

بر اساس مدل WOE حدود ۵۲/۸ درصد از سطح منطقه در کلاس خطر متوسط تا خیلی زیاد قرار دارد. به منظور اعتبارسنجی نقشه‌های پیش‌بینی پتانسیل سیل‌خیزی، از منحنی ROC استفاده شد. از بین دو مدل WOE و EBF، بیشترین صحت به مدل EBF (۰/۸۷۵) اختصاص داشت؛ بنابراین در زمینه پتانسیل‌یابی خطر سیل‌خیزی، مدل EBF نسبت به مدل WOE دارای عملکرد بهتری است.

کلیدواژه‌ها: سیل، حوضه آبخیز رودخانه کشکان، مدل WOE، مدل EBF

۱-مقدمه

در میان بلایای طبیعی، سیل یکی از مهم‌ترین بلایای ویرانگر بوده که ارزیابی دقیق خطرات آن به علت کمبود اطلاعات و دانش در مورد تلفات سیل، در مقیاس‌های مختلف با شکست مواجه است (گراهن و نیبرج، ۲۰۱۷)^۱. در هنگام بارش باران سنگین، میزان تخلیه جریان در یک رودخانه به سرعت افزایش می‌یابد و سطح آب از سطح نرمال آن بالا می‌رود و دشت سیلابی و اطراف آن را پوشش می‌دهد (چاپی و همکاران، ۲۰۱۷)^۲ و باعث بروز سیل شود. در حوضه رودخانه کشکان نیز هر ساله سیل‌های فاجعه‌باری اتفاق می‌افتد. با توجه به فراوانی سیل در این منطقه، برای جلوگیری از دست دادن زندگی و آسیب‌های اقتصادی باید به نقشه‌های حساسیت سیل توجه شود. از سال ۱۳۳۴ تا سال ۱۳۹۰، رودخانه کشکان با ۱۶ سیلاب به حجم بیش از ۱۰۰۰ مترمکعب در ثانیه مواجه بوده که یکی از شدیدترین سیلاب‌ها در سال ۱۳۹۸ در این رودخانه اتفاق افتاد.

از طرف دیگر، پهنه‌بندی مناطق مستعد سیل، اولین و مهم‌ترین گام در جلوگیری از زمین‌لغزش می‌باشد. روش‌های مختلفی از جمله روش تحلیل سلسله‌مراتبی (رضوی ترمه و ملک، ۱۳۹۶)، روش ارزیابی چندمعیاره رویکرد WLC (رحمانی و همکاران، ۱۳۹۴)، مدل رگرسیون لجستیک (خسروی و همکاران، ۱۳۹۵)، فازی-تحلیل سلسله‌مراتبی (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۶)، مدل تابع عامل مستند محور^۳ (رضوی ترمه و ملک، ۱۳۹۶)، رویکرد خوشه‌بندی فازی (چن و همکاران، ۲۰۱۱)^۴، مدل ترکیبی شاهد وزنی^۵ (شفاپور تهرانی و همکاران، ۲۰۱۴)، ماشین بردار پشتیبان^۶ (شفاپور تهرانی و همکاران، ۲۰۱۴)، روش ارزیابی چندمعیاره فضایی^۷ (آریان پور و جمالی، ۲۰۱۵)، شاخص آماری^۸ (خسروی و همکاران، ۲۰۱۶)، فاکتور وزنی^۹ (خسروی و همکاران، ۲۰۱۶)، نسبت فراوانی (رحمتی

1 Grahn and Nyberg

2 Chapi et al

3 Evidential belief function (EBF)

4 Chen et al

5 Weights-of-evidence (WoE)

6 Support vector machine (SVM)

7 Spatial Multiple Criteria Evaluation (SMCE)

8 Statistical index

9 Weighting factor

و همکاران، ۲۰۱۶) و مدل ترکیبی هوش مصنوعی جدید^۱ (چی و همکاران، ۲۰۱۷) برای ارزیابی پتانسیل سیل‌خیزی استفاده شده است.

حسینی و همکاران (۱۳۹۴) پهنه‌های سیل‌گیر رود کشکان با استفاده از مدل الحاقی HEC-geo-RAS بررسی کردند. نتایج نشان داد که از کل مساحت سیل‌گیر مربوط به دوره بازگشت ۱۰۰۰ سال، ۷۷ درصد آن مستعد سیل‌گیری با دوره‌های بازگشت کوتاه‌مدت (۲۵ سال) است. رضوی ترمه و ملک (۱۳۹۶) نقشه‌ی حساسیت سیلاب استان فارس را با استفاده از مدل تابع عامل مستند محور و تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) بررسی کردند. بوی^۲ و همکاران (۲۰۱۸) پهنه‌بندی سیل را با استفاده از الگوریتم تکاملی BuiNovel در مازندران انجام دادند. در این مطالعه روش‌های رگرسیون لجستیک، نروفازی ANFIS-ICA و ANFIS-FA استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل ANFIS-ICA نسبت به مدل‌های دیگر دارای بهترین عملکرد بود. آزاد طلب و همکاران (۱۳۹۷) در مطالعه‌ی سیل‌خیزی شهر سندرچ را با استفاده از مدل‌های WOE و EBF مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که مدل EBF (۸۴٪) در مقایسه با مدل WOE (۷۷٪) دارای عملکرد بهتری است.

در تحقیق حاضر، پتانسیل‌یابی سیل‌خیزی با استفاده از مدل‌های تابع شواهد قطعی (EBF) و شواهد وزنی (WOE) بررسی شده است.

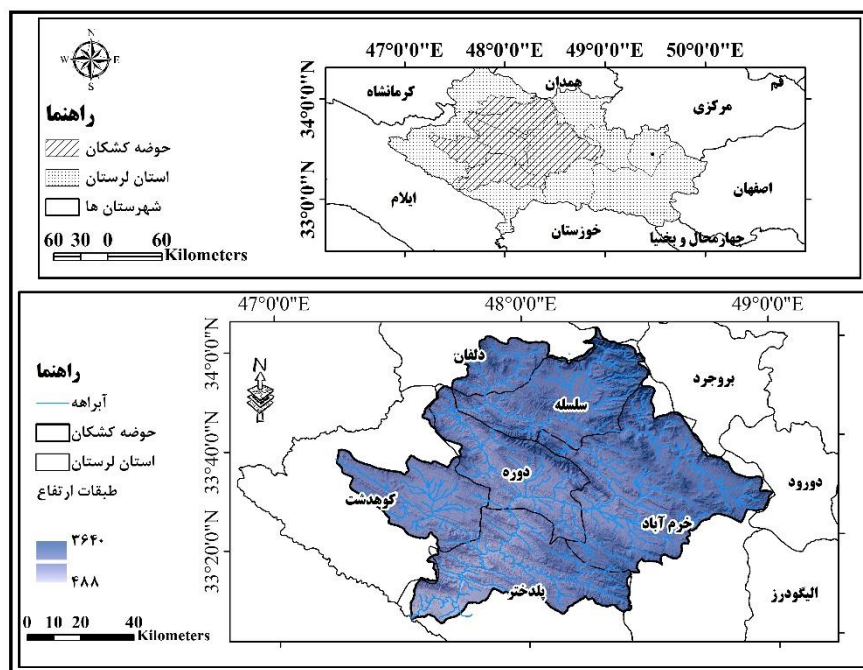
۲- منطقه مورد مطالعه

از بین رودخانه‌های دائمی استان لرستان رودخانه کشکان از سال ۱۳۳۴ تاکنون با ۱۷ سیلاب بالای ۱۰۰۰ مترمکعب در ثانیه، سیل‌خیزترین رودخانه استان است. رودخانه‌ی کشکان یکی از سرشاخه‌های مهم و پرآب رودخانه‌ی کرخه می‌باشد که آب‌های منطقه‌ی وسیعی از استان لرستان را جمع‌آوری می‌نماید. این رودخانه در جنوب غربی پلدختر در منطقه‌ی موسوم به کل سفی، به رودخانه سیمره ملحق شده و رودخانه‌ی کرخه را به وجود می‌آورد. طول رودخانه‌ی کشکان حدود ۲۷۰ کیلومتر و مساحت حوضه‌ی آبریز آن در بالادست ایستگاه کشکان- پلدختر ۹۴۰۰ کیلومترمربع می‌باشد. سیستم زهکشی اصلی رودخانه کشکان ابتدا از به هم پیوستن سرشاخه رودخانه‌های هرو و دو آب الشتر در شمال شرق و شمال حوضه به ترتیب با جهتی از شرق به غرب و شمال به جنوب تشکیل می‌شود. به این سرشاخه‌ها که از دامنه کوه‌های مرتفع و برف‌گیر گرین و میش پرور سرچشمه می‌گیرند در طول مسیر اصلی دیگر رودخانه‌های فرعی نظیر چم زکریا، خرم رود، چولهول و مادیان رود می‌پیوندند و سرانجام به صورت یک سیستم واحد رودخانه کشکان را تشکیل می‌دهند. بزرگ‌ترین سیلاب ثبت شده استان، سیل ۱۲ فروردین سال ۱۳۹۸ رودخانه کشکان با آبدهی پیک ۶۵۰۰ مترمکعب در ثانیه بوده که میزان خسارت ناشی

1 Bagging-LMT

2 Bui

از آن در بخش‌های مختلف معادل ۱۱ هزار میلیارد تومان برآورد شده است (گزارش ستاد بحران استان، ۱۳۹۸). نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

۳- مواد و روش‌ها

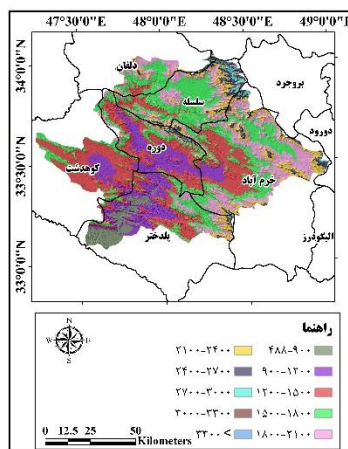
۳-۱- داده‌ها

نقشه موقعیت جغرافیایی ۲۶۰ نقطه سیل گیر در منطقه بر اساس اطلاعات شرکت آب منطقه‌ای استان لرستان تهیه شد. این مجموعه به صورت تصادفی به دو گروه شامل (۱) داده‌های گروه آموزش (۷۰ درصدی) و داده‌های گروه اعتبارسنجی (۳۰ درصدی) تقسیم شدند.

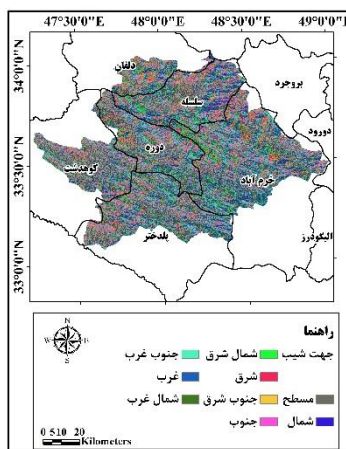
در این مطالعه فاکتورهای استفاده شده شامل درصد شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از رودخانه، تراکم رودخانه، فاصله از جاده، کاربری اراضی، جنس خاک، انحنای شیب، لیتولوژی، پوشش گیاهی، بارندگی، NDVI، شاخص توان آبراهه^۱ (SPI) و شاخص رطوبت توپوگرافی^۲ (TWI) برای پهنه‌بندی پتانسیل خطر سیل‌خیزی در نظر گرفته شدند. لازم به ذکر است که طبقه‌بندی لایه‌ها با توجه به شرایط منطقه و نظر کارشناسی انجام شد. نقشه پارامترهای مورد استفاده در این مطالعه در شکل (۲) ارائه شده است.

1 Stream power index

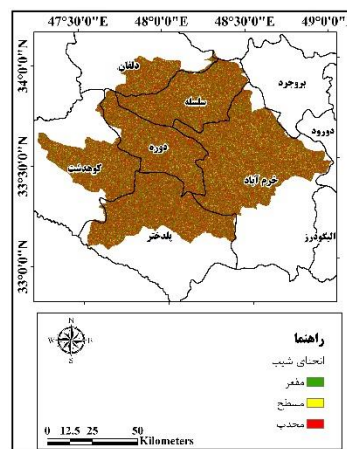
2 Topographic wetness index



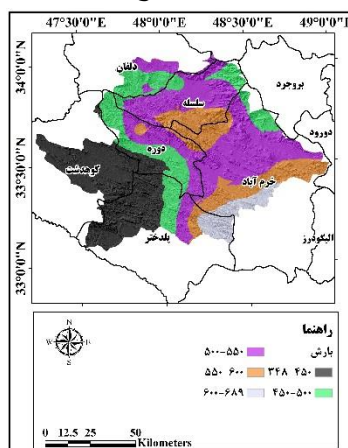
طبقات ارتفاع



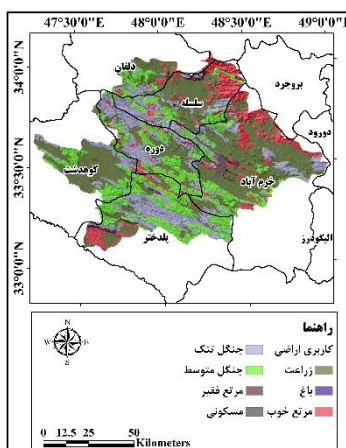
جهت شیب



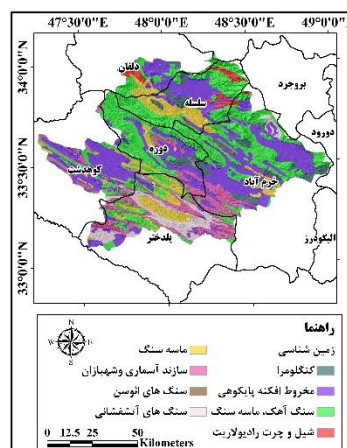
انحنای شیب



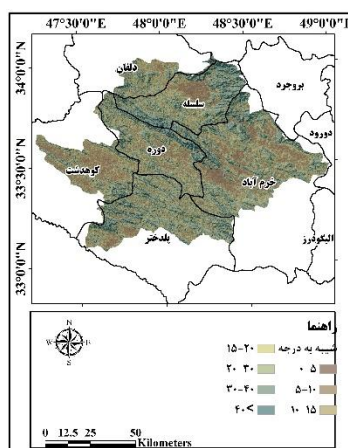
بارش



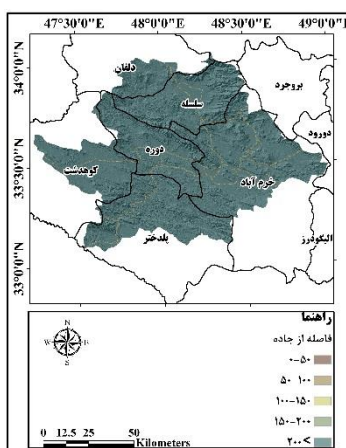
کاربری اراضی



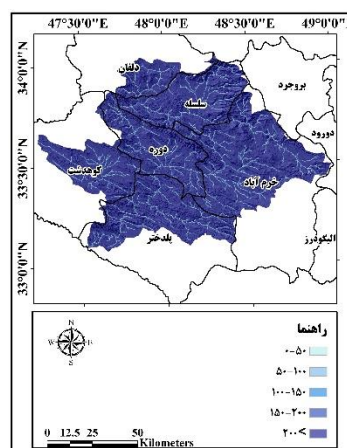
زمین شناسی



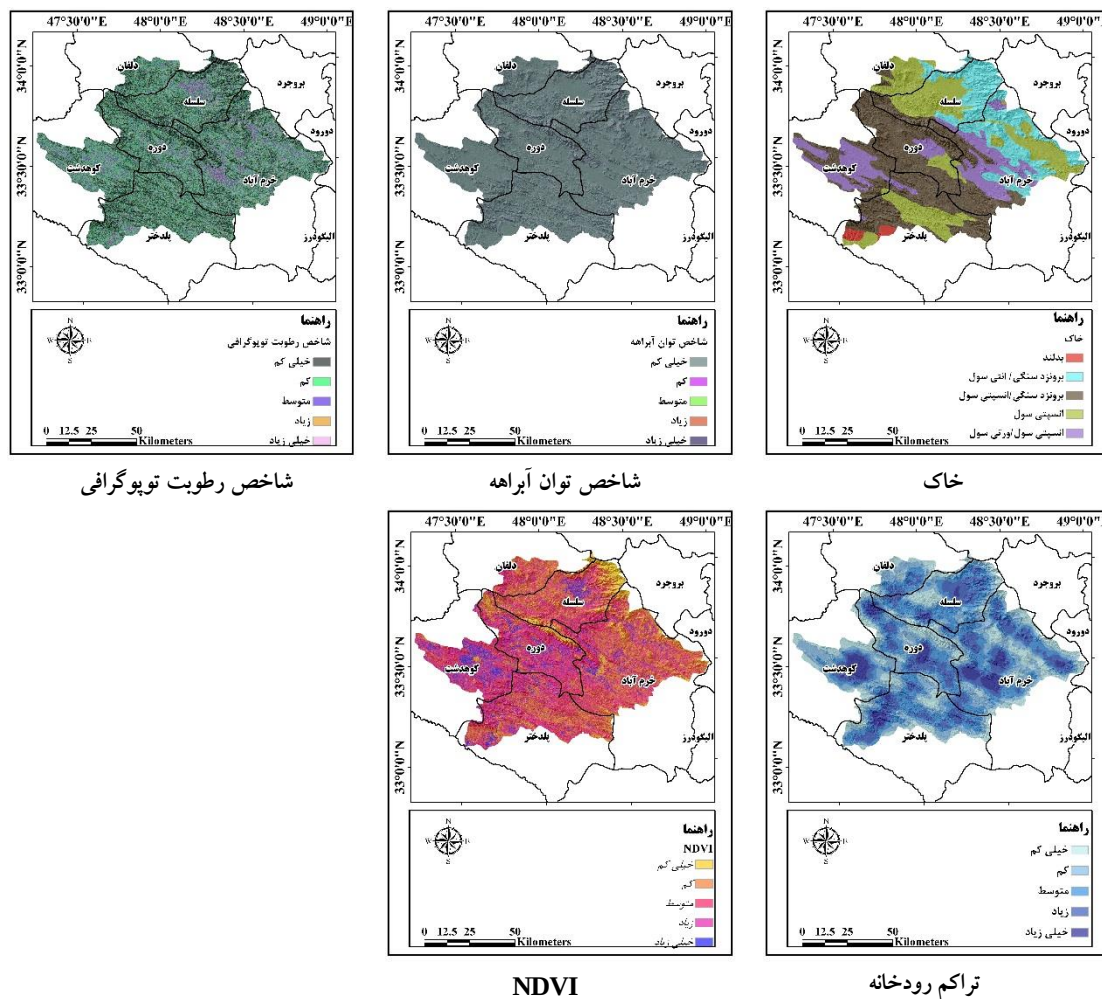
شیب



فاصله از جاده



فاصله از رودخانه



شکل ۲- نقشه پارامترهای مورد استفاده در مدل‌های WOE و EBF

۲-۳- ابزارهای مورد استفاده

ابزارهای مورد استفاده در این مطالعه به دو بخش ابزارهای فیزیکی شامل نقشه‌های DEM، نقشه زمین‌شناسی، کاربری اراضی و آبراهه و ابزارهای مفهومی شامل نرم‌افزارهای ArcGIS و Excel تقسیم شدند.

۳-۳- مدل‌ها مورد استفاده

۳-۳-۱- روش WOE

روش وزن شواهد یک روش داده محور مورد استفاده برای ترکیب مجموعه داده‌ها است و بر استفاده از فرم خطی از مدل احتمال بیزین برای برآورد اهمیت نسبی شواهد با استفاده از آمار استوار است (پورقاسمی و همکاران، ۱۳۹۲).

N_{pix1} تعداد پیکسل‌های وقوع سیل در هر کلاس، N_{pix2} (تعداد کل پیکسل‌های سیل در هر نقشه - تعداد پیکسل‌های وقوع سیل در هر کلاس)، N_{pix3} (تعداد پیکسل‌های هر کلاس - تعداد پیکسل‌های وقوع سیل در هر کلاس)، N_{pix4} (تعداد کل پیکسل‌های هر نقشه - تعداد پیکسل‌های هر کلاس + تعداد پیکسل‌های وقوع سیل در هر کلاس است) که از رابطه‌های (۱ و ۲) تعیین می‌گردد (ایلماز و همکاران، ۲۰۱۲)¹.

$$\begin{array}{lcl} \text{رابطه ۱} & & \text{رابطه ۲} \\ W_i^+ = \log_e \frac{\frac{N_{pix1}}{N_{pix1} + N_{pix2}}}{\frac{N_{pix3}}{N_{pix3} + N_{pix4}}} & & W_i^- = \log_e \frac{\frac{N_{pix2}}{N_{pix1} + N_{pix2}}}{\frac{N_{pix4}}{N_{pix3} + N_{pix4}}} \end{array}$$

وزن مثبت (W^+) نشان می‌دهد که عامل علتی در محل وقوع سیل وجود دارد و بزرگی این وزن، همبستگی بین آن عامل و وقوع سیل را بیان می‌کند؛ اما وزن منفی (W^-) بیانگر عدم عامل مورد نظر در محل بروز سیل بوده، سطح منفی همبستگی را نشان می‌دهد. اختلاف بین دو وزن مثبت و منفی (Wf) بزرگی ارتباط مکانی عامل علتی و وقوع سیل را نشان می‌دهد که از رابطه (۳) محاسبه می‌گردد (سونگ و همکاران، ۲۰۱۲)².

$$Wf = W_i^+ - W_i^- \quad \text{رابطه ۳}$$

برای به دست آوردن وزن نهایی هر عامل، وزن‌های مثبت و منفی کلاس‌های متعدد هر عامل باهم جمع می‌شوند. اگر وزن عاملی مثبت باشد، در وقوع سیل نقش دارد و در صورتی که وزن عامل منفی باشد، بیانگر عدم اثر عامل در بروز سیل است. برخی عوامل هم تأثیر ناچیزی در وقوع سیل داشته و وزن آنها صفر یا نزدیک به صفر است. با وارد کردن وزن‌ها در محیط ArcGIS بر روی نقشه‌های موضوعی، نقشه موضوعی وزنی به دست می‌آیند. از مجموع این نقشه‌ها، نقشه پیش‌بینی استعداد وقوع سیل محاسبه گردید.

۲-۳-۳- روش (EBF (Evidential belief Function)

مدل EBF شامل چند پارامتر Bel یا درجه اطمینان، Dis درجه عدم اطمینان Unc یا درجه عدم قطعیت و Pls درجه معقولیت در محدوده بین صفر تا یک می‌باشد (تهرانی و همکاران، ۲۰۱۴)³. بخش اصلی این تئوری توسط درجه اطمینان و درجه معقولیت ارائه می‌شود، به همین خاطر درجه معقولیت بزرگ‌تر یا مساوی درجه اطمینان است. داده استخراج شده از EBFs نه تنها همبستگی مکانی بین فاکتورهای مؤثر و رخداد سیل را بلکه همبستگی مکانی بین

1 Yilmaz et al

2 Song et al

3 Tehrany et al

کلاس‌های هر یک از فاکتورهای مؤثر را برآورد می‌کند (جبار و همکاران، ۲۰۱۴).^۱ پارامترهای روابط مدل EBF توسط فرمول ۸-۴ برآورد می‌شوند:

$$\begin{aligned} \text{رابطه ۵} \quad \text{Disbelief}(Dis) &= \frac{Dis_2 + Dis_3 + \dots + Dis_n}{\beta} \\ \text{رابطه ۶} \quad \text{Uncertainty}(Unc) &= \frac{\sum_{i=2}^n (Unc_{i-1}Unc_i + Bel_{i-1}Unc_i + Bel_iUnc_{i-1} + Dis_{i-1}Unc_i + Dis_iUnc_{i-1})}{\beta} \\ \text{رابطه ۷} \quad \text{Plusibility}(Pls) &= Bel + Unc \\ \text{رابطه ۸} \quad \beta &= 1 - \sum_{i=2}^n (Bel_{i-1}Dis_i - Dis_{i-1}Bel_i) \end{aligned}$$

در نهایت به منظور ارزیابی عملکرد مدل از سطح زیر نمودار AUC به دست آمده 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 به صورت (۰/۹-۰/۹ عالی؛ ۰/۸-۰/۹ خیلی خوب؛ ۰/۷-۰/۸ خوب؛ ۰/۶-۰/۷ متوسط؛ ۰/۶-۰/۵ ضعیف) است (پرادهان، ۲۰۱۰).

۴- بحث و نتایج

نتایج حاصل از ارتباط بین هر یک از عوامل مؤثر و نقاط وقوع سیل با استفاده از روش شواهد وزنی و تابع شواهد قطعی در جدول (۱) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با توجه به مدل شواهد وزنی و تابع شواهد قطعی، جهت جنوب شرق، شیب ۰-۵ درصد، ارتفاع از سطح دریای ۹۰۰-۴۸۸ متر، جنس خاک (انسپتی سول/ورتنی سول)، فاصله از رودخانه (۰-۵۰)، تراکم رودخانه (۰/۶۹-۰/۴۳)، کاربری مسکونی، باران (۴۵۰-۳۴۸ میلی‌متر)، انحنای شیب مقعر، لیتولوژی (OMq)، TWI (طبقه زیاد)، SPI (خیلی کم)، NDVI (خیلی کم) و فاصله از جاده (۲۰۰-۱۵۰ متر) دارای بیشترین تأثیر در ایجاد پتانسیل سیل خیزی می‌باشند. نقشه پتانسیل سیل خیزی با استفاده از مدل شواهد وزنی در شکل (۳ الف) ارائه شده است. مساحت و درصد مساحت طبقات پتانسیل سیل خیزی در جدول (۲) ارائه شده است. نتایج مطالعه نشان داد که حدود ۵۲/۸ درصد از سطح منطقه در کلاس متوسط تا خیلی زیاد قرار دارد.

نقشه‌های حاصل از مدل EBF (شکل ۳ ب تا ۳ ج) 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 ۴۷/۳۲ درصد از سطح منطقه در کلاس خطر متوسط تا خیلی زیاد قرار دارد.

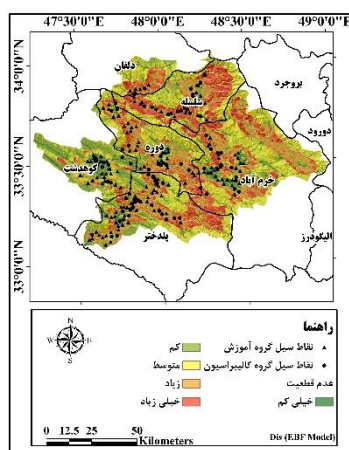
جدول ۱- تعداد پیکسل، تعداد نقاط سیل و امتیاز طبقات پارامترها در روش شواهد وزنی و روش تابع شواهد

قطعی

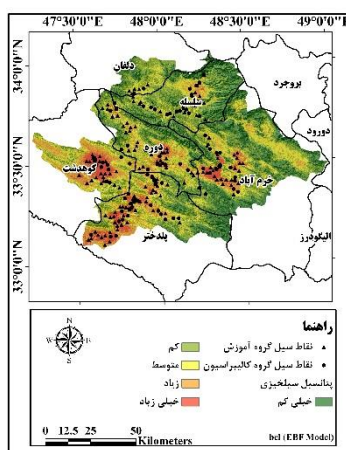
پارامتر	فاصله طبقات	W+	W-	Wfinal	Bel	Dis	Unc	Pluasibility
جهت شیب	فلات	0/00	0/0005	-0/0005	0/000	0/111	0/889	0/889
	شمال	-0/17	0/0243	-0/1930	0/103	0/114	0/783	0/886
	شمال شرق	0/03	-0/0050	0/0354	0/126	0/111	0/763	0/889
	شرق	0/03	-0/0033	0/0343	0/126	0/111	0/763	0/889
	جنوب شرق	0/25	-0/0320	0/2849	0/157	0/108	0/735	0/892
	جنوب	-0/11	0/0184	-0/1257	0/110	0/113	0/777	0/887
	جنوب غرب	-0/12	0/0220	-0/1435	0/108	0/114	0/778	0/886
	غرب	0/04	-0/0051	0/0449	0/127	0/111	0/762	0/889
	شمال غرب	0/00	-0/0178	0/0178	0/142	0/109	0/749	0/891
شیب	0-۵	0/90	-0/15	1/05	0/305	0/122	0/573	0/878
	۵-۱۰	0/57	-0/14	0/71	0/218	0/124	0/658	0/876
	۱۰-۱۵	0/44	-0/08	0/52	0/192	0/131	0/677	0/869
	۱۵-۲۰	0/10	-0/01	0/11	0/136	0/140	0/723	0/860
	۲۰-۳۰	-0/39	0/07	-0/45	0/084	0/152	0/764	0/848
	۳۰-۴۰	-1/33	0/11	-1/44	0/033	0/158	0/809	0/842
	>40	-1/35	0/19	-1/54	0/032	0/172	0/796	0/828
ارتفاع	۴۴۸-۹۰۰	1/69	-0/20	1/89	0/541	0/081	0/378	0/919
	۹۰۰-۱۲۰۰	1/16	-0/41	1/58	0/320	0/066	0/614	0/934
	۱۲۰۰-۱۵۰۰	0/08	-0/03	0/11	0/108	0/097	0/795	0/903
	۱۵۰۰-۱۸۰۰	-1/17	0/22	-1/39	0/031	0/124	0/845	0/876
	۱۸۰۰-۲۱۰۰	0/00	0/20	-0/20	0/000	0/121	0/879	0/879
	۲۱۰۰-۲۴۰۰	0/00	0/08	-0/08	0/000	0/108	0/892	0/892
	۲۴۰۰-۲۷۰۰	0/00	0/04	-0/04	0/000	0/103	0/897	0/897
	۲۷۰۰-۳۰۰۰	0/00	0/01	-0/01	0/000	0/100	0/900	0/900
	۳۰۰۰-۳۳۰۰	0/00	0/01	-0/01	0/000	0/100	0/900	0/900
	>۳۳۰۰	0/00	0/00	0/00	0/000	0/100	0/900	0/900
جنس خاک	انسپتی سول	-0/009	0/00	-0/01	0/151	0/200	0/649	0/151
	انسپتی سول/ورتی سول	0/721	-0/22	0/94	0/313	0/160	0/527	0/840
	بدلند	0/884	-0/02	0/90	0/369	0/196	0/436	0/804
	برونزد سنگی/انتی سول	-1/871	0/18	-2/05	0/023	0/238	0/738	0/762

پارامتر	فاصله طبقات	W+	W-	Wfinal	Bel	Dis	Unc	Pluasibility
	برونزد سنگی/انسپتی سول	-0/058	0/04	-0/09	0/144	0/207	0/650	0/793
فاصله از رودخانه	0-50	1/65	-0/13	1/78	0/319	0/115	0/566	0/885
	50-100	1/61	-0/11	1/72	0/306	0/117	0/577	0/883
	100-150	0/99	-0/05	1/04	0/165	0/124	0/711	0/876
	150-200	1/02	-0/04	1/06	0/169	0/125	0/705	0/875
	>200	0/00	1/38	-1/38	0/040	0/519	0/440	0/481
تراکم رودخانه	0-۰/۱۳۳	-1/74	0/19	-1/93	0/022	0/237	0/741	0/763
	۰/۱۳۳-۰/۲۲	-3/86	0/32	-4/18	0/003	0/270	0/727	0/730
	۰/۲۲-۰/۳۲	0/07	-0/03	0/10	0/133	0/192	0/675	0/808
	۰/۳۲-۰/۴۳	0/00	-0/29	0/29	0/248	0/147	0/605	0/853
	۰/۴۳-۰/۶۹	1/57	-0/25	1/82	0/595	0/153	0/252	0/847
کاربری	زراعت	0/42	-0/44	0/86	0/116	0/093	0/791	0/907
	باغ	0/00	0/00	0/00	0/000	0/145	0/855	0/855
	مرتع خوب	-1/48	0/11	-1/59	0/017	0/161	0/822	0/839
	جنگل تنک	0/08	-0/02	0/10	0/082	0/141	0/776	0/859
	جنگل متوسط	-1/48	0/21	-1/69	0/017	0/178	0/805	0/822
	مرتع فقیر	-0/96	0/01	-0/97	0/029	0/146	0/825	0/854
	مسکونی	2/27	-0/06	2/33	0/738	0/136	0/126	0/864
باران	۳۴۸-۴۵۰	0/65	-0/37	1/02	0/465	0/138	0/397	0/862
	۴۵۰-۵۰۰	-0/13	0/03	-0/16	0/213	0/206	0/582	0/794
	۵۰۰-۵۵۰	-0/29	0/13	-0/42	0/181	0/229	0/590	0/771
	۶۰۰-۵۵۰	-0/54	0/08	-0/62	0/141	0/216	0/643	0/784
	۶۰۰-۶۸۹	0/00	0/05	-0/05	0/000	0/211	0/789	0/789
انحنای شیب	مقعر	0/060	-0/06	0/12	0/350	0/314	0/335	0/686
	فلات	0/035	0/00	0/04	0/342	0/333	0/325	0/667
	محدب	-0/070	0/06	-0/13	0/308	0/353	0/339	0/647
لینولوژی	E	-0/482	0/023	-0/505	0/099	0/128	0/773	0/872
	E2c	0/290	-0/158	0/448	0/215	0/107	0/679	0/893
	EMas-sb	-0/300	0/127	-0/428	0/119	0/142	0/739	0/858
	Javt	0/000	0/020	-0/020	0/000	0/128	0/872	0/872
	OMq	0/670	-0/113	0/782	0/314	0/112	0/575	0/888
	Plc	-1/070	0/084	-1/155	0/055	0/136	0/809	0/864
	Qft1	0/000	0/003	-0/003	0/000	0/125	0/875	0/875
	TRKurl	0/210	-0/014	0/224	0/198	0/123	0/679	0/877
	خیلی کم	-0/82	0/181	-1/001	0/080	0/239	0/681	0/761
TWI								

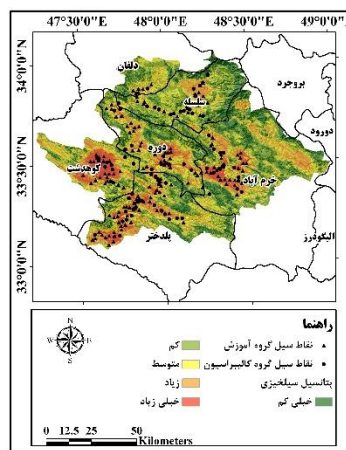
Pluasibility	Unc	Dis	Bel	Wfinal	W-	W+	فاصله طبقات	پارامتر
0/806	0/617	0/194	0/189	0/075	-0/028	0/05	کم	
0/819	0/582	0/181	0/238	0/098	-0/098	0/00	متوسط	
0/810	0/551	0/190	0/260	0/050	-0/050	0/00	زیاد	
0/803	0/570	0/197	0/234	0/014	-0/014	0/00	خیلی زیاد	
0/950	0/148	0/050	0/802	1/57	-1/54	0/0216606	خیلی کم	SPI
0/760	0/562	0/240	0/198	-1/39	0/02	-1/376839	کم	
0/763	0/763	0/237	0/000	0/00	0/00	0	متوسط	
0/764	0/764	0/236	0/000	0/00	0/00	0	زیاد	
0/764	0/764	0/236	0/000	0/00	0/00	0	خیلی زیاد	NDVI
0/811	0/580	0/189	0/231	0/57	-0/04	0/53	خیلی کم	
0/784	0/675	0/216	0/110	-0/31	0/10	-0/21	کم	
0/754	0/675	0/246	0/079	-0/77	0/23	-0/54	متوسط	
0/826	0/618	0/174	0/208	0/55	-0/12	0/43	زیاد	فاصله از جاده
0/824	0/451	0/176	0/373	0/11	-0/11	0/00	خیلی زیاد	
0/864	0/700	0/136	0/164	0/92	-0/01	0/91	۰-۵۰	
0/864	0/688	0/136	0/176	0/98	-0/01	0/97	۵۰-۱۰۰	
0/864	0/701	0/136	0/163	0/91	-0/01	0/90	۱۰۰-۱۵۰	
0/867	0/433	0/133	0/434	1/91	-0/03	1/88	۱۵۰-۲۰۰	
0/541	0/478	0/459	0/062	-1/27	1/21	-0/06	بیشتر از ۲۰۰	



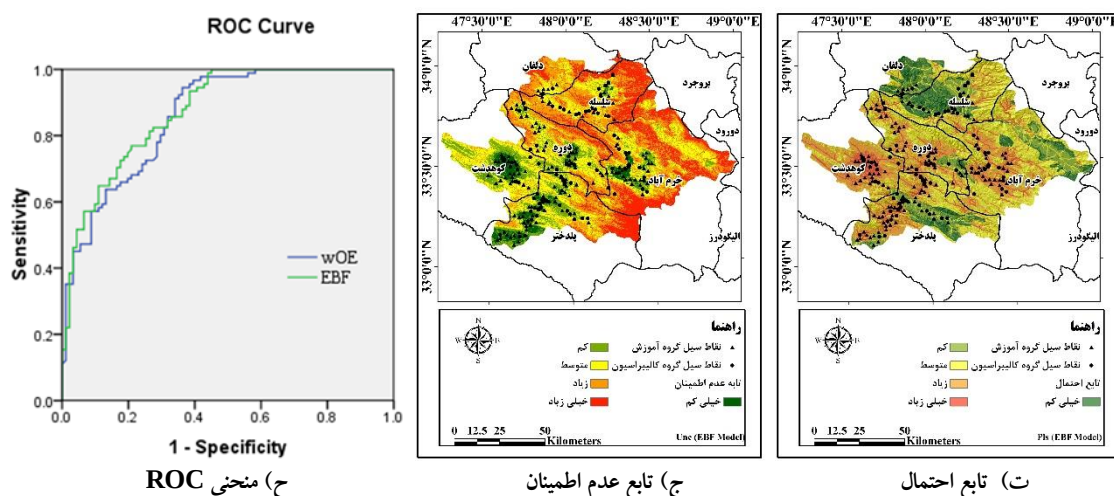
پ (تابع عدم قطعیت)



ب (تابع قطعیت (نقشه خطر سیل))



الف (مدل WofE)



شکل ۳- نقشه خطر سیل خیزی با استفاده از مدل الف) مدل شواهد وزنی؛ ب) مدل تابع شواهد قطعی؛ پ) تابع عدم قطعیت؛ ت) تابع احتمال؛ ج) تابع عدم اطمینان؛ چ) منحنی ROC

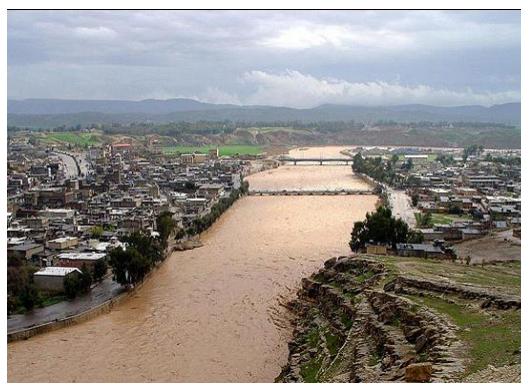
جدول ۲- مساحت و درصد مساحت طبقات خطر سیل با استفاده از مدل‌های WOE و EBF

مدل EBF		مدل WOE		طبقات سیل
درصد مساحت	مساحت طبقات (هکتار)	درصد مساحت	مساحت طبقات (هکتار)	
23/80	225821/1	18/61	176573/9	خیلی کم
28/89	274160/4	28/53	270781/3	کم
24/88	236097/5	25/57	242664/5	متوسط
15/97	151542/4	18/72	177620/2	زیاد
6/47	61373/63	8/57	81350/55	خیلی زیاد

مقدار AUC برای مدل‌های مورد ارزیابی با توجه به داده‌های اعتبارسنجی در جدول (۳) ارائه شده است. همچنین منحنی ROC مدل‌های مورد ارزیابی با توجه به داده‌های اعتبارسنجی در شکل (۳) ارائه شده است. از میان مدل WOE و EBF مورد مطالعه، بیشترین صحت به مدل EBF (۰/۸۷۵) اختصاص داشت؛ بنابراین در زمینه پتانسیل‌یابی خطر سیل خیزی، مدل EBF نسبت به مدل WOE دارای عملکرد بهتری می‌باشد. نمونه‌هایی از طغیان رودخانه کشکان در شکل (۴) ارائه شده است.

جدول ۳- مقدار AUC مدل‌های پیش‌بینی ریسک سیل خیزی

ردیف	مدل پیش‌بینی	داده‌های اعتبارسنجی
۱	WOE	۰/۸۶۱
۲	EBF	۰/۸۷۵



شکل ۴- تصاویری از طغیان رودخانه کشکان

۵- نتیجه گیری

در این پژوهش، دو مدل EBF و WOE برای پیش‌بینی پتانسیل خطر سیل استفاده شدند. نقشه‌های حاصل از این دو مدل به پنج طبقه پتانسیل خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم‌بندی شدند؛ که از این میان فقط مناطق با پتانسیل خیلی بالا مدنظر می‌باشد. بیشترین مساحت مناطق با پتانسیل خیلی زیاد در مدل WOE مشاهده شد. مناطقی که بر اساس نقشه نهایی از پتانسیل خیلی زیاد وقوع سیل برخوردارند، بایستی هنگام برنامه‌ریزی بیشتر مورد توجه قرار گیرند.

بررسی مدل‌های پیش‌بینی مورد مطالعه با استفاده از منحنی مشخصه عملکرد نشان داد که تابع شواهد قطعی (۸۷٪) نسبت به مدل شواهد وزنی (۸۶٪) دارای عملکرد بهتری می‌باشد. نتایج مطالعه آزاد طلب و همکاران (۱۳۹۷) نشان داد که مدل EBF (۸۴٪) در مقایسه با مدل WOE (۷۷٪) دارای عملکرد بهتری است، که با نتایج مطالعه کنونی همخوانی دارد.

با توجه به نتایج مطالعه، با کاهش شیب احتمال آب گرفتگی و وقوع سیل بیشتر بوده که این یافته‌ها با نتایج مطالعه سیاه کمری و زینی وند (۱۳۹۵) و تهرانی و پرادهان (۲۰۱۴) همخوانی دارد. همچنین نتایج این مطالعه نشان داد که عامل ارتفاع از سطح دریا با احتمال وقوع سیل رابطه معکوس دارد. همچنین احتمال وقوع سیل در زمین‌های اطراف رودخانه، اراضی مقعر و در مناطق با تراکم بالاتر رودخانه، بیشتر بود. این یافته‌ها با نتایج مطالعه سیاه کمری و زینی وند (۱۳۹۵) همخوانی دارد. پارامتر TWI اثر توپوگرافی را در تولید رواناب با فرض پایداری و یکنواختی شرایط

خاک بیان می‌کند، ارزیابی این شاخص نشان می‌دهد که طبقه زیاد دارای بیشترین امتیاز می‌باشد. شاخص رطوبت توپوگرافی بیانگر مقدار انباشت جریان در هر مکان در یک حوضه آبخیز و روند قدرت جریان آب به پایین دست بر اثر نیروی گرانش می‌باشد. همچنین این پارامتر با وضعیت رطوبت خاک ارتباط دارد (سیلودیمو و همکاران، ۲۰۰۳).^۱ نتایج مطالعه نشان داد که پتانسیل وقوع سیل در مناطق دارای سنگ آهک، مارن و ماسه سنگ بیشتر می‌باشد. سازندهای دوره کواترنری به علت وجود واحدهای مارنی و کنگلومرای جریان‌های سیلابی بیشتری را دارند، خاک‌های مارنی دارای کمترین نفوذ، بیشترین رواناب و بالاترین فرسایش می‌باشند. همچنین بخش عمده سنگ‌های ژوراسیک در این گستره را مارن، سنگ آهک، شیل‌های آهکی و دولومیت تشکیل می‌دهد (سیاه‌کمری و زینی‌وند، ۱۳۹۵). همچنین نتایج مطالعه نشان داد که جنس خاک (انسپتی‌سول/ورتی‌سول)، کاربری مسکونی، باران (۴۵۰-۳۴۸ میلیمتر)، SPI (خیلی کم)، NDVI (خیلی کم) و فاصله از جاده (۲۰۰-۱۵۰ متر) دارای بیشترین تأثیر در ایجاد پتانسیل سیل‌خیزی می‌باشند.

نتایج مطالعه نشان داد که سیل‌خیزی ناشی از برآیند عوامل مختلف محیطی و انسانی است که بر اساس نقشه پیش‌بینی خطر سیل ارائه شده می‌توان اقدامات مدیریتی مناسبی را جهت کاهش خسارت‌ها و تلفات ناشی از سیل انجام داد. در پایان، می‌تواند گفت که دستیابی به یک نقشه پیش‌بینی مکانی دقیق و معقول می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان شهری در شناسایی مناطق حساس به وقوع سیل جهت مدیریت بحران نواحی مستعد کمک شایانی بنماید.

کتابنامه

- آزاد طلب، مهناز؛ شهابی، هیمین؛ چپی، کامران؛ شیرزادی، عطاء‌اله؛ ۱۳۹۷. پیش‌بینی مکانی مخاطره سیلاب در شهر سنندج با استفاده از مدل‌های ترکیبی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی. دانشگاه کردستان.
- اسماعیل علویچه، الهام؛ کریمی، سعید؛ علوی پور، فاطمه سادات؛ ۱۳۹۶. ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر سیل با منطق فازی (مطالعه موردی: منطقه ۲۲ تهران)، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۵، صفحه ۱۲-۱.
- به‌داروند، ندا؛ کابلی، محمد؛ جباریان امیری، بهمن؛ ابراهیم پور، رضا؛ اسدی آقبلاغی، مرضیه؛ ایمانی هرسینی، جلیل؛ ۱۳۹۳. شناسایی مناطق پرخطر و عوامل محیطی مؤثر بر حملات گرگ به دام در استان همدان با به کارگیری روش مدل سازی MAXENT. محیط زیست طبیعی، ۶۷(۳): ۲۴۵-۲۵۲.
- پورقاسمی، حمیدرضا؛ مرادی، حمیدرضا؛ محمدی، مجید؛ ۱۳۹۲. پهنه‌بندی حساسیت زمی نلغزش با استفاده از مدل احتمالاتی وزن واقعه. نشریه مهندسی فناوری اطلاعات مکانی. ۱(۲): ۸۰-۶۹.

حسینی، موسی؛ جعفریگلو، منصور؛ گراوند، فاطمه؛ ۱۳۹۴. تعیین پهنه‌های سیل‌گیر رود کشکان با استفاده از مدل هیدرولیکی به‌منظور کاهش مخاطرات سیل. مدیریت مخاطرات محیطی. ۲(۳): ۳۵۵-۳۶۹.

خسروی، خه‌بات؛ معروف نیا، ادريس؛ نوحانی، ابراهیم؛ چپی، کامران؛ ۱۳۹۱. ارزیابی کارایی مدل رگرسیون لجستیک در تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل. مجله منابع طبیعی ایران. ۶۹(۴): ۸۷۶-۸۶۳.

رحمانی، محمد؛ عبوری، مهدی؛ ملا آقاجانزاده، ساره؛ ۱۳۹۴. پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از روش‌های همپوشانی ترکیب خطی وزنی (WLC) و سناریوهای میانگین وزنی مرتب‌شده (OWA) مطالعه موردی: شهر ساری/مازندران/ایران). کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در علوم کشاورزی و محیط‌زیست. دانشگاه تهران.

رضوی ترمه، وحید؛ ملک، محمد رضا؛ ۱۳۹۶. تهیه نقشه حساسیت سیلاب با استفاده از ترکیب مدل باور شهودی (EBF) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (مطالعه موردی: شهرستان جهرم)، نشریه مهندسی نقشه برداری و اطلاعات مکانی، شماره ۳، صفحه ۱-۱۵.

سیاه کمری، صفورا؛ زینی وند، حسین؛ ۱۳۹۵. پتانسیل‌یابی مناطق مستعد سیل با استفاده از مدل شاخص اماری و وزن شواهد (مطالعه موردی: حوزه آبخیز مادرسو، گلستان). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی. ۷(۴): ۱۳۱-۱۱۶.

- Arianpour, M. and Jamali, A. A. (2015). Flood Hazard Zonation using Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE) in GIS (Case Study: Omidieh-Khuzestan). *European Online Journal of Natural and Social Sciences*. 4(1): 39 – 49.
- Bui, D. T., Panahi, M., Shahabi, H., Singh, V. P., Shirzadi, A., Chapi, K., ... & Ahmad, B. B. (2018). Novel hybrid evolutionary algorithms for spatial prediction of floods. *Scientific reports*, 8(1), 15364.
- Chapi, K., Singh, V. P., Shirzadi, A., Shahabi, H., Bui, D. T., Pham, B. T., & Khosravi, K. (2017). A novel hybrid artificial intelligence approach for flood susceptibility assessment. *Environmental Modelling & Software*, 95, 229-245.
- Chapi, K.; Singh, V.P.; Shirzadi, A.; Shahabi, H.; Bui, D.T.; Pham, B.T.; Khosravi, K. 2017. A novel hybrid artificial intelligence approach for flood susceptibility assessment. *Environ. Model. Softw.* 95: 229–245
- Chen, J., Zhao, S. and Wang, H. (2011). Risk Analysis of Flood Disaster Based on Fuzzy Clustering Method. *Energy Procedia*. 5: 1915 – 1919.
- Grahn, T.; Nyberg, L. 2017. Assessment of pluvial flood exposure and vulnerability of residential areas. *Int. J. Disaster Risk Reduct.* 21: 367–375.
- Khosravi, K., Pourghasemi, H. R., Chapi, K., & Bahri, M. (2016). Flash flood susceptibility analysis and its mapping using different bivariate models in Iran: a comparison between Shannon's entropy, statistical index, and weighting factor models. *Environmental monitoring and assessment*, 188(12), 656.
- Pradhan B. 2010. Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, GIS and remote sensing. *Journal of Spatial Hydrology*, 9(2): 1-18.
- Rahmati, O., Pourghasemi, H. R., & Zeinivand, H. (2016). Flood susceptibility mapping using frequency ratio and weights-of-evidence models in the Golistan Province, Iran. *Geocarto International*, 31(1), 42-70.

- Song, K.Y., J. Oh, J. Choi, I. Park, C. Lee and S. Lee. 2012. Prediction of landslides using ASTER imagery and data mining models. *Advances in Space Research*, 49: 978-993.
- Tehrany, M. S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. (2014). Flood susceptibility mapping using a novel ensemble weights-of-evidence and support vector machine models in GIS. *Journal of hydrology*, 512, 332-343.
- Verikiou-Papaspiridakou E. 2003. Investigating the flooding events of the urban regions of Glyfada and Voula, Attica, Greece: a contribution to Urban Geomorphology. *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography* 85 (2):197-204.
- Yilmaz, C., T. Topal, and M.L. Suzen. 2012. GIS-based landslide susceptibility mapping using bivariate statistical analysis in Devrek (Zonguldak-Turkey). *Environmental Earth Science*, 65: 2161- 2178

تحلیل خصوصیات هیدروژئومورفیک حوضه آبریز الندچای به منظور اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها از نظر

حساسیت سیل‌خیزی

محمدحسین رضائی مقدم^۱ - استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

سید اسدالله حجازی - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

خلیل ولیزاده کامران - دانشیار سنجش از دور و GIS، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

توحید رحیم پور - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۵/۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۹/۲۵

چکیده

تحقیق حاضر با هدف اولویت‌بندی زیر حوضه‌های حوضه آبریز الند چای واقع در استان آذربایجان غربی از نظر حساسیت سیل‌خیزی انجام گرفته است. برای نیل به این هدف، ابتدا حوضه آبریز الندچای بر اساس خصوصیات شبکه زهکشی و توپوگرافی و با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر به ۱۵ زیر حوضه تقسیم شد. در مرحله بعد پارامترهای ژئومورفومتریک هر زیر حوضه از سه جنبه خصوصیات شبکه زهکشی (شامل رتبه آبراهه، تعداد آبراهه، طول آبراهه، تناوب آبراهه، نسبت انشعاب، طول جریان در روی زمین، تراکم زهکشی، بافت زهکشی، نسبت بافت، شماره نفوذ، ثابت نگه داشت کانال و ضریب رو)، پارامترهای شکلی حوضه (شامل مساحت، ضریب فشردگی، نسبت مدور بودن، نسبت کشیدگی، ضریب شکل و شاخص شکل) و خصوصیات برجستگی حوضه آبریز (شامل برجستگی، نسبت برجستگی، عدد سختی یا زبری و نسبت شیب) با به‌کارگیری قوانین ژئومورفولوژیکی هورتن، شوم و استرالر در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شدند. به‌منظور وزن دهی ۲۲ پارامتر مورد بررسی در تحقیق حاضر از روش وزن دهی نوین SWARA استفاده شده و وزن نسبی هر یک از پارامترها برای ۱۵ زیر حوضه مورد مطالعه مشخص گردید. نتایج وزن دهی و اولویت‌بندی نشان داد که زیر حوضه‌های ۳، ۱، ۴ و ۲ به ترتیب با وزن ۰/۱۴۲، ۰/۱۲۲، ۰/۰۹۱ و ۰/۰۸۷ بیش‌ترین وزن را داشته و از حساسیت سیل‌خیزی بالایی برخوردار می‌باشند. در مقابل زیر حوضه ۱۳ با وزن نهایی ۰/۰۱۸ و زیر

حوضه ۶ با وزن ۰/۰۲۰ به ترتیب کم‌ترین وزن را از نظر ۲۲ پارامتر مورد بررسی داشته و در نتیجه در طبقه خیلی کم از نظر حساسیت سیل‌خیزی قرار دارند.

کلیدواژه‌ها: سیل، تحلیل هیدروژئومورفیک، اولویت‌بندی، SWARA, GIS، حوضه آبریز الوندچای.

۱- مقدمه

سیل یک فاجعه‌ی طبیعی عمومی است که سالانه خسارت‌های زیادی به محیط طبیعی و ساخت‌وساز در سراسر جهان وارد می‌سازد. تأثیرگذاری سیل تابعی از عملکرد چندین معیار از جمله قدرت سیل، بزرگی، تکرار، مدت زمان جریان، تغییرات پلان فرم و مقطع عرضی در رودخانه و... می‌باشد (داس^۱، ۲۰۱۹). فرسایش سریع و رانش زمین ناشی از سیل می‌تواند باعث تغییرات مورفولوژیکی ناگهانی در منطقه شود (ون تو^۲ و همکاران، ۲۰۱۶). سیلاب‌ها عموماً به‌طور ناگهانی شروع می‌شوند و در عرض چند ساعت به سرعت افزایش می‌یابند (بورگا^۳ و همکاران، ۲۰۰۸). آن‌ها بیشتر در فصل بهار به دلیل بارندگی شدید و یا ذوب برف اتفاق می‌افتند (فورل^۴ و همکاران، ۲۰۱۸). افزایش جمعیت و رشد سریع توسعه شهری و ساخت‌وساز در کنار رودخانه، خطر سیل‌گیری را در بسیاری از مناطق افزایش داده است (احمدی شرف و همکاران، ۲۰۱۶). آبراهه‌های فرعی و حوضه‌های آن‌ها نقش مهمی در وقوع سیلاب‌های پایین‌دست ایفا می‌کنند. هر زیر حوضه به دلیل مورفومتری زهکشی متنوع، تأثیر متمایزی بر روی کانال اصلی دارند (آزدمیر و بیرد^۵، ۲۰۰۹). علاوه بر این، تغییرات مورفولوژیکی در کانال‌های رودخانه‌ای ناشی از دخالت انسان یا به‌صورت طبیعی، گاهی اوقات ممکن است منجر به تغییراتی در جریان رودخانه و ایجاد سیل شود (یوسفی و همکاران، ۲۰۱۸). مدیریت خطر سیل نیاز به تسلط و غلبه بر مرزهای ملی، موقعیت جغرافیایی و محدودیت‌های اقتصادی-اجتماعی دارد (دی جورجیس^۶ و همکاران، ۲۰۱۲). مدیریت خطر سیل معمولاً به ارزیابی خطر سیل و کاهش خطر سیل تقسیم می‌شود (چانز^۷ و همکاران، ۲۰۰۶). اگرچه جلوگیری از وقوع سیل امکان‌پذیر نیست، می‌توان آن را از طریق تجزیه و تحلیل‌های مناسب و روش‌های پیش‌بینی، پیش‌بینی و کنترل کرد (کلاک و پاپنبرگر^۸، ۲۰۰۹). برای پیش‌بینی احتمال وقوع یک سیل و برای کاهش و مدیریت سیلاب‌های آینده، تهیه نقشه حساسیت سیل گامی ضروری است (کورجیالاس و کاراتزاس^۹، ۲۰۱۱). پیش‌بینی آسیب‌پذیری سیل می‌تواند تلفات ناشی از سیل و خسارت‌های اقتصادی را کاهش دهد (داس، ۲۰۱۹).

1 Das

2 Van Tu

3 Borga

4 Furl

5 Ozdemir and Bird

6 Degiorgis

7 Schanze

8 Cloke and Pappenberger

9 Kourgiyalas and Karatzas

حوضه آبریز الندیچای واقع در شهرستان خوی و شمال غرب ایران به دلیل زهکشی زیر حوضه‌های متعدد، گستردگی مساحت و شرایط زمین‌شناسی و توپوگرافیکی خاص از پتانسیل بالایی جهت وقوع سیل برخوردار می‌باشد. رودخانه الندیچای به‌عنوان رودخانه اصلی این حوضه، در فصل بهار به دلیل بارش‌های موسوم به نیسان و ذوب ذخایر برفی ارتفاعات داخل حوضه مثل کوه اورین، از میزان دبی بالایی برخوردار بوده و حالت طغیانی به خود می‌گیرد و در نتیجه باعث وارد آمدن خسارات فراوانی به زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی اطراف خود می‌شود. روستاها و زمین‌های کشاورزی زیادی در حاشیه رودخانه الندیچای قرار گرفته‌اند که با آمدن فصل بهار و شروع بارندگی‌های سیل‌آسا، خسارات زیادی از طغیانی شدن این رودخانه متحمل می‌شوند. بنابراین تحقیق حاضر با هدف اولویت‌بندی زیر حوضه‌های حوضه آبریز الندیچای از نظر حساسیت سیل‌خیزی با استفاده از شاخص‌های هیدروژئومورفیک و روش تصمیم‌گیری ¹SWARA و با بهره‌گیری از توانایی سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام گرفته است. نتایج اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها در مدیریت زیر حوضه‌هایی که از حساسیت بالایی نسبت به سیل‌خیزی برخوردار هستند حائز اهمیت می‌باشد.

تحقیقات متنوعی در رابطه با بررسی و پهنه‌بندی خطر سیل با به‌کارگیری مدل‌های مختلف در ایران و جهان صورت گرفته است که در ادامه به برخی از تازه‌ترین تحقیقات اشاره می‌شود: بدری و همکاران (۱۳۹۵)، زیر حوضه‌های آبخیز بهشت‌آباد استان چهارمحال و بختیاری را از نظر پتانسیل سیل‌خیزی مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از روش شماره منحنی برای برآورد تلفات بارش، از روش SCS برای شبیه‌سازی تبدیل بارش - رواناب در سطح زیر حوضه‌ها و از روش ماسکینگام به‌منظور روندیابی هیدروگراف سیل خروجی حوضه استفاده شد. نتایج اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها از نظر دبی اوج نشان داد که زیر حوضه‌های درکش و رکش و بهشت‌آباد به ترتیب با ۲۹/۱۶ و ۲/۵ درصد، بیش‌ترین و کمترین سهم را در دبی اوج سیلاب خروجی از حوضه بر عهده دارند. نتایج اولویت‌بندی بر اساس کاهش دبی به ازای واحد سطح نیز نشان داد که زیر حوضه بهشت‌آباد با داشتن کمترین مساحت نسبت به سایر زیر حوضه‌ها بیشترین تأثیر را داشته است. زیر حوضه تنگ دهنو نیز کمترین تأثیر را از این نظر داشته است. عرب‌عامری و همکاران (۱۳۹۶)، در پژوهشی به پهنه‌بندی حساسیت سیل‌گیری در حوضه آبریز نکا واقع در استان مازندران پرداختند. در این تحقیق به منظور شناسایی مناطق حساس به سیل‌گیری از روش ترکیبی نوین تئوری بیزین - فرآیند سلسله مراتبی (Bayes-AHP) استفاده شد. ایشان ۱۱ عامل مؤثر در سیل‌گیری شامل درصد شیب، طبقات ارتفاعی، فاصله از آبراهه، تراکم زهکشی، شاخص پوشش گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI)، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی، شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)، شاخص توان آبراهه (SPI)، بارندگی سالانه و انحنای سطح را مورد بررسی قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که عوامل درصد شیب، ارتفاع و کاربری اراضی

بیشترین تأثیر را در وقوع سیلاب‌های منطقه داشته‌اند. همچنین نتایج نشان داد که ۱۷/۲۴ و ۱۵/۳۷ درصد از کل مساحت حوضه نکا در رده‌های حساسیت زیاد و بسیار زیاد قرار گرفته است. رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۷)، سیلاب‌های رودخانه قره‌سو در محدوده روستای پیرازمیان تا تلاقی رودخانه اهرچای را با استفاده از مدل هیدرودینامیکی HEC-RAS مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق ۷۲ کیلومتر از رودخانه قره‌سو مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که با رخداد سیلابی با دوره بازگشت ۲۵ سال، مساحتی در حدود ۱۰۸۵ هکتار از اراضی کشاورزی و باغات حاشیه رودخانه قره‌سو به زیر آب رفته و خساراتی را برای کشاورزان منطقه به وجود خواهد آورد. پراساد و پانی^۱ (۲۰۱۷)، در تحقیقی به تحلیل ژئو-هیدرولوژیکی و اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها از نظر خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز رودخانه یوهی^۲ واقع در کشور هند پرداختند. در این تحقیق از خصوصیات مختلف مورفومتریک حوضه آبریز که در وقوع سیلاب نقش دارند استفاده شد. این محققین جهت اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها از نظر خطر وقوع سیل از مدل تحلیل مجموع وزنی (WSA^۳) استفاده کردند. نتایج تحقیق نشان داد که ۱۲/۸۳ و ۱۶/۹۴ درصد از مساحت کل منطقه به ترتیب در خطر خیلی زیاد و زیاد از نظر وقوع سیل قرار دارند. ایشان به منظور بررسی رفتار هیدرولوژیکی زیر حوضه‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها از روش هیدروگراف واحد لحظه‌ای سیندر^۴ نیز استفاده کردند. نتایج این بررسی نیز نشان داد زیر حوضه‌هایی که از نظر خطر وقوع سیل در طبقه خیلی زیاد و زیاد قرار دارند، کمترین زمان تأخیر و بالاترین دبی حداکثری را در هر واحد از حوضه آبریز دارا می‌باشند. طاهاه^۵ و همکاران (۲۰۱۷)، در پژوهشی به پهنه‌بندی خطر سیل بر اساس ژئو - مورفومتری حوضه در حوضه آبریز وادی قنا واقع در کشور مصر پرداختند. در این تحقیق از تکنیک‌های GIS و سنجش‌ازدور برای تهیه نقشه خطر سیلاب استفاده شد. برای انجام این تحقیق، منطقه مورد مطالعه به ۱۵۱ زیر حوضه تقسیم شد. در مرحله بعد ۱۱ پارامتر ژئو - مورفومتریکی زیر حوضه‌ها با استفاده از تکنیک‌های GIS و سنجش‌ازدور تهیه شدند. در ادامه با استفاده از روش هم‌پوشانی مجموع وزنی (WSO) لایه‌های اطلاعاتی هم‌پوشانی شده و نقشه خطر سیل تهیه شد. نتایج تحقیق نشان داد که اکثر زیر حوضه‌ها در طبقه کم تا متوسط از نظر خطر سیل قرار دارند و فقط زیر حوضه شماره ۱۵ در طبقه خیلی زیاد قرار گرفته است. تانگ^۶ و همکاران (۲۰۱۸)، در تحقیقی به ارزیابی مناطق حساس به سیل با استفاده از تحلیل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره در محدوده گوچنگ واقع در کشور چین پرداختند. در این تحقیق از روش‌های میانگین وزنی مرتب شده (OWA^۷) و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی مونو کارلو جهت وزن دهی معیارها

1 Prasad and Pani

2 Uhl River watershed

3 weighted sum analysis

4 Snyder's synthetic unit hydrograph method

5 Taha

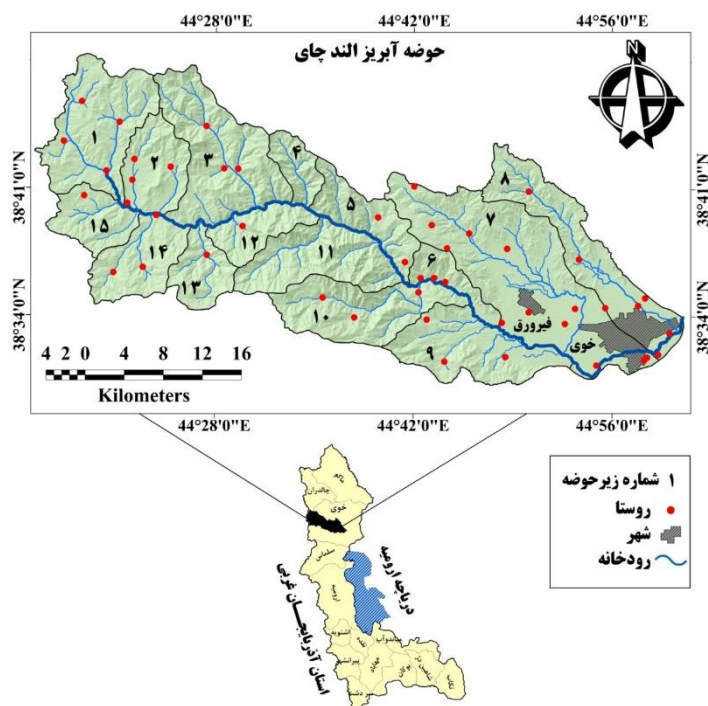
6 Tang

7 Ordered Weighted Averaging

استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از روش ترکیبی، نتایج مدل را بهبود می بخشد و وزن معیارها باعث تغییرات مهم در خروجی مدل ها هستند. محمود و رحمان^۱ (۲۰۱۹)، در پژوهشی به مدل سازی حساسیت خطر سیل در حوضه آبریز پنجکورا واقع در کشور پاکستان با استفاده از رویکردهای ژئومورفومتری و هیدرولوژی پرداختند. در این تحقیق حوضه آبریز پنجکورا به ۳۰ زیر حوضه تقسیم شد و پارامترهای ژئومورفومتری یک هر زیر حوضه با استفاده از قوانین ژئومورفولوژیکی هورتن، شوم و استرالر محاسبه شد. عمق رواناب سطحی هر زیر حوضه نیز با استفاده از مدل هیدرولوژیکی NRCS تخمین زده شد. در مرحله بعد با استفاده از تکنیک تحلیل هم پوشانی وزنی، نقشه حساسیت خطر سیل تهیه شد. نتایج نشان داد که ۲۷ درصد از مساحت منطقه در طبقه خطر خیلی زیاد و ۳۶/۵ درصد از مساحت منطقه نیز در طبقه خطر زیاد از نظر حساسیت خطر سیل قرار دارد. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که حساسیت خطر سیل رابطه مستقیمی با رواناب سطحی دارد، به طوری که با افزایش رواناب سطحی، حساسیت خطر سیل نیز افزایش می یابد.

۲- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز الندچای یک واحد فیزیوگرافیکی مهم در استان آذربایجان غربی و شمال غرب ایران است که توسط رودخانه الندچای و شاخه های فرعی آن زهکشی می شود (شکل ۱). مساحت حوضه حدود ۱۱۴۷/۳۰ کیلومتر مربع می باشد که از نظر موقعیت جغرافیایی بین مختصات $38^{\circ} 30' 14''$ تا $38^{\circ} 48' 22''$ عرض شمالی و $44^{\circ} 15' 13''$ تا $45^{\circ} 01' 02''$ طول شرقی قرار گرفته است. تغییرات ارتفاعی حوضه از ۱۰۹۳ متر در بستر رودخانه الندچای در خروجی حوضه تا ۳۶۳۸ متر ارتفاع از سطح دریا در کوه اورین می باشد. رودخانه اصلی این حوضه، الندچای می باشد که یکی از رودخانه های مهم و پر آب شهرستان خوی می باشد. این حوضه یکی از زیر حوضه های حوضه آبریز رود ارس محسوب می شود که آب های سطحی آن پس از پیوستن به رودخانه بزرگ قطورچای به رود ارس می ریزد. حوضه آبریز الندچای از نظر آب و هوایی معمولاً دارای زمستان های سرد و برفی و تابستان های معتدل بوده که میانگین دمای سالانه آن بر اساس آمار بلند مدت ایستگاه سینوپتیک خوی (۲۰۱۰-۱۹۶۱)، ۱۲/۶ درجه سانتی گراد می باشد. میانگین بارندگی سالانه نیز حدود ۲۹۰ میلی متر می باشد. پوشش برفی ذخیره شده در کوه های مرتفع منطقه، آب مورد نیاز رودخانه الندچای را در فصول گرم سال تأمین می کنند. این رودخانه نقش مهمی در تأمین آب مورد نیاز زمین های کشاورزی منطقه دارد. طغیان این رودخانه در فصل بهار به دلیل بارش های موسوم به نیسان و همچنین ذوب ذخایر برفی ارتفاعات منطقه مثل کوه اورین با ارتفاع ۳۶۳۸ متر باعث وارد آمدن خسارات زیادی به زمین های کشاورزی و روستاهای این منطقه می شود.



شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در استان آذربایجان غربی

۳- مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر به لحاظ روش از نوع تحلیلی و به لحاظ هدف از نوع تحقیقات کاربردی می‌باشد. پارامترهای هیدروژئومورفیک از سه جنبه خصوصیات شبکه زهکشی، پارامترهای شکلی حوضه و خصوصیات برجستگی حوضه آبریز مورد بررسی قرار گرفته است (جدول ۱). به منظور تهیه لایه‌های اطلاعاتی هر یک از پارامترها از مدل رقومی ارتفاعی (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر استفاده شده است. در مرحله بعد جهت تعیین وزن نسبی هر یک از پارامترهای هیدروژئومورفیک مورد استفاده در تحقیق از روش جدید وزن دهی SWARA استفاده شده و وزن هر یک از پارامترها جهت اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها از نظر حساسیت سیل‌خیزی مشخص شده است.

جدول ۱- پارامترهای هیدروژئومورفیک مورد استفاده و فرمول محاسبه آن‌ها

پارامتر	فرمول	منبع
تناوب آبراهه	$F_s = Nu/A$ تعداد کل آبراهه‌های حوضه آبریز Nu مساحت حوضه آبریز A	هورتن ^۱ (۱۹۴۵)
نسبت انشعاب	$R_b = Nu/Nu + 1$	شوم ^۲ (۱۹۵۶)

1 Horton

2 Schumm

پارامتر	فرمول	منبع
طول جریان در روی زمین	$Lof = 1/Dd \times 2$ $Dd =$ تراکم زهکشی	هورتن (۱۹۴۵)
تراکم زهکشی	$Dd = Lu/A$ $Lu =$ طول کل آبراهه‌های حوضه آبریز	هورتن (۱۹۴۵)
بافت زهکشی	$Dt = Nu/P$ $P =$ محیط حوضه آبریز	هورتن (۱۹۴۵)
نسبت بافت	$Rt = N1/P$	شوم (۱۹۵۶)
شماره نفوذ	$If = Dd \times Fs$	فانیران ^۱ (۱۹۶۸)
ثابت نگه داشت کانال	$C = 1/Dd$	شوم (۱۹۵۶)
ضریب رو	$\rho = Lur/Rb$ $Lur =$ نسبت طول آبراهه	هورتن (۱۹۴۵)
ضریب فشردگی	$Cc = 0.2812 \times P/A^{0.5}$	هورتن (۱۹۴۵)
نسبت مدور بودن	$Rc = 4 \times 3.14 A/P^2$	سینگ و سینگ ^۲ (۲۰۱۷)
نسبت کشیدگی	$Er = 1.128 \sqrt{A/L}$ $L =$ طول حوضه آبریز به کیلومتر	شوم (۱۹۵۶)
ضریب شکل	$Ff = A/Lb^2$	هورتن (۱۹۴۵)
شاخص شکل	$Sw = Lb^2/A$	هورتن (۱۹۴۵)
برجستگی حوضه	$Bh = hmax - hmin$ $hmax =$ حداکثر ارتفاع حوضه آبریز $hmin =$ حداقل ارتفاع حوضه آبریز	شوم (۱۹۵۶)
نسبت برجستگی	$Rr = Bh/Lb$	شوم (۱۹۵۶)
عدد سختی یا زبری	$Rn = Bh \times Dd$	استرالر ^۳ (۱۹۶۴)
نسبت شیب	$G = Bh/Lb \times 60$	سینگ و سینگ (۲۰۱۷)

مدل SWARA یا تحلیل نسبت ارزیابی وزن دهی تدریجی در سال ۲۰۱۰ توسط کرسولین^۴ و همکاران ارائه شد.

این مدل به عنوان یک تکنیک تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) برای محاسبه وزن معیارها و زیرمعیارها استفاده می‌شود. روش تعیین وزن با استفاده از SWARA در گام‌های زیر ذکر شد است:

گام اول: ایجاد یک مدل تصمیم‌گیری بر اساس رابطه بین پارامترها. در این مرحله معیارهای مورد استفاده در تهیه نقشه حساسیت سیل‌خیزی بر اساس اهمیت مورد انتظارشان به صورت نزولی مرتب می‌شوند. برای تعیین اهمیت هر

1 Faniran

2 Singh and Singh

3 Strahler

4 Keršuliene

پارامتر از روش قضاوت کارشناس که توسط کندال^۱ (۱۹۷۰)، زاوادسکاس و ویلاتین^۲ (۲۰۰۶) و زاوادسکاس و همکاران (۲۰۱۰) ارائه شده است استفاده می‌شود.

گام دوم: وزن معیارها به صورت زیر محاسبه می‌شوند: از معیار دوم شروع می‌شود، پاسخ‌دهنده اهمیت نسبی معیار j را در ارتباط با معیار قبلی ($j - 1$) بیان می‌کند و این کار را برای هر معیار تکرار می‌کند. طبق کرسولین و همکاران (۲۰۱۰) این نسبت اهمیت مقایسه‌ای مقدار میانگین S_j نامیده می‌شود که از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$S_j = \frac{\sum_i^n A_i}{n} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن n تعداد کارشناسان؛ A_i رتبه‌های ارائه شده توسط کارشناسان برای هر پارامتر و j نشان‌دهنده تعداد پارامترها می‌باشد.

گام سوم: ضریب K_j از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$K_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ S_j + 1 & j > 1 \end{cases} \quad \text{رابطه (۲)}$$

گام چهارم: وزن مجددی q_j از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$q_j = \begin{cases} 1 & j = 1 \\ \frac{k_j - 1}{k_j} & j > 1 \end{cases} \quad \text{رابطه (۳)}$$

گام پنجم: وزن نسبی معیارها از طریق رابطه زیر به دست می‌آید:

$$W_j = \frac{q_j}{\sum_{j=1}^n q_j} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن W_j نشان دهنده وزن نسبی معیار j و n نشان دهنده تعداد کل معیارها می‌باشد.

۴- بحث و نتایج

این تحقیق با هدف اولویت‌بندی ۱۵ زیر حوضه الندچای از نظر حساسیت سیل‌خیزی انجام گرفته است. بنابراین در گام نخست پارامترهای هیدروژئومورفیک تأثیرگذار در سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها از سه جنبه خصوصیات شبکه زهکشی (پارامترهای خطی)، هندسه حوضه (پارامترهای شکلی) و برجستگی حوضه (بالاآمدگی) مشخص و لایه‌های اطلاعاتی هر یک از این پارامترها در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه شدند. پارامترهای خطی مثل رتبه آبراهه، طول آبراهه و نسبت انشعاب، اهمیت لیتولوژی بازالتی و کنترل ساختمانی را روی الگوی زهکشی نشان می‌دهند

1 Kendall

2 Zavadskas and Vilutiene

(کاله و گوپتا^۱، ۲۰۰۱). در تحقیق حاضر از ۱۲ پارامتر خطی استفاده شده است. شکل ۲ نقشه پارامترهای خطی را که با استفاده از DEM در محیط نرم افزار ArcGIS تهیه شده‌اند نشان می‌دهد.

تراکم زهکشی (Dd)، پتانسیل رواناب، ظرفیت نفوذپذیری زمین، شرایط اقلیمی و پوشش گیاهی حوضه آبریز را نشان می‌دهد (طاها^۲ و همکاران، ۲۰۱۷). مقادیر کم تراکم زهکشی شرایط مناسبی برای نفوذپذیری فراهم آورده و در نتیجه پتانسیل رواناب را کاهش می‌دهد و برعکس. تراکم زهکشی زیر حوضه‌های منطقه مورد مطالعه بین ۱/۲۵ تا ۱/۹۱ محاسبه شده است، که زیر حوضه شماره ۵ کمترین تراکم زهکشی و زیر حوضه شماره ۱ بیشترین تراکم زهکشی را دارا می‌باشد. نسبت انشعاب کم‌تر با خطر سیل‌گیری بالا مرتبط است. دلیل آن این است که احتمالاً آب به‌جای این‌که آزادانه پراکنده شود، در یک کانال جمع می‌شود (ابوزید^۳ و همکاران، ۲۰۱۶). در این تحقیق زیر حوضه شماره ۱ کمترین نسبت انشعاب (۲/۸۸) و زیر حوضه ۱۱ با نسبت انشعاب ۴/۸ بیشترین مقدار را داشته است. تناوب آبراهه (Fs) به مواد زیرسطحی غیرقابل نفوذ، پوشش گیاهی پراکنده و شرایط برجستگی بالا وابسته است (ابوزید و همکاران، ۲۰۱۶). ردی^۴ و همکاران (۲۰۰۴)، به این نتیجه رسیده‌اند که مقادیر کم تناوب آبراهه نشان دهنده مواد زیرسطحی نفوذپذیر و برجستگی کم می‌باشد. مقادیر بالای تناوب آبراهه نشان دهنده رواناب بالا و تراکم زهکشی زیاد می‌باشد. مقادیر تناوب آبراهه در منطقه مورد مطالعه بین ۱/۰۸۹ تا ۲/۴۲۹ متغیر بوده که زیر حوضه‌های ۱۵ و ۴ به ترتیب کمترین و بیشترین مقادیر را داشته‌اند. بافت زهکشی یکی از جنبه‌های مهم ژئومورفولوژی بوده و به معنای فاصله نسبی بین آبراهه‌ها می‌باشد (بیش^۵ و همکاران، ۲۰۱۸). بافت زهکشی از اقلیم، بارش، پوشش گیاهی، لیتولوژی، نوع خاک، ظرفیت نفوذپذیری و مرحله توسعه حوضه تأثیر می‌پذیرد (اسمیت^۶، ۱۹۵۰). طبق طبقه‌بندی اسمیت بافت زهکشی به ۵ کلاس تقسیم می‌شود: خیلی درشت (کمتر از ۲)، درشت (۲-۴)، متوسط (۴-۶)، ریز (۶-۸) و خیلی ریز (بیشتر از ۸). مقادیر بالاتر بافت زهکشی نشان دهنده ظرفیت نفوذپذیری کم و در نتیجه افزایش پتانسیل رواناب می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه، زیر حوضه ۶ با ۱/۰۸ کمترین مقدار بافت زهکشی و زیر حوضه ۳ با ۴/۸۷ بیشترین مقدار بافت زهکشی را داشته‌اند. طول آبراهه به‌عنوان فاصله از دهانه حوضه تا دورترین بخش از شبکه زهکشی تعریف می‌شود (هورتن، ۱۹۴۵). به‌طور کلی آبراهه‌های با طول بیشتر نشان دهنده شیب‌های مسطح‌تر هستند (کریستوفر^۷ و همکاران، ۲۰۱۰). طول آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه بین ۳۵ تا ۳۲۱/۹ کیلومتر متغیر بوده است، که زیر حوضه ۶ کمترین مقدار و زیر حوضه ۷ بیشترین مقدار داشته‌اند. نسبت بافت یک فاکتور مهم در

1 Kale and Gupta

2 Taha

3 Abuzied

4 Reddy

5 Bisht

6 Smith

7 Christopher

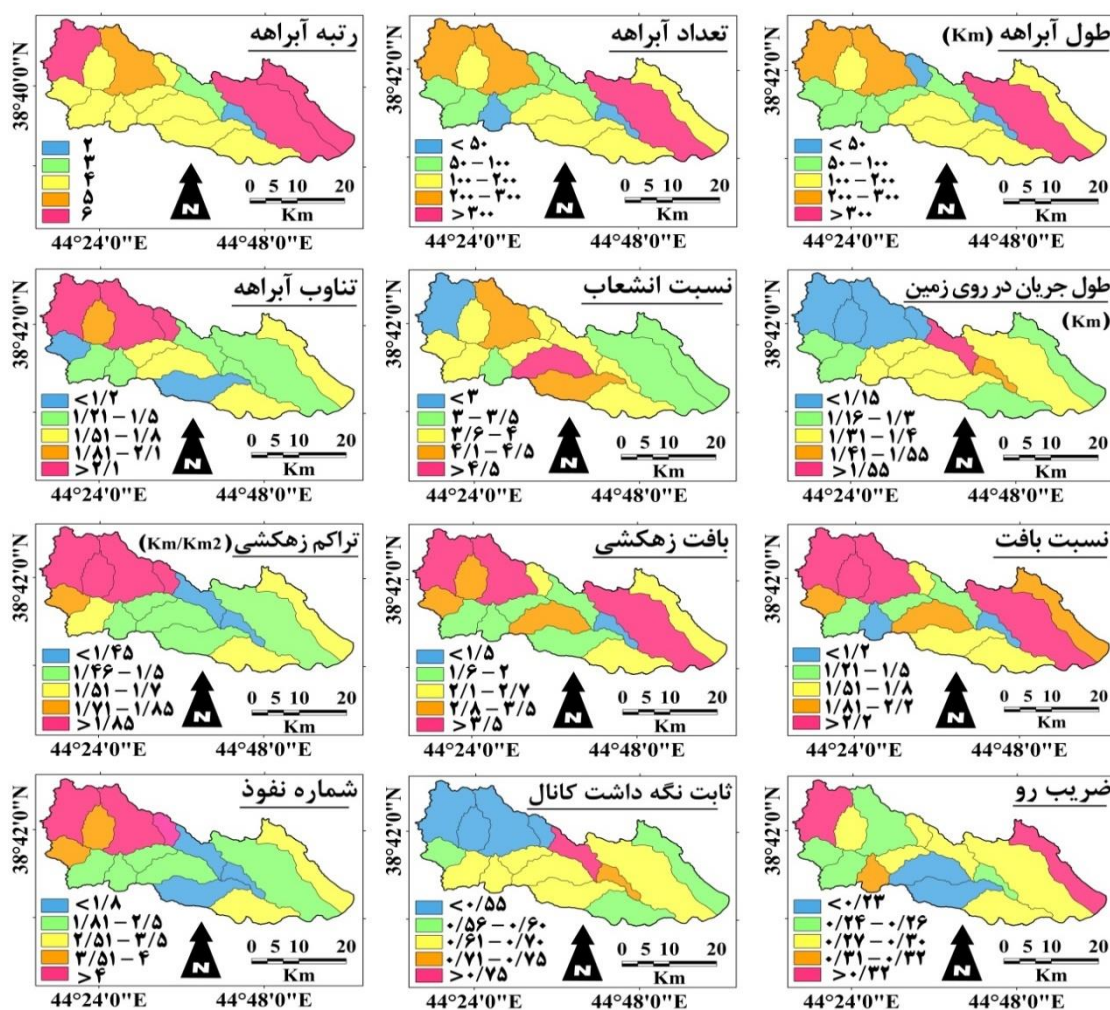
تحلیل مورفومتریک شبکه زهکشی است که به لیتولوژی زیرین، ظرفیت نفوذپذیری و جنبه‌های برجستگی زمین وابسته است (سینگ و سینگ، ۲۰۱۷). در منطقه مورد مطالعه کمترین مقدار نسبت بافت مربوط به زیر حوضه ۶ با مقدار ۰/۸۶ و بیشترین مقدار نیز با ۳/۷۱ مربوط به زیر حوضه ۳ بوده است. شماره نفوذ نقش مهمی در درک ویژگی نفوذپذیری حوضه ایفا می‌کند. هر چه شماره نفوذ بیشتر باشد، میزان نفوذپذیری کمتر بوده و در مقابل میزان رواناب بیشتر خواهد بود (کومار رأی^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). مقادیر شماره نفوذ در منطقه مورد مطالعه بین ۱/۷۴ تا ۴/۵۱ متغیر بوده که کمترین مقدار مربوط به زیر حوضه ۱۰ و بیشترین مقدار نیز مربوط به زیر حوضه‌های ۴ و ۳ می‌باشد. تعداد آبراهه‌ها به‌طور مستقیم متناسب با اندازه حوضه آبریز و ابعاد کانال می‌باشد. تعداد آبراهه‌های بیشتر نشان دهنده کم‌تر بودن میزان تخلخل و نفوذپذیری حوضه است (کومار رأی و همکاران، ۲۰۱۷). کمترین تعداد آبراهه در منطقه مورد مطالعه مربوط به زیر حوضه ۱۳ با ۴۸ آبراهه و بیشترین تعداد نیز با ۳۱۶ آبراهه مربوط به زیر حوضه ۷ بوده است. تقسیم‌بندی و رتبه‌بندی سلسله مراتبی آبراهه‌ها به منظور توضیح ویژگی هیدرودینامیکی حوضه زهکشی ضروری است. رتبه آبراهه به‌طور مستقیم متناسب با اندازه حوضه، ابعاد کانال و دبی رودخانه می‌باشد. رتبه آبراهه بزرگ‌تر با دبی بزرگ‌تر و سرعت جریان بیشتر مرتبط است (کومار رأی و همکاران، ۲۰۱۷). در زیر حوضه‌های منطقه مورد مطالعه کوچک‌ترین رتبه با عدد ۲ مربوط به زیر حوضه ۶ بوده و زیر حوضه‌های ۱، ۷ و ۸ بزرگ‌ترین رتبه یعنی ۶ را به خود اختصاص داده‌اند. طول جریان در روی زمین به نوع سنگ، نفوذپذیری، رژیم آب و هوایی، پوشش گیاهی و برجستگی و همچنین مدت زمان فرسایش بستگی دارد (شوم، ۱۹۵۶). مقادیر کم طول جریان زمینی نشان دهنده رواناب سطحی سریع‌تر، توسعه بهتر شبکه زهکشی و شیب بالاتر می‌باشد (بیش و همکاران، ۲۰۱۸). مقادیر طول جریان زمینی در منطقه مورد مطالعه بین ۱/۰۴ تا ۱/۶ محاسبه شده است که کمترین مقدار مربوط به زیر حوضه ۱ و بیشترین مقدار نیز مربوط به زیر حوضه ۵ بوده است. ضریب رو نشان دهنده تراکم زهکشی و توسعه حوضه آبریز می‌باشد. این فاکتور امکان ارزیابی ظرفیت ذخیره شبکه زهکشی را فراهم می‌آورد (هورتن، ۱۹۴۵). این فاکتور تحت تأثیر عوامل اقلیمی، زمین‌شناسی، بیولوژیکی، ژئومورفیک و انسانی می‌باشد (مزا^۲، ۲۰۰۶). مقادیر ضریب رو بالا نشان دهنده ظرفیت هیدرولیک بالا و کاهش اثرات فرسایش در طول دبی بزرگ‌تر می‌باشد (رامانی سوجاتا^۳ و همکاران، ۲۰۱۵). بنابراین می‌توان گفت که هر چه مقدار ضریب رو بالاتر باشد میزان ذخیره‌سازی آب در دوره‌های سیلابی بیشتر بوده و اثرات فرسایش و سیل کمتر می‌شود و برعکس. در منطقه مورد مطالعه مقدار ضریب رو بین ۰/۲۱ تا ۰/۳۴ محاسبه شده است. زیر حوضه ۱۱ کم‌ترین مقدار رو و زیر حوضه ۱ بیش‌ترین مقدار را داشته است. شوم در سال ۱۹۵۶، از تراکم زهکشی جهت تعریف ثابت نگه داشت کانال استفاده کرد. ثابت نگه داشت کانال نه تنها به نوع

1 Kumar Rai

2 Mesa

3 Ramani Sujatha

سنگ و نفوذپذیری، شرایط اقلیمی، پوشش گیاهی و برجستگی بستگی دارد، بلکه همچنین وابسته به مدت زمان فرسایش و اقلیم تاریخی می باشد (چاندرا شکار^۱، ۲۰۱۵). مقادیر کم ثابت نگه داشت کانال نشان دهنده وجود خاک های نا مقاوم، پوشش گیاهی پراکنده و زمین های کوهستانی است، در مقابل مقادیر بالای این فاکتور خاک های مقاوم، پوشش گیاهی خوب و زمین های نسبتاً جلگه ای را نشان می دهد (شولیت^۲، ۱۹۶۸). مقدار این فاکتور برای زیر حوضه های منطقه مورد مطالعه بین ۰/۵۲ تا ۰/۷۹ محاسبه شده است که کمترین مقدار مربوط به زیر حوضه های ۳ و ۱ و بیشترین مقدار نیز مربوط به زیر حوضه ۵ بوده است. در جدول ۲ مقادیر پارامترهای خطی برای هر یک از زیر حوضه ها آورده شده است.



شکل ۲- لایه های اطلاعاتی پارامترهای خطی زیر حوضه های حوضه آبریز الوندچای

1 Chandrashekar

2 Shulits

شکل حوضه و پارامترهای مرتبط با آن از قبیل نسبت کشیدگی، ضریب شکل، نسبت مدور بودن و شاخص شکل می‌تواند بر روی راندمان و کارایی زهکشی و حساسیت سیل تأثیر بگذارند (ابوزید و همکاران، ۲۰۱۶). در این تحقیق از ۶ پارامتر شکلی استفاده شده است. شکل ۳ نقشه پارامترهای شکلی را نشان می‌دهد. مساحت حوضه آبریز به عنوان یکی از جنبه‌های مهم در نظر گرفته می‌شود، زیرا مساحت بزرگ‌تر نشان دهنده تعداد آبراهه‌های بیشتر و در نتیجه رواناب بیشتری می‌باشد (بیش و همکاران، ۲۰۱۸). در منطقه مورد مطالعه، مساحت زیر حوضه‌ها از ۲۵ تا ۲۱۹/۵ کیلومتر مربع متغیر بوده است. زیر حوضه ۴ کمترین مساحت و زیر حوضه ۷ بیش‌ترین مساحت را داشته‌اند.

جدول ۲- مقادیر محاسبه شده پارامترهای خطی زیر حوضه‌های ۱۵ گانه الندچای

No	So	Nu	Lu	Fs	Rb	Lof	Dd	Dt	RT	If	C	p
۱	۶	۲۵۱	۲۰۷/۴	۲/۳۱۳	۲/۸۸	۱/۰۴	۱/۹۱	۴/۳۹	۲/۹۷	۴/۴۱	۰/۵۲	۰/۳۴
۲	۴	۱۱۴	۱۰۲/۲	۲/۰۸۰	۳/۷	۱/۰۷	۱/۸۶	۳/۴۶	۲/۵۸	۳/۸۶	۰/۵۳	۰/۲۷
۳	۵	۲۹۵	۲۳۳/۳	۲/۳۹۰	۴/۱	۱/۰۵	۱/۸۹	۴/۸۷	۳/۷۱	۴/۵۱	۰/۵۲	۰/۲۴
۴	۴	۶۲	۴۷/۵	۲/۴۲۹	۳/۷	۱/۰۷	۱/۸۶	۲/۶۱	۱/۶۸	۴/۵۱	۰/۵۳	۰/۲۷
۵	۳	۷۲	۶۲/۷	۱/۴۳۷	۳/۷	۱/۶	۱/۲۵	۱/۶۳	۱/۲۴	۱/۷۹	۰/۷۹	۰/۲۷
۶	۲	۳۵	۳۵	۱/۳۲۹	۴	۱/۵۱	۱/۳۲	۱/۰۸	۰/۸۶	۱/۷۵	۰/۷۵	۰/۲۵
۷	۶	۳۱۶	۳۲۱/۹	۱/۴۳۹	۳/۳	۱/۳۶	۱/۴۶	۳/۶۱	۲/۴۳	۲/۱۰	۰/۶۸	۰/۳۰
۸	۶	۱۸۳	۱۷۹/۵	۱/۷۱۶	۳/۰۴	۱/۱۹	۱/۶۸	۲/۵۳	۱/۸۵	۲/۸۸	۰/۵۹	۰/۳۳
۹	۴	۱۳۴	۱۴۴/۱	۱/۵۴۱	۳/۶	۱/۲۱	۱/۶۵	۲/۵۵	۱/۷۹	۲/۵۴	۰/۶۰	۰/۲۷
۱۰	۴	۱۰۵	۱۲۸/۶	۱/۱۹۶	۴/۲	۱/۳۶	۱/۴۶	۲	۱/۵۲	۱/۷۴	۰/۶۸	۰/۲۳
۱۱	۴	۱۳۷	۱۲۵/۰۸	۱/۶۵۲	۴/۸	۱/۳۳	۱/۵۰	۲/۹۱	۲/۰۶	۲/۴۷	۰/۶۶	۰/۲۱
۱۲	۴	۵۷	۵۵/۳	۱/۵۲۹	۳/۷	۱/۳۵	۱/۴۸	۱/۷۶	۱/۳۳	۲/۲۶	۰/۶۷	۰/۲۷
۱۳	۴	۴۸	۵۶/۲	۱/۲۶۹	۳/۱	۱/۳۵	۱/۴۸	۱/۶۴	۱/۱۲	۱/۸۷	۰/۶۷	۰/۳۲
۱۴	۴	۷۱	۸۹/۶	۱/۲۲۷	۳/۸	۱/۲۹	۱/۵۴	۱/۹۴	۱/۳۹	۱/۸۸	۰/۶۴	۰/۲۶
۱۵	۴	۸۸	۷۲/۲	۱/۰۸۹	۳/۹	۱/۱۶	۱/۷۱	۲/۹۱	۲/۰۲	۳/۵۷	۰/۵۸	۰/۲۶

No شماره زیر حوضه، So رتبه آبراهه، Nu تعداد آبراهه، Lu طول آبراهه، Fs تناوب آبراهه، Rb نسبت انشعاب، Lof طول جریان در روی زمین، Dd تراکم هکشی، Dt بافت زهکشی، Rt نسبت بافت، If شماره نفوذ، C ثابت نگه داشت کانال، p ضریب رو

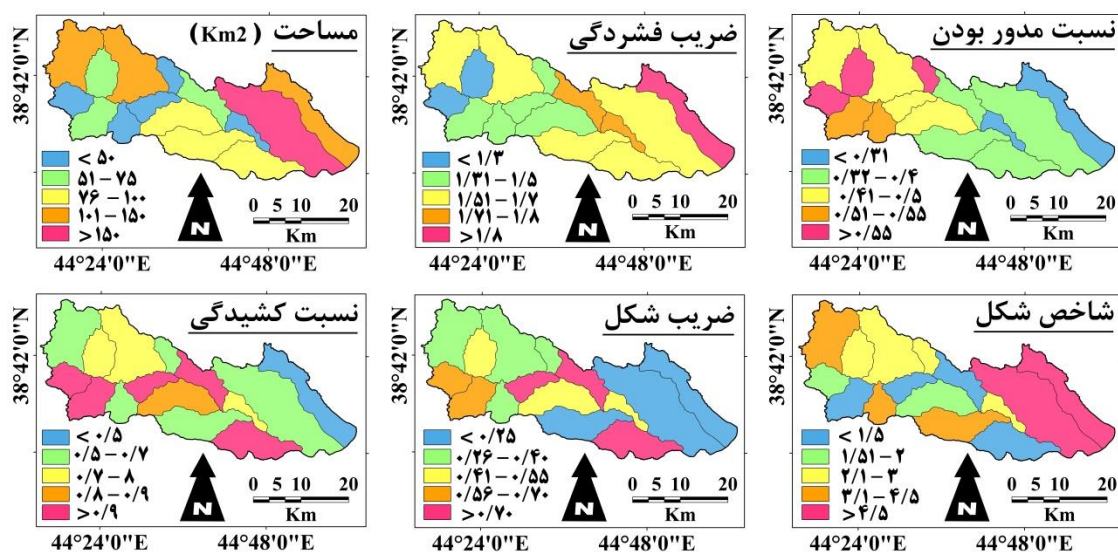
ضریب فشردگی عبارت است از نسبت محیط حوضه به محیط دایره فرضی که مساحت آن برابر مساحت حوضه می‌باشد. اگر مقدار ضریب فشردگی ۱ باشد نشان می‌دهد که حوضه دایره کامل است. مقدار بزرگ‌تر از ۱ نشان دهنده کشیدگی حوضه است. حوضه دایره‌ای از نظر زهکشی حساس‌تر است، زیرا کمترین زمان تمرکز را قبل

از اینکه اوج جریان در حوضه اتفاق بیافتد، به دست خواهد آورد (نوکاراتنام^۱ و همکاران، ۲۰۰۵). مقادیر ضریب فشردگی زیر حوضه‌های منطقه مورد مطالعه بین ۱/۲۴ تا ۱/۹۶ محاسبه شده است که زیر حوضه ۲ دارای کمترین مقدار و زیر حوضه ۸ نیز بیشترین مقدار را داشته است. نسبت مدور بودن عبارت است از نسبت مساحت حوضه به مساحت دایره‌ای که محیط آن مساوی محیط حوضه می‌باشد (میلر^۲، ۱۹۵۳). نسبت مدور بودن از فاکتورهای تراکم زهکشی، تناوب زهکشی، ساختار زمین‌شناسی، برجستگی، شیب، پوشش گیاهی و پوشش زمین حوضه آبریز تأثیر می‌پذیرد. مقادیر آن از صفر برای یک شکل کاملاً کشیده تا ۱ برای شکل دایره‌ای کامل متغیر است (بیشتر و همکاران، ۲۰۱۸). هر چه مقادیر این پارامتر به یک نزدیک‌تر باشد حساسیت سیل‌خیزی حوضه بیشتر خواهد بود. مقادیر این پارامتر برای زیر حوضه‌های منطقه مورد مطالعه از ۰/۲۵ تا ۰/۶۳ متغیر بوده است که زیر حوضه ۸ کمترین مقدار و زیر حوضه ۲ نیز بیشترین مقدار را داشته‌اند. نسبت کشیدگی یک فاکتور مهم برای تحلیل شکل حوضه آبریز است. دبی جریان در یک حوضه دایره‌ای بیشتر از حوضه کشیده می‌باشد (سینگ و سینگ، ۱۹۹۷). مقادیر نسبت کشیدگی از صفر برای شکل خیلی کشیده تا یک برای شکل دایره‌ای کامل متغیر است. طبق طبقه‌بندی استرالر (۱۹۶۴)، نسبت کشیدگی حوضه به ۵ طبقه تقسیم می‌شود: مقادیر بیشتر از ۰/۹ برای شکل دایره‌ای، بین ۰/۸ - ۰/۹ شکل بیضی، ۰/۷ - ۰/۸ برای کشیدگی کمتر، ۰/۷ - ۰/۵ برای حوضه کشیده و کمتر از ۰/۵ برای حوضه خیلی کشیده. مقادیر این پارامتر برای زیر حوضه‌های منطقه مورد مطالعه بین ۰/۴۱ تا ۰/۹۹ محاسبه شده است. زیر حوضه ۸ کمترین مقدار و زیر حوضه‌های ۱۲ و ۹، بیش‌ترین مقدار را داشته‌اند. ضریب شکل، شکل‌گیری سیل، درجه فرسایش و ظرفیت حمل بار رسوبی حوضه را نشان می‌دهد. این فاکتور شکل حوضه را تعیین می‌کند که مقادیر آن از صفر برای حوضه کشیده تا ۱ برای حوضه دایره‌ای کامل متغیر است. حوضه دایره‌ای نشان دهنده پیک جریان زیاد در مدت زمان کوتاه‌تر می‌باشد در حالی که حوضه کشیده، پیک جریان آرام را در مدت زمانی طولانی‌تر نشان می‌دهد. در حوضه کشیده، جریان سیل نسبت به حوضه دایره‌ای به راحتی می‌تواند مدیریت شود (بیشتر و همکاران، ۲۰۱۸). در منطقه مورد مطالعه، زیر حوضه ۸ با مقدار ۰/۱۳ و زیر حوضه ۱۲ با مقدار ۰/۷۸ به ترتیب کمترین و بیشترین مقدار ضریب شکل را داشته‌اند. شاخص شکل حوضه نیز بیانگر این مطلب هست که هر چه مقدار این پارامتر بیشتر باشد، دبی اوج سیلاب کمتر خواهد بود و برعکس (پرساد و پانی^۳، ۲۰۱۷). مقادیر این پارامتر نیز در منطقه مورد مطالعه بین ۱/۲۷ تا ۷/۴۰ متغیر بود است. کمترین مقدار این پارامتر مربوط به زیر حوضه ۱۲ و بیشترین مقدار نیز مربوط به زیر حوضه ۸ می‌باشد. در جدول ۳ مقادیر پارامترهای شکلی محاسبه شده برای هر یک از زیر حوضه‌ها ارائه شده است.

1 Nookaratnam

2 Miller

3 Prasad and Pani



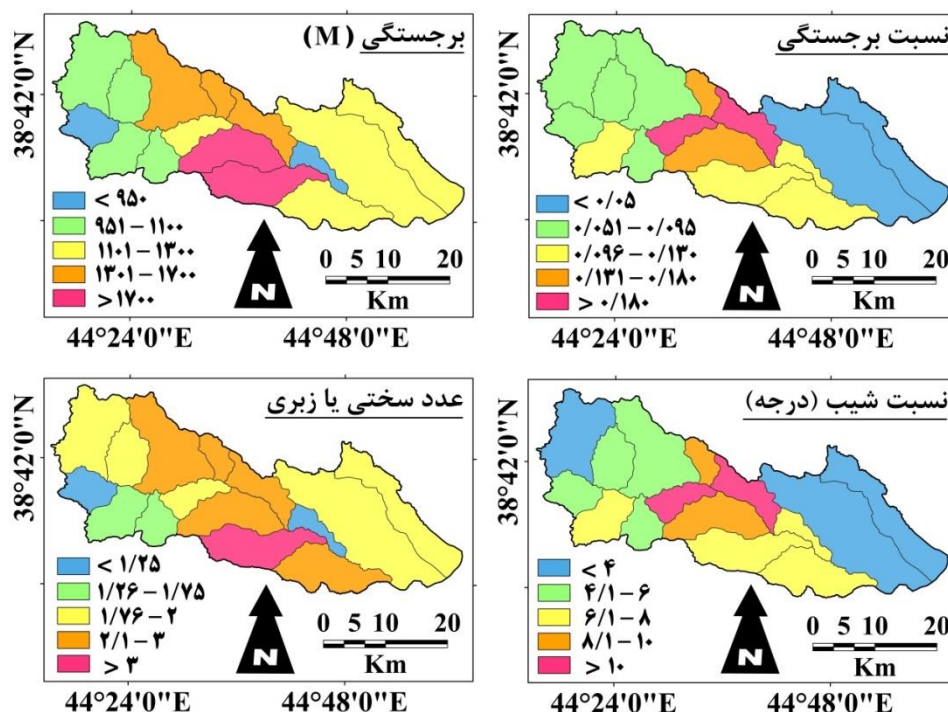
شکل ۳- لایه‌های اطلاعاتی پارامترهای شکلی زیر حوضه‌های حوضه آبریز الندجای

جدول ۳- مقادیر محاسبه شده پارامترهای شکلی زیر حوضه‌های ۱۵ گانه الندجای

No	A	Cc	Rc	Er	Ff	Sw
۱	۱۰۸/۴۹۷۹	۱/۵۳	۰/۴۱	۰/۶۲	۰/۳۰	۳/۲۵
۲	۵۴/۷۹۹۳	۱/۲۴	۰/۶۳	۰/۷۴	۰/۴۳	۲/۲۸
۳	۱۲۳/۳۸۰۳	۱/۵۲	۰/۴۲	۰/۷۰	۰/۳۸	۲/۵۶
۴	۲۵/۵۱۷۱	۱/۳۱	۰/۵۶	۰/۶۵	۰/۳۳	۲/۹۶
۵	۵۰/۰۷۹۹	۱/۷۴	۰/۳۲	۰/۹۷	۰/۷۴	۱/۳۴
۶	۲۶/۳۲۸۲	۱/۷۶	۰/۳۱	۰/۷۴	۰/۴۳	۲/۳
۷	۲۱۹/۵	۱/۶۵	۰/۳۶	۰/۵۲	۰/۲۱	۴/۶۰
۸	۱۰۶/۵۸۹۱	۱/۹۶	۰/۲۵	۰/۴۱	۰/۱۳	۷/۴۰
۹	۸۶/۹۵۳۰	۱/۵۷	۰/۳۹	۰/۹۵	۰/۷۱	۱/۳۹
۱۰	۸۷/۷۴۰۲	۱/۵۶	۰/۴۰	۰/۵۳	۰/۲۲	۴/۴۶
۱۱	۸۲/۹۱۵۸	۱/۴۴	۰/۴۷	۰/۷۹	۰/۴۹	۲
۱۲	۳۷/۲۶۱۴	۱/۴۷	۰/۴۵	۰/۹۹	۰/۷۸	۱/۲۷
۱۳	۳۷/۸۲۵۱	۱/۳۳	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۲۸	۳/۵۵
۱۴	۵۷/۸۳۳۵	۱/۳۴	۰/۵۴	۰/۹۳	۰/۶۸	۱/۴۶
۱۵	۴۲/۱۱۷۲	۱/۳۰	۰/۵۸	۰/۹۱	۰/۶۵	۱/۵۷

No شماره زیر حوضه، A مساحت به کیلومتر مربع، Cc ضریب فشردگی، Rc نسبت مدور بودن، Er نسبت کشیدگی، Ff ضریب شکل، Sw شاخص شکل

ویژگی‌های سطحی حوضه آبریز از قبیل برجستگی، نسبت برجستگی، نسبت برجستگی نسبی، درجه سختی یا زبری و شیب نقش ضروری در پاسخ‌های هیدرولوژیکی حوضه آبریز و انباشت رواناب آن‌ها دارند (شوم، ۱۹۵۶). معمولاً رواناب در حوضه‌های با نسبت برجستگی بالا و شیب تندتر، سریع‌تر جریان می‌یابد. بنابراین حوضه‌هایی با نسبت برجستگی بالاتر، زمان تأخیر کمتر، پیک بالا و سرعت جریان بیشتری را تجربه می‌کنند. از این رو از حساسیت بالایی برای سیل برخوردار هستند (ابوزید و همکاران، ۲۰۱۶). در این تحقیق از ۴ پارامتر برجستگی، نسبت برجستگی، درجه سختی یا زبری و نسبت شیب استفاده شده است. شکل ۳ نقشه پارامترهای برجستگی و جدول ۴ مقادیر پارامترهای محاسبه شده برای هر یک از زیر حوضه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۴- لایه‌های اطلاعاتی پارامترهای برجستگی زیر حوضه‌های حوضه آبریز الندچای

جدول ۴- مقادیر محاسبه شده پارامترهای برجستگی زیر حوضه‌های ۱۵ گانه الندچای

G	Rn	Rr	Bh	No
۳/۰۹	۱/۸۵	۰/۰۵۱	۹۷۱	۱
۵/۳	۱/۸۵	۰/۰۸۹	۹۹۷	۲
۴/۵	۲/۵۴	۰/۰۷۵	۱۳۴۶	۳
۹/۷	۲/۶۲	۰/۱۶۲	۱۴۱۰	۴

No	Bh	Rr	Rn	G
۵	۱۶۹۲	۰/۲۰۶	۲/۱۱	۱۲/۳
۶	۹۴۵	۰/۱۲۱	۱/۲۴	۷/۲
۷	۱۲۰۹	۰/۰۳۸	۱/۷۶	۲/۳
۸	۱۱۵۷	۰/۰۴۱	۱/۹۴	۲/۴
۹	۱۲۸۸	۰/۱۱۷	۲/۱۲	۷
۱۰	۲۱۹۱	۰/۱۱۰	۳/۱۹	۶/۶
۱۱	۱۷۹۱	۰/۱۳۸	۲/۶۸	۸/۳
۱۲	۱۲۷۲	۰/۱۸۴	۱/۸۸	۱۱/۰۴
۱۳	۱۰۸۵	۰/۰۹۳	۱/۶۰	۵/۶
۱۴	۹۶۸	۰/۱۰۵	۱/۴۹	۶/۳
۱۵	۵۵۰	۰/۰۶۸	۰/۹۴	۴/۱
No شماره زیر حوضه، Bh برجستگی، Rr نسبت برجستگی، Rn عدد سختی یا زبری، G نسبت شیب				

پس از محاسبه مقادیر هر یک از پارامترها و تهیه لایه‌های اطلاعاتی آن‌ها، به‌منظور وزن دهی پارامترها از مدل SWARA استفاده شد. جهت وزن دهی پارامترها از نتایج سایر محققین استفاده شده و وزن دهی پارامترها بر اساس تأثیر هر کدام از آن‌ها در سیل‌خیزی زیرحوضه‌ها انجام شد. همان‌طور که در بخش روش تحقیق گفته شد در این مدل پارامترها به ترتیب نزولی مرتب شده و به پارامتری که بیشترین تأثیر را دارد رتبه یک داده می‌شود. سایر پارامترها نیز نسبت به اهمیتشان در حساسیت سیل‌خیزی در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند. نتایج وزن دهی پارامترهای مورد استفاده برای ۱۵ زیر حوضه مورد مطالعه در جداول ۵ تا ۷ آورده شده است.

جدول ۵- وزن نسبی پارامترهای خطی زیر حوضه‌های ۱۵ گانه الوندچای

No	So	Nu	Lu	Fs	Rb	Lof	Dd	Dt	Rt	If	C	p
۱	۰/۱۵۳	۰/۱۲۹	۰/۱۳۷	۰/۱۲۴	۰/۳۲۸	۰/۳۰۶	۰/۴۱۶	۰/۲۳۲	۰/۲۶۰	۰/۱۶۳	۰/۲۶۸	۰/۰۰۲
۲	۰/۰۴۶	۰/۰۱۲	۰/۰۰۶	۰/۰۷۳	۰/۰۳۹	۰/۱۷۹	۰/۱۱۲	۰/۰۶۹	۰/۱۴۰	۰/۰۹۱	۰/۱۴۱	۰/۰۲۲
۳	۰/۰۸۱	۰/۲۴۰	۰/۲۵۳	۰/۲۳۶	۰/۰۰۹	۰/۲۰۳	۰/۲۱۳	۰/۴۴۱	۰/۴۲۹	۰/۳۱۱	۰/۲۶۸	۰/۱۱۷
۴	۰/۰۴۶	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۲	۰/۴۶۱	۰/۰۳۹	۰/۱۱۹	۰/۱۱۲	۰/۰۲۲	۰/۰۰۳	۰/۳۱۱	۰/۱۴۱	۰/۰۲۲
۵	۰/۰۲۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۳۹	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۷	۰/۰۲۲
۶	۰/۰۱۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۴	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۶۵
۷	۰/۱۵۳	۰/۴۰۶	۰/۴۰۰	۰/۰۰۴	۰/۰۷۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۱۲۹	۰/۰۷۴	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲	۰/۰۱۳
۸	۰/۱۵۳	۰/۰۷۶	۰/۰۸۰	۰/۰۴۵	۰/۱۹۰	۰/۰۴۶	۰/۰۳۳	۰/۰۰۶	۰/۰۱۳	۰/۰۳۱	۰/۰۴۱	۰/۰۰۴

No	So	Nu	Lu	Fs	Rb	Lof	Dd	Dt	Rt	If	C	p
۹	۰/۰۴۶	۰/۰۴۳	۰/۰۷۴	۰/۰۱۴	۰/۰۵۳	۰/۰۲۷	۰/۰۱۹	۰/۰۱۱	۰/۰۰۷	۰/۰۱۷	۰/۰۲۲	۰/۰۲۲
۱۰	۰/۰۴۶	۰/۰۰۶	۰/۰۲۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۲۱۲
۱۱	۰/۰۴۶	۰/۰۷۶	۰/۰۱۲	۰/۰۲۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۹	۰/۰۰۶	۰/۰۳۹	۰/۰۴۳	۰/۰۰۹	۰/۰۰۸	۰/۰۳۹۲
۱۲	۰/۰۴۶	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۷	۰/۰۳۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴	۰/۰۲۲
۱۳	۰/۰۴۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۹	۰/۰۱۵	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۷
۱۴	۰/۰۴۶	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۶	۰/۰۲۸	۰/۰۱۵	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۳۷
۱۵	۰/۰۴۶	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۸	۰/۰۷۴	۰/۰۶۲	۰/۰۳۹	۰/۰۲۲	۰/۰۵۲	۰/۰۷۸	۰/۰۳۷

No شماره زیر حوضه، So رتبه آبراهه، Nu تعداد آبراهه، Lu طول آبراهه، Fs تناوب آبراهه، Rb نسبت انشعاب، Lof طول جریان در روی زمین، Dd

تراکم هکشی، Dt یافت زهکشی، Rt نسبت یافت، If شماره نفوذ، C ثابت نگه داشت کانال، p ضریب رو

جدول ۶- وزن نسبی پارامترهای برجستگی زیرحوضه های ۱۵ گانه الندیچای

No	Bh	Rr	Rn	G	No	Bh	Rr	Rn	G
۱	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۳	۰/۰۲۶	۰/۰۰۰۵	۹	۰/۰۲۳	۰/۰۲۱	۰/۰۰۲	۰/۰۲۳
۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۲۶	۰/۰۰۲	۱۰	۰/۳۷۵	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۲
۳	۰/۰۴۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۱۱	۰/۳۵۴	۰/۱۷۵	۰/۰۰۰۴	۰/۱۷۶
۴	۰/۰۷۴	۰/۰۲۰۸	۰/۰۰۰۷	۰/۱۸۴	۱۲	۰/۰۱۲	۰/۲۶۳	۰/۰۱۴	۰/۱۹۲
۵	۰/۱۰۳	۰/۲۶۴	۰/۰۰۴	۰/۳۴۸	۱۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۰۷۲	۰/۰۰۳
۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۴۱	۰/۲۴۱	۰/۰۴۵	۱۴	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۵	۰/۱۳۴	۰/۰۰۶
۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۴	۰/۰۰۰۲	۱۵	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۴۲۲	۰/۰۰۰۸
۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۰۳					

No شماره زیر حوضه، Bh برجستگی، Rr نسبت برجستگی، Rn عدد سختی یا زبری، G نسبت شیب

جدول ۷- وزن نسبی پارامترهای شکلی زیرحوضه های ۱۵ گانه الندیچای

No	A	Cc	Rc	Er	Ff	Sw
۱	۰/۱۴۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
۲	۰/۰۰۲	۰/۴۷۵	۰/۴۴۷	۰/۰۱۰	۰/۰۱۲	۰/۰۱۳
۳	۰/۲۶۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۵	۰/۰۰۶	۰/۰۰۳
۴	۰/۰۰۰۱	۰/۱۲۸	۰/۱۳۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲
۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۳	۰/۲۳۵	۰/۲۳۴	۰/۱۵۲
۶	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷
۷	۰/۴۲۶	۰/۰۰۰۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۲
۸	۰/۰۷۳	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۰۲

No	A	Cc	Rc	Er	Ff	Sw
۹	۰/۰۲۱	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۲۲۹	۰/۲۲۸	۰/۱۹۱
۱۰	۰/۰۴۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۰۴
۱۱	۰/۰۱۱	۰/۰۲۰	۰/۰۲۱	۰/۰۱۹	۰/۰۲۱	۰/۰۶۳
۱۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۰	۰/۰۱۱	۰/۲۸۷	۰/۳۰۴	۰/۳۰۰
۱۳	۰/۰۰۰۶	۰/۰۶۷	۰/۰۷۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۷
۱۴	۰/۰۰۶	۰/۰۳۵	۰/۰۳۸	۰/۰۹۸	۰/۰۸۷	۰/۱۲۲
۱۵	۰/۰۰۱	۰/۲۵۰	۰/۲۵۵	۰/۰۹۵	۰/۰۸۵	۰/۱۲۰

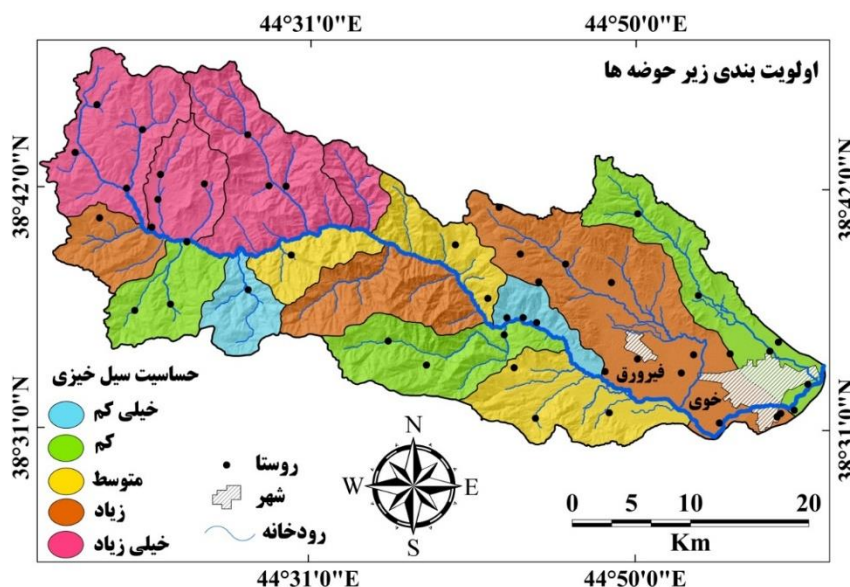
No شماره زیر حوضه، A مساحت، Cc ضریب فشردگی، Rc نسبت ملور بودن، Er نسبت کشیدگی، Ff

ضریب شکل، Sw شاخص شکل

پس از تعیین وزن نسبی هر یک از پارامترها برای ۱۵ زیر حوضه، اقدام به تعیین وزن نهایی هر زیر حوضه از مجموع ۲۲ پارامتر مورد بررسی شده و زیر حوضه‌ها از نظر وزن نهایی به ترتیب اولویت‌بندی شدند. وزن نهایی پارامترها برای ۱۵ زیر حوضه مورد مطالعه در جدول ۸ آورده شده است. نتایج نهایی وزن دهی پارامترها نشان می‌دهد که زیر حوضه‌های ۳، ۱، ۴ و ۲ طبق ۲۲ پارامتر هیدروژئومورفیک مورد بررسی، به ترتیب بیشترین وزن را داشته و از حساسیت سیل‌خیزی خیلی زیادی برخوردار هستند. در مقابل دو زیر حوضه ۱۳ و ۶ کم‌ترین حساسیت را از نظر سیل‌خیزی نشان می‌دهند. شکل ۵ نقشه اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها از نظر حساسیت سیل‌خیزی را نشان می‌دهد.

جدول ۸- وزن نهایی پارامترها و اولویت‌بندی زیر حوضه‌ها از نظر سیل‌خیزی

زیر حوضه	۳	۱	۴	۲	۷	۱۵	۱۱	۱۲	۵	۹	۸	۱۰	۱۴	۶	۱۳
وزن نهایی ۲۲ پارامتر برای هر زیر حوضه	۰/۰۳۰	۰/۰۲۰	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵	۰/۰۰۵
اولویت‌بندی	۵	۵	۵	۵	۴	۴	۴	۳	۳	۳	۲	۲	۲	۱	۱
سیل‌خیزی	خیلی زیاد			زیاد			متوسط			کم			خیلی کم		



شکل ۵- نقشه اولویت بندی زیر حوضه ها از نظر حساسیت سیل خیزی

۵- نتیجه گیری

در تحقیق حاضر تلاش شد تا نقش شاخص های هیدروژئومورفیک در حساسیت سیل خیزی زیر حوضه های حوضه آبریز الندیچای مورد بررسی قرار گیرد. جهت بررسی زیر حوضه ها از ۲۲ پارامتر هیدروژئومورفیک از سه جنبه خصوصیات شبکه زهکشی، پارامترهای شکلی حوضه و خصوصیات برجستگی حوضه آبریز استفاده شد. نتایج وزن دهی پارامترها برای زیر حوضه های مورد مطالعه نشان داد که زیر حوضه های ۳، ۱، ۴ و ۲ به ترتیب با وزن ۰/۱۴۲، ۰/۱۲۲، ۰/۰۹۱ و ۰/۰۸۷ بیشترین وزن را داشته اند. این زیر حوضه ها از نظر اولویت بندی حساسیت سیل خیزی در طبقه خیلی زیاد قرار گرفته اند. زیر حوضه های ۷، ۱۵ و ۱۱ نیز به ترتیب وزن شان در طبقه زیاد از نظر حساسیت سیل خیزی قرار دارند. همچنین زیر حوضه های ۱۲، ۵ و ۹ در طبقه متوسط، زیر حوضه های ۸، ۱۰ و ۱۴ در طبقه کم و زیر حوضه های ۶ و ۱۳ نیز با توجه به وزن نهایی شان از نظر اولویت بندی در طبقه خیلی کم قرار دارند. مجموع مساحت زیر حوضه هایی که در طبقات زیاد و خیلی زیاد از نظر سیل خیزی قرار دارند ۶۵۶/۷۲ کیلومترمربع هست که ۵۷/۲۴ درصد از کل مساحت حوضه آبریز الندیچای را شامل می شود. لذا با توجه به نتایج تحقیق به منظور کنترل و مدیریت هر چه بهتر سیلاب در سطح حوضه آبریز الندیچای، ضرورت دارد که اقدامات پیشگیری از جمله برنامه های آبخیزداری مناسب در زیر حوضه هایی که از حساسیت بالایی نسبت به سیل خیزی برخوردارند هستند، صورت گیرد. بررسی نتایج تحقیق حاضر با نتایج پژوهشگرانی همچون پرساد و پانی (۲۰۱۷) در حوضه آبریز رودخانه یوهی واقع در کشور هند، محمود و رحمان (۲۰۱۹) در حوضه آبریز پنجکورا واقع در کشور پاکستان و محمود و رحمان (۲۰۱۹) در حوضه آبریز یوشایری واقع در شرق هندوکش مطابقت دارد. پژوهشگران نام

برده استفاده از خصوصیات ژئومورفومتریک حوضه آبریز و رتبه‌بندی آن‌ها را بر اساس اهمیت‌شان در سیل‌خیزی، روش مناسبی جهت تهیه نقشه حساسیت سیل‌خیزی پیشنهاد کرده بودند که نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نیز بیانگر تأیید نتایج محققین مذکور می‌باشد. همچنین در این تحقیق از مدل SWARA به منظور وزن دهی پارامترها و رتبه‌بندی زیر حوضه‌ها استفاده شد که از این مدل در زمینه بررسی مخاطرات محیطی و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی در داخل کشور استفاده نشده است. بنابراین می‌توان گفت که مقاله حاضر به دلیل استفاده از روش جدید و پارامترهای هیدروژئومورفیک از نوآوری برخوردار بوده است.

کتابنامه

بدری، بهرام؛ زارع بیدکی، رفعت؛ هنربخش، افشین؛ آتشخوار، فاطمه؛ ۱۳۹۵. اولویت‌بندی زیر حوضه‌های آبخیز بهشت‌آباد از نظر پتانسیل سیل‌خیزی. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. دوره ۴۸. شماره ۱. ص ۱۵۸-۱۴۳.

رضایی مقدم، محمدحسین؛ یاسی، مهدی؛ نیکجو، محمدرضا؛ رحیمی، مسعود؛ ۱۳۹۷. پهنه‌بندی و تحلیل مورفولوژیکی سیلاب‌های رودخانه قره‌سو با استفاده از مدل هیدرودینامیکی HEC-RAS (از روستای پیرازمیان تا تلاقی رودخانه اهر چای). جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۲۵. ص ۱۵-۱.

عرب عامری، علیرضا؛ پورقاسمی، حمیدرضا؛ شیرانی، کورش؛ ۱۳۹۶. پهنه‌بندی حساسیت سیل‌گیری با استفاده از روش ترکیبی نوین تئوری بیزین - فرایند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز نکا - استان مازندران). اکوهیدرولوژی. دوره ۴. شماره ۲. ص ۶۲-۴۷.

- Abuzied, S., Yuan, M., Ibrahim, S., Kaiser, M., Saleem, T., 2016. Geospatial risk assessment of flash floods in Nuweiba area, Egypt, *Journal of Arid Environments* 133: 54-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.06.004>.
- Ahmadisharaf, E., Tajrishy, M., Alamdari, N., 2016. Integrating flood hazard into site selection of detention basins using spatial multi-criteria decision-making, *Journal of Environmental Planning and Management* 59: 1397-1417. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1077104>.
- Bisht, S., Chaudhry, S., Sharma, S., Soni, S., 2018. Assessment of flash flood vulnerability zonation through Geospatial technique in high altitude Himalayan watershed, Himachal Pradesh India, *Remote Sensing Applications: Society and Environmen* 12: 35-47. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.09.001>.
- Borga, M., Gaume, E., Creutin, J.D., Marchi, L., 2008. Surveying flash floods: gauging the ungauged extremes. *Hydrological Processes* 22: 3883-3885. <https://doi.org/10.1002/hyp.7111>.
- Chandrashekara, H., Lokesh, K.V., Sameena, M., Roopa, J., Ranganna, G., 2015. GIS -Based Morphometric Analysis of Two Reservoir Catchments of Arkavati River, Ramanagaram District, Karnataka, *INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER RESOURCES, COASTAL AND OCEAN ENGINEERING (ICWRCOE 2015)*, doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.175.

- Christopher, O., Idowu, A., Olugbenga, A., 2010. Hydrological analysis of Onitsha North East drainage Basin using Geoinformatic techniques, *World Appl. Sci. J* 11 (10): 1297–1302.
- Cloke, H.L., Pappenberger, F., 2009. Ensemble flood forecasting: a review, *Journal of Hydrology* 375(3): 613–626. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.06.005>.
- Das, S., 2019. Geospatial mapping of flood susceptibility and hydro-geomorphic response to the floods in Ulhas basin, India, *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 14: 60–74. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.02.006>.
- Degiorgis, M., Gnecco, G., Gorni, S., Roth, G., Sanguineti, M., Celeste Taramasso, A., 2012. Classifiers for the detection of flood prone areas using remote sensed elevation data, *Journal of Hydrology* 470–471: 302–315. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.09.006>.
- Faniran, A., 1968. The index of drainage intensity – a provisional new drainage factor, *Australian Journal of Science* 31: 328–330.
- Furl, C., Sharif, H., Zeitler, J.W., El Hassan, A., Joseph, J., 2018. Hydrometeorology of the catastrophic Blanco River flood in South Texas, May 2015, *Journal of Hydrology: Regional Studies* 15: 90–104. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.12.001>.
- Horton, R. E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology, *Bulletin of the Geological Society of America* 56(3): 275–370.
- Kale, V.S., Gupta, A., 2001. *Introduction to Geomorphology*. Academic (India). Publishers New Delhi.
- Kendall, M. G., 1970. *Rank correlation methods*, 4th edn. Griffin, London
- Keršulienė, V., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., 2010. Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA), *Journal of Business Economics and Management* 11(2): 243–258. <https://doi.org/10.3846/jbem.2010.12>.
- Kourgialas, N.N., Karatzas, G.P., 2011. Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas—a case study, *Hydrological Sciences Journal* 56(2): 212–225. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.555836>.
- Kumar Rai, P., Narayan Mishra, V., Mohan, K., 2017. A study of morphometric evaluation of the Son basin, India using geospatial approach, *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 7: 9–20. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rsase.2017.05.001>.
- Mahmood, Sh., Rahman, A., 2019. Flash flood susceptibility modeling using geomorphometric and hydrological approaches in Panjkora Basin, Eastern Hindu Kush, Pakistan, *Environmental Earth Sciences* 78(43): 1–16. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-8041-y>.
- Mahmood, Sh., Rahman, A., 2019. Flash flood susceptibility modelling using geomorphometric approach in the Ushairy Basin, eastern Hindu Kush, *J. Earth Syst. Sci* 128(97): 1–14. <https://doi.org/10.1007/s12040-019-1111-z>.
- Mesa, L.M., 2006. Morphometric analysis of a subtropical Andean basin (Tucuman, Argentina), *Environ. Geol* 50 (8): 1235–1242.
- Miller, V.C., 1953. *A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee*, Technical Report (3), Dept. of Geol. New York: Columbia University: 389–402.
- Nookaratnam, K., Srivastava, Y.K., Venkateswarao, V., Amminedu, E., Murthy, K.S.R., 2005. Check dam positioning by prioritization of micro-watersheds using SYI model and morphometric analysis - remote sensing and GIS perspective, *Jour. Indian Soc. Remote Sens* 33 (1): 25–38.

- Ozdemir, H., Bird, D., 2009. Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods, *Environmental Geology* 56(7): 1405–1415. <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1235-y>.
- Prasad, R. N., Pani, P., 2017. Geo-hydrological analysis and sub watershed prioritization for flash flood risk using weighted sum model and Snyder's synthetic unit hydrograph, *Modeling Earth Systems and Environment* 3(4): 1491–1502. <https://doi.org/10.1007/s40808-017-0354-4>.
- Ramani Sujatha, E., Selvakumar, R., Rajasimman, U.A.B., Victor, R.G., 2015. Morphometric analysis of sub-watershed in parts of Western Ghats, South India using ASTER DEM, *Geomatics, Natural Hazards and Risk* 6: 326-341. <http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2013.845114>.
- Reddy, O.G.P., Maji, A.K., Gajbhiye, S.K., 2004. Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India—a remote sensing and GIS approach, *Int J Appl Earth Observation Geoinf* 6(1): 1–16.
- Schanze, J., Zeman, E., Marsalek, J., 2006. Flood risk management: hazards, vulnerability and mitigation measures. Springer, Dordrecht, <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-4598-1>.
- Schumm, S. A., 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey, *Geological Society of America Bulletin* 67(5): 597–646. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2).
- Shulits, S., 1968. Quantitative formulation of stream and watershed morphology, *Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology* 3: 201–207.
- Singh, N., Singh, K. K., 2017. Geomorphological analysis and prioritization of sub- watersheds using Snyder's synthetic unit hydrograph method, *Applied Water Science* 7(1): 275–283. <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0243-1>.
- Singh, S., Singh, M.C., 1997. Morphometric analysis of Kanhar river basin, *Natl. Geogr. J. India* 43(1): 31–43.
- Smith, K.G., 1950. Standards for grading texture of erosional topography, *Am. J. Sci* 248: 655–668.
- Strahler, A.N., 1964. Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks, *Handbook of applied hydrology*.
- Taha, M. M. N., Elbarbary, S. M., Naguib, D. M., El-Shamy, I. Z., 2017. Flash flood hazard zonation based on basin morphometry using remote sensing and GIS techniques: A case study of Wadi Qena basin, Eastern Desert, Egypt, *Remote Sensing Applications: Society and Environment* 8: 157–167. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.08.007>.
- Tang, Z., Zhang, H., Yi, Sh., Xiao, Y., 2018. Assessment of flood susceptible areas using spatially explicit, probabilistic multi-criteria decision analysis, *Journal of Hydrology* 558: 144-158. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.01.033>.
- Van Tu, T., Duc, D.M., Tung, N.M., 2016. Preliminary assessments of debris flow hazard in relation to geological environment changes in mountainous regions, North Vietnam. *Vietnam Journal of Earth Sciences* 38 (3): 277–286.
- Yousefi, S., Mirzaee, S., Keesstra, S., Surian, N., Pourghasemi, H.R., Zakizadeh, H.R., Tabibian, S., 2018. Effects of an extreme flood on river morphology (case study: Karoon River, Iran), *Geomorphology* 304: 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.12.034>.
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Ustinovichius, L., Shevchenko, G., 2010. Attributes weights determining peculiarities in multiple attribute decision making methods, *Economics of Engineering Decisions* 21(1): 32–43.

Zavadskas, E. K., Vilutiene, T., 2006. A multiple criteria evaluation of multi-family apartment block's maintenance contractors: I-model for maintenance contractor evaluation and the determination of its selection criteria, Building and Environment 41(5): 621–632.

شناسایی و تحلیل پیشران‌های کلیدی مؤثر در ارتقاء تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی (مطالعه موردی: سکونتگاه‌های روستایی شهرستان فریمان)

فهیمه جعفری - دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

حمید شایان^۱ - استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

هما باتقوی سرابی - کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۵/۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۲/۲۲

چکیده

سکونتگاه‌های روستایی به دلیل نارسایی زیرساخت‌های ضروری، آسیب‌پذیری بالایی در برابر مخاطرات محیطی دارند. براین اساس با وقوع مخاطرات محیطی خسارت‌های جبران‌ناپذیری بر این سکونتگاه‌ها وارد می‌شود؛ لذا جهت کاهش خسارت‌های ناشی از مخاطرات، افزایش سطح تاب‌آوری در برابر مخاطرات بسیار ضروری است. پژوهش حاضر به دنبال شناسایی پیشران‌های کلیدی جهت افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی شهرستان فریمان در برابر مخاطرات است. روش پژوهش براساس روش جدید علم آینده‌پژوهی تحلیلی- ساختاری با به‌کارگیری ترکیبی از مدل‌های کمی و کیفی است. با استفاده از روش‌های دلفی و تحلیل اثرات متقابل به وسیله نرم‌افزار MICMAC عوامل کلیدی مؤثر در افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات شناسایی و تحلیل شده‌اند. جامعه آماری پژوهش ۵۰ نفر که شامل ۲۹ نفر از دهیاران و اعضای شوراهای اسلامی روستاهای مورد مطالعه و ۲۱ نفر دیگر نیز شامل افراد متخصص در حوزه مورد بررسی می‌باشند. براساس نتایج به‌دست‌آمده ۱۶ عامل بالا بردن همکاری و همگرایی مردم در زمان مخاطره، مسئولیت‌پذیری سازمان‌های دولتی و نهادهای محلی، مشارکت میان جوامع، بخش خصوصی و مقام‌های محلی، اتخاذ تدابیر لازم برای حفظ روستا از خطر مخاطرات توسط مدیریت محلی، بناهای مستحکم جهت استفاده در زمان خطر، اعطای اعتبارات و وام به آسیب‌دیدگان، هماهنگی میان نهادهای مختلف و رسیدگی به‌موقع جهت کمک‌رسانی، افزایش درآمدهای غیرکشاورزی روستاییان، استفاده از GIS در مدیریت مخاطرات طبیعی توسط سازمان‌های ذی‌ربط، آگاه‌سازی مردم از راه‌های مقابله با وقوع حوادث،

مقاوم‌سازی واحدهای مسکونی با مشاوره معماران محلی و مهندسين، استفاده از ابزارهای اطلاعاتی از سوی نهادهای ذی‌ربط، دسترسی به سازمان‌ها برای مدیریت بعد از وقوع حوادث، آموزش مردم جهت ساخت-وسازهای مقاوم، ایجاد پوشش بیمه‌ای در جنبه‌های مختلف، آموزش و اجرای مانور توسط دستگاه‌های دولتی مهم‌ترین عوامل کلیدی مؤثر در افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی شهرستان فریمان محسوب می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: مدیریت مخاطرات محیطی، تاب‌آوری، سکونتگاه‌های روستایی، آگاه‌سازی و مشارکت، مقاوم‌سازی.

۱- مقدمه

در طول تاریخ، سکونتگاه‌های روستایی و شهری همواره در محیط‌های طبیعی مخاطره‌آمیز مانند بستر طغیانی رودها، دره‌ها و زمین‌های پست مساعد سیلاب، زمین‌های در معرض خاکستر آتشفشانی و گدازه‌ها، مناطق زلزله‌خیز و نظایر آن به وجود آمده‌اند (عزیزپور، ۱۳۸۳) در این میان اثرات ناشی از مخاطرات به‌طور مستقیم با سکونتگاه‌های بدون برنامه‌ریزی ارتباط دارد که همراه با مواردی نظیر مکان‌یابی نادرست سکونتگاه‌ها، استقرار سکونتگاه‌ها در حوالی حریم گسل و سیلاب در موقع بروز حادثه طبیعی منجر به بروز تلفات جانی و خسارت مالی گسترده خواهد شد. براین اساس سکونتگاه‌های روستایی به دلیل نارسایی زیرساخت‌های ضروری، از سطح آسیب‌پذیری بالایی نسبت به سکونتگاه‌های شهری در برابر مخاطرات برخوردارند (یانگ^۱، ۲۰۰۷؛ بلایکی^۲ و همکاران، ۲۰۰۵) بطوری‌که طبق گزارش جهانی مخاطرات، روزانه به‌طور متوسط ۱۳۰۰ نفر بر اثر مخاطرات طبیعی کشته می‌شوند که ۹۸ درصد آن مربوط به کشورهای در حال توسعه و به ویژه در مناطق روستایی است (کراس^۳، ۲۰۰۱). براین اساس اگرچه امروزه برخی اقدامات پیشگیرانه برای کاهش خسارت‌های ناشی از مخاطرات صورت گرفته است، اما با توجه به اینکه حوادث آینده قابل پیشگیری نیستند و به صورت غیرمنتظره به وقوع می‌پیوندند، بنابراین افزایش ظرفیت مقاومت سیستم در برابر حوادث و بازسازی آن‌ها، امری بسیار مهم است (زهو^۴، ۲۰۱۰). در این چارچوب امروزه تغییرات چشمگیری در نگرش به مخاطرات دیده می‌شود؛ به‌طوری‌که دیدگاه غالب از تمرکز صرف بر کاهش "آسیب‌پذیری" به سوی افزایش "تاب‌آوری" در برابر سوانح تغییر پیدا کرده است (کاتر^۵ و همکاران، ۲۰۰۸). در واقع تاب‌آوری به منزله ارتقای توانایی جامعه، برنامه‌ریزی و آمادگی برای جذب و بهبود و موفقیت بیشتر برای مقابله با اثرات ناخواسته بعد از سوانح و ترمیم است و سبب بهبود جامعه سانحه دیده از لحاظ اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی و کالبدی

1 young

2 Blaiki et al

3 Cross

4 Zhou

5 Cutter et al

می شود (مانینا^۱، ۲۰۱۱). تاب آوری در برابر آسیب پذیری بیشتر بر جنبه های مثبت تأکید دارد و امروزه دولت ها و جوامع می کوشند با ارتقای تاب آوری در برابر بحران ها، شرایط را برای بهبود زندگی در مناطق دارای خطر افزایش دهند (گیلارد^۲، ۲۰۰۷). در واقع، تاب آوری در برابر بلایای طبیعی نشان دهنده یک مسئله کلیدی برای جامعه معاصر است (بوزا^۳، ۲۰۱۵) و یکی از مهم ترین عوامل تحقق پایداری است که ورود آن به مباحث سوانح از سال ۲۰۰۵ میلادی در همایش هیوگو مطرح شد و به تدریج در هر دو زمینه نظری و عملی کاهش خطرهای سوانح جایگاه بیشتری را به خود اختصاص داد. در سال های اخیر، مفاهیمی نظیر جوامع تاب آور و معیشت تاب آور به صورت معمول در مطالعات علمی به کار گرفته می شود (مانینا، ۲۰۰۶).

بنابراین همان گونه که عنوان شد، آسیب پذیری سکونتگاه های روستایی در برابر مخاطرات محیطی، توجه به تاب آوری در سطح محلی (روستا) را ضروری می سازد. در این چارچوب هیجمن^۴ و همکاران در سال ۲۰۰۷ با توسعه مفهوم تاب آوری روستایی در برابر بحران از جمله پیشگامان توسعه این مفهوم بوده است. وی تاب آوری روستایی را مشتمل بر سه وجه تاب آوری اقتصادی، تاب آوری اکولوژیکی و تاب آوری اجتماعی و فرهنگی دانسته است (کاظمی و عندلیب، ۱۳۹۶) تاب آوری روستایی نیز به ظرفیت یک منطقه روستایی برای سازگاری با تغییر شرایط خارجی (آسیب پذیری اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی) به گونه ای که سطح رضایت بخش زندگی حفظ شود، گفته می شود (اسکاتن^۵ و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین برخی نشان داده اند تاب آوری در راستای عرصه های اصلی توسعه روستایی دارای ابعاد اقتصادی، اجتماعی، محیطی و کالبدی است. در نظام روستایی، کالبد روستاها به عنوان بستر ساز فعالیت های اقتصادی و اجتماعی روستایی با توجه به اثرگذاری آن بر عملکرد سایر عرصه های روستایی، به عنوان تعیین کننده قدرت تاب آوری نظام روستایی، دارای اهمیت بسیار زیادی است (سعیدی، ۱۳۸۳).

در واقع تاب آوری به دلیل پویا بودن واکنش جامعه در برابر مخاطرات، نوعی آینده نگری است و به گسترش گزینش های سیاستی برای رویارویی با عدم قطعیت و تغییر هم کمک می کند (رفیعیان و همکاران، ۱۳۹۰). امروزه آینده نگاری به طور گسترده ای در بسیاری از علوم و برنامه ریزی ها و سیاست گذاری ها به کار گرفته می شود. این واژه طیف وسیعی از رویکردهایی است که بهبود فرایند تصمیم گیری را تسهیل می کند، رویکردهایی که تفکر درباره آینده بلندمدت را به همراه دارند (علی اکبری و همکاران، ۱۳۹۷). براین اساس ضروری است تا به مقوله تاب آوری نیز با رویکرد آینده پژوهی توجه شود.

1 Manyena

2 Gaillard

3 Bozza

4 Heijman et al

5 Schouten et al

رویکرد آینده‌پژوهی از اوایل دهه ۷۰ میلادی به منزله ابزار سیاست‌گذاری به‌طور رسمی در چندین کشور محدود به ویژه در ژاپن به کار گرفته شد؛ ولی از اوایل دهه ۹۰ میلادی به‌طور گسترده با همکاری نهادهای بین‌المللی برای توانمندسازی کشورها مورد استفاده قرار گرفت تا جایی که امروزه از آن به مثابه رویکرد غالب برنامه‌ریزی‌ها در بیشتر کشورهای توسعه یافته، یاد می‌شود (زالی و همکاران، ۱۳۹۵). آینده‌نگاری، فرایند تلاش نظام‌مند برای نگاه به آینده بلندمدت علم، فنون، محیط‌زیست، اقتصاد و اجتماع می‌باشد که با هدف شناسایی فنون عام نوظهور و تقویت حوزه‌های تحقیقات راهبردی صورت می‌گیرد که احتمالاً بیشترین منافع اقتصادی و اجتماعی را به همراه دارد (زالی و عطریان، ۱۳۹۵).

آینده‌نگاری و نتایج آن به عنوان عناصر ورودی برای تدوین راهبرد و سیاست‌گذاری بوده و سعی دارد به برنامه‌ریزی راهبردی و برنامه‌های اجرایی جهت‌دهی کرده و آینده‌های محتمل را معرفی و تحلیل نماید. آینده‌نگاری همچنین به تحلیل و شناسایی اثرات اقتصادی و اجتماعی تصمیمات و اهداف می‌پردازد و شناسایی عناصر کلیدی تأثیرگذار بر آینده را در کانون توجه خود قرار می‌دهد. این نوع برنامه‌ریزی بر خلاف برنامه‌ریزی‌های متداول، بیشتر به مسائل راهبردی می‌پردازد و نه مسائل اجرایی آن (خیرگو و شکری، ۱۳۹۰). درواقع آینده‌نگاری برآمده از نیاز «آمادگی برای آینده؛ یعنی به کار بردن منابع به بهترین وجه ممکن برای دستیابی به مزیت رقابتی»، «بهبود کیفیت زندگی» و «توسعه پایدار» (بنیاد توسعه فردا^۱، ۲۰۰۵) است.

براین اساس در مقیاس جهانی در شرایطی که ریسک‌ها و عدم قطعیت‌های آن، از روندی صعودی و فزاینده برخوردارند، نیاز به راهبردهای برنامه‌ریزی و مدیریت کارآمد سوانح طبیعی امری حیاتی بوده تا جوامع بشری بتوانند از آسیب‌پذیری در سطوح مختلف به ویژه سطح محلی بکاهند (میشل^۲ و هاریس^۳، ۲۰۱۲). بر این اساس یکی از رویکردهایی که امروزه نقش بسیار تأثیرگذار در مدیریت مخاطرات، برنامه‌ریزی‌ها و افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی دارد، رویکرد آینده‌نگاری است؛ که با تأکید بر شناسایی عوامل اصلی و کلیدی و پیشران‌های توسعه می‌توان عدم قطعیت‌ها را در فرایند برنامه‌ریزی در نظر گرفت و با داشتن اهرم کنترل و مدیریت آینده، به ساخت آینده‌ای مطلوب پرداخت (ملک‌زاده و همکاران، ۱۳۹۵) در نتیجه برای شناخت کافی از مسائل و عوامل مؤثر بر افزایش تاب‌آوری روستاها در برابر مخاطرات محیطی، نه تنها آگاهی و شناخت از وضع موجود بسیار ضروری است، بلکه بایستی از رویکردهای مدیریتی آینده‌پژوهی و شناسایی و طراحی پیشران‌های کلیدی بهره گرفت.

شهرستان فریمان از جمله شهرستان‌های استان خراسان رضوی می‌باشد که سکونتگاه‌های روستایی این شهرستان در سال‌های اخیر بخصوص در سال‌های ۱۳۹۶ و ۱۳۹۸ شاهد وقوع مخاطرات محیطی بسیاری چون سیل و زلزله با

1 Foundation of Development Tomorrow

2 Mitchell

3 Harris

خسارت‌های جانی و مالی قابل ملاحظه‌ای بوده است. به‌طوری‌که بر اثر سیلاب سال ۱۳۹۸ خسارت‌های بسیاری به حوزه‌های دامپروری، کشاورزی وارد آمد و جاده‌ها، شبکه خطوط زیرساختی و منازل مسکونی بسیاری تخریب شدند. همچنین زلزله ۶/۱ ریشتری سال ۱۳۹۶ در دهستان سفید سنگ خساراتی به ۲۰ روستا وارد کرد؛ بنابراین با توجه به آسیب‌پذیری بالای منطقه در برابر مخاطرات محیطی ضرورت برنامه‌ریزی جهت مدیریت بحران و افزایش سطح تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی منطقه مورد مطالعه را ضروری ساخته است. لذا افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی می‌تواند گامی مؤثر برای افزایش سلامت جسمی و روحی انسان و حفاظت محیط، افزایش سطح توسعه و در نهایت بهبود شرایط زندگی روستاییان باشد و یکی از موضوعات مهمی که می‌تواند در این مسیر مؤثر باشد، آینده‌نگری و شناسایی پیشران‌های کلیدی مؤثر بر افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی است؛ لذا در این پژوهش سعی شده است پیشران‌ها یا عوامل کلیدی مؤثر در این زمینه از میان عوامل اولیه مؤثر با دقت انتخاب شود؛ بنابراین با توجه به هدف پژوهش، این تحقیق به دنبال پاسخگویی به این سؤال اساسی است که عوامل کلیدی مؤثر بر ارتقاء تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات طبیعی کدام‌اند؟ و به چه میزان و چگونه بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند؟

در خصوص پیشینه و سوابق موضوعی تحقیق باید گفت هر چند در رابطه با تاب‌آوری مطالعات ارزشمندی انجام گرفته است، اما تاکنون مطالعه منسجم و جامعی به شناسایی عوامل مؤثر بر ارتقاء تاب‌آوری بخصوص در حوزه روستایی نپرداخته است. همچنین پژوهش‌های کنونی با دو رویکرد کاهش آسیب‌پذیری و تاب‌آوری انجام گرفته است و تحقیقات مربوط به سکونتگاه‌های روستایی بسیار محدود می‌باشد و بخش عمده این تحقیقات در حوزه‌های شهری و با نگاه مدیریت بحران و برنامه‌ریزی شهری صورت گرفته‌اند و برخی تحقیقات در حوزه روستایی فقط به سنجش یک بعد از ابعاد تاب‌آوری جوامع روستایی (بعد کالبدی) (میزراعی و همکاران، ۱۳۹۷، ویسی و شاکری، ۱۳۹۶)، بعد محیطی (برقی و همکاران، ۱۳۹۶)، و یا بعد اجتماعی و اقتصادی (غلامی، ۱۳۹۵؛ نودهی، ۱۳۹۶؛ حسونند، ۱۳۹۶) و برخی به تحلیل فضایی میزان تاب‌آوری در برابر مخاطرات محیطی پرداخته‌اند (شکری فیروزجاه، ۱۳۹۶، بذرافشان و همکاران، ۱۳۹۷، بدری و همکاران، ۱۳۹۸). در ادامه برخی پژوهش‌های مرتبط معرفی می‌شوند:

بدری و همکاران (۱۳۹۲)، با بررسی نقش مدیریت محلی در ارتقای تاب‌آوری مکانی در برابر بلایای سیلاب دو حوضه چشمه کیله شهرستان تنکابن و سردآبرود کلاردشت به این نتیجه رسیده‌اند که جامعه مورد مطالعه در ۳ اصل سازماندهی و هماهنگی، مدیریت و محافظت از زیربناها و قوانین ساخت و ساز و کاربری زمین مناسب و در ۷ اصل باقی مانده نامطلوب است. بر این مبنا لازم است در برنامه‌ریزی‌ها به بهبود آن‌ها توجه و تأکید شود. صادق‌لو و سجاسی (۱۳۹۳) در پژوهشی نتیجه گرفته‌اند مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تاب‌آوری در برابر مخاطره خشکسالی در روستاهای شهرستان ایجرود، توسعه بیمه محصولات کشاورزی و سپس ایجاد سیستم پایش و پیش‌آگاهی

خشکسالی و ارزیابی خسارت، توجه به دانش بومی و میزان بهره‌گیری از آن هستند. رمضان زاده لسبویی و همکاران (۱۳۹۳) مؤلفه‌های زیرساختی در راستای ارتقای تاب‌آوری ساکنان دو حوضه گردشگری تنکابن در برابر مخاطرات طبیعی را دو معیار شبکه‌های ارتباطی و جانمایی مراکز خدماتی-درمانی در زمینه سیل و تاب‌آوری دانسته‌اند. سلمانی و همکاران (۱۳۹۴) در «ارزیابی رویکرد تاب‌آوری جامعه در برابر مخاطرات طبیعی در شهرستان دماوند» دریافتند که متغیرهای اجتماعی و نهادی بیشترین تأثیر را در افزایش سطح تاب‌آوری داشته‌اند. نوری و سپهوند (۱۳۹۵) نشان داده‌اند که وضعیت تاب‌آوری روستاهای مطالعه شده در دهستان شیروان شهرستان بروجرد در برابر زلزله پایین‌تر از سطح متوسط قرار داشته و در بین ابعاد مختلف، سرمایه اجتماعی تأثیر بیشتری در میزان تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی ایفا می‌کند. عنابستانی و همکاران (۱۳۹۶) نشان داده‌اند شاخص‌های «میزان رضایت روستاییان از عملکرد شورا و دهیاری»، «نقش نهادها در آموزش مردم در مورد حوادث مختلف» و «استفاده از مصالح جدید و بادوام برای پیشگیری از اثرات مخرب حوادث» بیش‌ترین اثر را در تاب‌آوری روستاهای بخش مرکزی شهرستان فاروج داشته است.

شایان و همکاران (۱۳۹۶) در پژوهش خود در نواحی روستایی شهرستان زرین دشت به این نتیجه دست یافتند که بیشترین اثرگذاری در بین شاخص‌های تاب‌آوری به سرمایه اجتماعی و کمترین آن به شاخص اقتصادی مربوط است. حاجی‌زاده و ایستگلدی (۱۳۹۷) با بررسی تأثیر شاخص‌های چهارگانه بر تاب‌آوری سکونتگاه‌ها در دهستان حومه شهرستان لامرد مشخص کرده‌اند شاخص‌های اقتصادی و مدیریتی- نهادی به ترتیب بیشترین و کمترین ضریب تأثیر را در میزان تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی دارند. نوروزی (۱۳۹۸) با بررسی میزان تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی بخش بلداجی شهرستان بروجرد در برابر مخاطرات محیطی نشان داده‌اند سطح تاب‌آوری در بعد اجتماعی و کالبدی در حد مطلوب، در بعد اقتصادی در حد متوسط و در بعد مدیریتی در سطح نامطلوب قرار دارد.

رضائی میرقائد (۱۳۹۷) در پژوهش خود به ارائه راهبردهای افزایش تاب‌آوری جوامع روستایی در برابر سیلاب می‌پردازد و نشان داده است که روستاهای دهستان حتی شهرستان لالی دارای وضعیت کم تاب‌آوری هستند و در میان چهار بعد مورد مطالعه، وضعیت سرمایه اجتماعی و افزایش آگاهی ساکنین از مهم‌ترین راهکارهای افزایش تاب‌آوری جوامع روستایی در برابر سیل است. سی رات^۱ (۲۰۱۳) با بررسی تاب‌آوری جامعه روستایی در اسکاتلند به این نتیجه رسیده است که سرمایه اجتماعی مهم‌ترین عامل تاب‌آوری است. بن^۲ (۲۰۱۴) با استفاده از روش اکتشافی با بررسی تاب‌آوری روستاهای استرالیا در برابر سیل به این نتیجه رسیده که ثبات جمعیت و شاخص‌های

1 Skerratt

2 Boon

اجتماعی و اقتصادی مهم‌ترین عوامل تاب‌آوری در مناطق روستایی هستند. کوکس و هلمن^۱ (۲۰۱۵) به بررسی تاب‌آوری در مقابل مخاطرات اجتماعات روستایی و شاخص تاب‌آوری روستایی می‌پردازند. در این زمینه به شاخص‌هایی مانند تأکید بر ارزش به‌کارگیری مشارکت شهروندان در برنامه‌ریزی تاب‌آوری و رویکرد اجتماعی به تاب‌آوری، کیفیت و در دسترس بودن منابع محلی، کارشناسی، مهارت‌ها و خدمات، موضوعات حکمرانی و اداری، موضوعات اشتغال و اقتصادی، فرهنگی، آمادگی برای مخاطرات و برنامه‌ریزی مدیریت اضطراری اشاره دارد. آرویری و همکاران^۲ (۲۰۱۵) در تحقیقی به بررسی بلایای طبیعی (طوفان، سیل، خشکسالی)، رفاه خانگی و تاب‌آوری در بین خانواده‌های روستایی ویتنام پرداختند. نتایج آنان نشان داد؛ ویژگی‌های خانوار بر تاب‌آوری تأثیرگذار است به‌طوری‌که ویژگی‌های خانواده و جامعه توانسته تاب‌آوری در مقابل بلایای طبیعی را تقویت کند. چنان‌که مخاطرات طبیعی بر روی درآمد خانوار و هزینه‌ها تأثیر منفی داشته؛ و خانواده‌هایی که هزینه، تحصیلات و درآمد بالاتر و توزیع درآمدی مناسب‌تری داشته‌اند در برابر بلایای طبیعی مقاوم‌تر بوده‌اند. همچنین دسترسی به اعتبارات خرد، وجوه ارسالی توسط اقوام و دوستان توانسته به تقویت تاب‌آوری کمک نماید. سارا سکیرت^۳ (۲۰۱۳) در پژوهشی با عنوان تحلیل افزایش تاب‌آوری جامعه روستایی اسکاتلند نشان داد عملیات تغییرات اجرایی توسط جوامع محلی، از واکنش به خطرات و اتفاقات بیرونی ساده‌تر است. اهدافی مانند ایجاد مهارت‌ها و استفاده از ظرفیت‌ها در زمینه‌های پایداری بسیار با اهمیت می‌باشد. نتایج پژوهش وانگ^۴ (۲۰۱۷) در مورد ارزیابی تاب‌آوری و پایداری جوامع روستایی در تایوان نشان داد که ویژگی‌های جوامع روستایی همچون سازگاری با طبیعت، مشارکت و همکاری، ساختار قومی - قبیله‌ای در افزایش تاب‌آوری نقش دارند.

مرور سوابق تحقیق نشان می‌دهد عوامل مختلفی در تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی مؤثر می‌باشند. با توجه به اهمیت موضوع تاب‌آوری جوامع و آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی، و نقشی که تاب‌آوری می‌تواند در کاهش آسیب‌پذیری جوامع داشته باشد و همچنین عدم انجام مطالعات منسجم در خصوص پیشران‌های کلیدی در ارتقاء تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی، پژوهش حاضر تقدیم می‌شود.

۲- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش سکونتگاه‌های روستایی شهرستان فریمان می‌باشد. شهرستان فریمان یکی از شهرستان‌های استان خراسان رضوی می‌باشد که در سال ۱۳۹۵، ۹۹۰۰۱ نفر جمعیت داشته و از دو بخش مرکزی و

1 Cox and Helman

2 Arouri et al

3 Sarah Skerratt

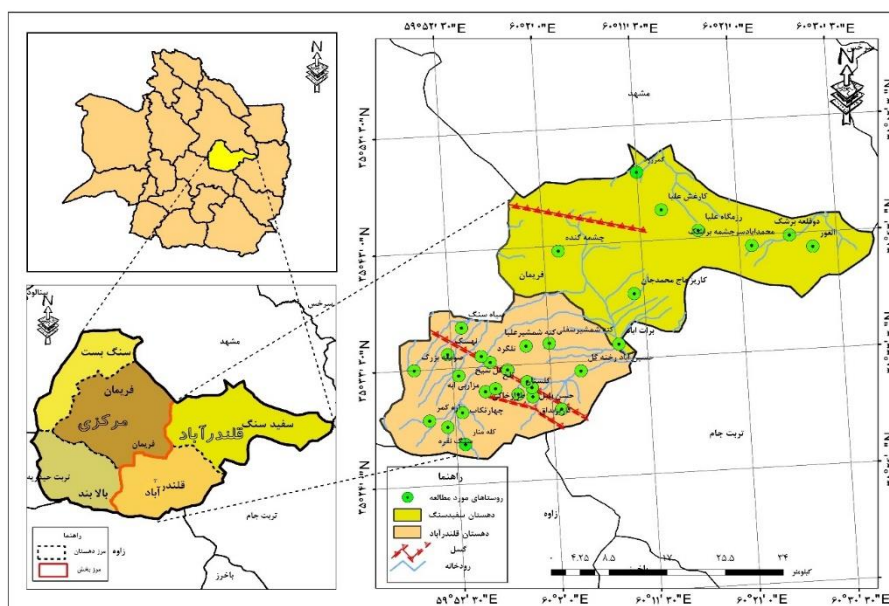
4 Hwang

قلندرآباد و پنج دهستان به نام‌های فریمان، سنگ بست، بالابند، سفید سنگ و قلندرآباد تشکیل شده است و مجموعاً دارای ۱۷۷ آبادی دارای سکنه است. در این منطقه رودخانه‌های فریمان سنگ بست، قلندرآباد، کلاته منار و براشک جریان دارند و این شهرستان بر روی یک گسل فعال قرار گرفته است. روستاهای مورد مطالعه شامل ۲۹ روستا در بخش قلندرآباد هستند که طبق اعلام فرمانداری شهرستان بر اثر وقوع سیل و زلزله خسارات‌های جانی و مالی بسیاری داشته‌اند. طبق گزارشات فرمانداری شهرستان، در روستاهایی که زلزله به وقوع پیوسته حدود ۴۰ تا ۱۰۰ درصد تخریب شده‌اند و به علت وقوع سیل نیز طبق اعلام کارشناسان بنیاد مسکن شهرستان، ۲۸۵ واحد مسکونی روستایی و ۳۲۴ مکان نگهداری دام بین ۱۰ تا ۱۰۰ درصد خسارت دیده است. همچنین ۲۰۰ هکتار از مزارع گندم و زعفران شهرستان فریمان بر اثر وقوع سیلاب خسارات بسیاری وارد آمده است. بطور کلی نزدیک به ۱۵ میلیارد تومان خسارت بر اثر سیل به مزارع، دام‌ها، جاده‌ها، در بخش قلندرآباد فریمان وارد شده است (فرمانداری شهرستان فریمان، ۱۳۹۸). جدول (۱) داده‌های روستاهای مورد مطالعه براساس سرشماری نفوس و مسکن ۱۳۹۵ و فرمانداری شهرستان ذکر شده‌اند. همچنین شکل (۱) موقعیت روستاهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۱- روستاهای مورد مطالعه و اطلاعات جمعیتی آن‌ها

روستا	جمعیت کل	خانوار	نوع مخاطره	روستا	جمعیت کل	خانوار	نوع مخاطره
اره کمر	۲۰۰	۵۸	سیل	صومعه بزرگ	۱۱۸	۴۵	سیل
تلخ	۹۷	۳۰	سیل	طرازخاکی	۱۶۰	۴۵	سیل
الغور	۲۵۷	۵۹	زلزله	کارغش علیا	۱۲۲	۳۵	زلزله
برات اباد	۲۱۵	۶۱	سیل	کاریزبداق	۱۱۶	۳۱	سیل
تلگرد	۱۹۲	۵۳	سیل و تگرگ	کاریزحاج محمدجان	۱۸۲۱	۵۱۲	زلزله
چشمه گنده	۱۳۸	۳۷	زلزله	کاریزسوخته دولت اباد	۱۶۱	۴۸	سیل
چهارتکاب	۲۷۸	۸۴	سیل	کته شمشیرسغلی	۳۱۱۲	۸۰۶	سیل
حسن بلبل	۱۲۳	۳۴	سیل	کته شمشیرعلیا	۱۵۹۷	۴۴۶	سیل
حسین اباد رخنه	۱۴۵۸	۳۹۹	سیل و تگرگ	کلاته رحمان	۱۲۲	۳۹	سیل
دوقلعه براشک	۲۰۱	۵۸	زلزله	گل شیخ	۹۹	۳۰	سیل
رزمگاه علیا	۱۲۴	۳۵	زلزله	گلستان	۱۴۸	۴۰	سیل
سنگ نقره	۱۴۸	۴۲	سیل	لوشاب قلندرآباد	۹۴	۲۸	سیل
سیاه سنگ	۱۰۲	۲۹	سیل	محمدآباد	۱۲۶	۳۰	زلزله
کمر زرد	۵۲	۱۴	زلزله	مزاریبی ابه	۱۱۲	۳۸	سیل
نهسک	۱۴۳	۴۲	سیل				

مأخذ: مرکز آمار ایران، ۱۳۹۹. فرمانداری شهرستان فریمان، ۱۳۹۹.



شکل ۱- معرفی محدوده مورد مطالعه

۳- مواد و روش ها

تحقیق حاضر از لحاظ هدف کاربردی و از نظر ماهیت، براساس روش جدید علم آینده پژوهی، تحلیلی و ساختاری است که با به کارگیری ترکیبی از مدل های کمی و کیفی انجام گرفته است. روش تحلیل ساختاری، روشی است که برای تحلیل روابط بین متغیرها به خصوص در سیستم های گسترده و دارای ابعاد متعدد به کار می رود. پتانسیل این روش استفاده از داده های کیفی در کنار داده های کمی موجب شده است این روش به یکی از روش های پرکاربرد در آینده پژوهی تبدیل شود (ربانی، ۱۳۹۲). لذا پژوهش حاضر با رویکرد آینده پژوهی، مهم ترین عوامل مؤثر بر ارتقاء تاب آوری سکونتگاه های روستایی در برابر مخاطرات محیطی شهرستان فریمان را شناسایی و میزان و چگونگی تأثیرگذاری این عوامل را بررسی می کند. بر این اساس از فن دلفی برای شناسایی متغیرها و شاخص ها استفاده شده است. در این راستا ابتدا برای جمع آوری متغیرها از مقالات علمی- پژوهشی منتشر شده در زمینه عوامل مؤثر بر افزایش تاب آوری در برابر مخاطرات محیطی استفاده شد. سپس پرسشنامه نیمه ساختاریافته طراحی و با استفاده از روش دلفی در چند مرحله بین خبرگان منتخب- کارشناسان متخصص و خبره در زمینه پژوهش مورد نظر و مدیران روستایی- توزیع گردید.

به منظور انتخاب آگاهانه شرکت کنندگان، از روش نمونه گیری هدفمند استفاده شده است. اساس به کار بردن روش نمونه گیری هدفمند، انتخاب گروهی از خبرگان است که بررسی عمیق یا فهمی کلی نسبت به ماهیت پرسش

نامه پژوهش داشته باشند (نئومن^۱، ۲۰۰۷). براین اساس، جامعه آماری پژوهش حاضر ۵۰ نفر که شامل ۲۹ نفر از دهیاران و اعضای شوراهای اسلامی روستاهای مورد مطالعه و ۲۱ نفر دیگر نیز شامل ۸ نفر از اساتید دانشگاهی و ۷ نفر دانشجویان دکتری و متخصص در حوزه مورد مطالعه، ۳ نفر از کارشناسان بنیاد مسکن انقلاب اسلامی خراسان رضوی و ۳ نفر کارشناسان فرمانداری شهرستان می‌باشند.

روش آینده‌پژوهی به کاررفته در این پژوهش، روش تحلیل اثرات متقاطع است. این روش، روشی خبره‌محور است که نتایج کمی از آن به دست می‌آید. بنیان اصلی روش بر تحلیل تأثیرات متقابل در ماتریس استوار است (et al., 2003, Godet). در فن تحلیل اثرات متقاطع، رویدادها، حوادث و روندها به مثابه متغیرهای مستقل در نظر گرفته شده و از طریق بررسی خروجی (دوبه دو) متغیرهای مؤثر یا پیشران (در سطر ستون) احتمالات پدیده در آینده ترسیم می‌گردد (لطیفیان، ۱۳۸۴). در این روش از نرم‌افزار میک‌مک استفاده می‌شود. این نرم‌افزار جهت انجام محاسبات پیچیده ماتریس تحلیل اثرات متقاطع طراحی شده است. میزان ارتباط متغیرها با اعداد بین صفر تا سه سنجیده می‌شود. عدد صفر به منزله «عدم تأثیر»، عدد یک به منزله «تأثیر ضعیف»، عدد دو به منزله «تأثیر متوسط»، عدد ۳ به منزله «تأثیر زیاد» و در نهایت حرف (p) به منزله وجود رابطه بالقوه بین متغیرهاست؛ بنابراین اگر تعداد متغیرهای شناسایی شده n متغیر باشد، یک ماتریس $n \times n$ از روابط بین متغیرها به دست می‌آید (زالی، ۱۳۸۶)؛ بنابراین برای رسیدن به هدف پژوهش با استفاده از رویکرد آینده‌نگاری پرسشنامه تنظیمی در اختیار دهیاران و کارشناسان قرار داده شد و از آنها خواسته شد تا در چارچوب ماتریس اثرات متقاطع (Micmac)، متغیرها را بر مبنای میزان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری آنها (مستقیم و غیرمستقیم) با اعدادی در طیف ۰ تا ۳ تکمیل نمایند. همچنین روایی پرسشنامه بوسیله کارشناسان تأیید گردید و آزمون پایایی پرسشنامه پژوهش براساس شاخص‌های آماری با دوبار چرخش داده‌ای از مطلوبیت و بهینه‌شدگی کافی برخوردار بوده که حاکی از پایایی بالای پرسشنامه و پاسخ‌های آن است (جدول ۲).

جدول ۲- درجه مطلوبیت و بهینه‌شدگی ماتریس

چرخش	تأثیرگذاری	تأثیرپذیری
۱	٪۹۸	٪۹۲
۲	٪۱۰۰	٪۱۰۰

جدول (۳) عوامل اولیه مؤثر بر ارتقاء تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی را نشان

می‌دهد.

جدول ۳- عوامل اولیه مؤثر بر ارتقاء تاب آوری سکونتگاه های روستایی در برابر مخاطرات محیطی

ابعاد	شاخص ها
اقتصادی	افزایش توانمندی مالی مردم برای جبران خسارت های ناشی از بحران- میزان استفاده مردم از حمایت مالی اقوام و خویشان خارج از روستا- افزایش مهارت در رشته یا شغل دیگر به غیر از شغل خود- افزایش قدرت پس انداز مردم- افزایش درآمدهای غیرکشاورزی و تنوع بخشی به اقتصاد روستاییان- اعطای اعتبارات و وام به آسیب دیدگان از مخاطرات- افزایش توانایی بازیابی شغل مناسب بعد از وقوع بحران- تشویق مردم به استفاده از وام ها و اعتبارات جهت مقاوم سازی و نوسازی مسکن
بناهای روستایی	بالا بردن همکاری و همگرایی مردم در حین وقوع مخاطرات برای کاهش آسیب حوادث غیرمترقبه- چشم پوشی از منافع شخصی برای رعایت سرمایه اجتماعی مصالح جامعه- مشارکت میان جوامع، بخش خصوصی و مقام های محلی برای کاهش آسیب پذیری- وجود شبکه های اجتماعی و سازمان های مردم نهاد مرتبط با مدیریت بحران و امداد رسانی در منطقه- توجه به دانش بومی و بهره گیری از آن- ارتقای سطح آگاهی عمومی روستاییان نسبت به شرایط اقلیمی منطقه و خطرات پیش رو- مشارکت با نهادهای محلی در بازسازی و ساخت مسکن آسیب دیده در وقوع مخاطرات- آگاه سازی مردم از تناوب زمانی وقوع حوادث- آگاه سازی مردم از راه های مقابله با وقوع حوادث- آموزش مردم جهت ساخت وسازهای مقاوم- برگزاری و تشویق به شرکت در برنامه های آموزشی مقابله با حوادث- عضویت در پایگاه های هلال احمر و بسیج و تشکل های مردمی.
مدیریتی	ایجاد پوشش بیمه ای در جنبه های مختلف از جمله پوشش خدمات درمانی روستاییان، بیمه محصولات کشاورزی، بیمه تضمین درآمد روستاییان بیمه آتش سوزی، زلزله- اتخاذ تدابیر لازم برای حفظ روستا از خطر سیل و زلزله توسط مدیریت محلی- تبیین جایگاه سازمان ها و نهادهای درگیر در مدیریت بحران نواحی روستایی کشور- استفاده از ابزارهای اطلاعاتی (تهیه نقشه کانون های مخاطره آمیز و علامت گذاری فیزیکی آن بر روی زمین از سوی نهادهای ذی ربط- استفاده از GIS در مدیریت مخاطرات طبیعی در روستاها توسط سازمان های ذی ربط (پهنه بندی مناطق لرزه خیز در روستاها- مکان یابی برای انتقال روستاهای در معرض خطر، شبیه سازی مخاطرات از جمله سیل برای ایجاد اقدامات حفاظتی و تعیین نقاط امن برای اسکان اضطراری)- نقش دهیاری و شوراهای نوسازی روستا- آموزش و اجرای مانور توسط دستگاه های دولتی
قانونی	پایبندی مردم به دستورالعمل های قانونی (قوانین ساخت و ساز ...) در جهت پیشگیری از بحران- وجود مشوق های مالی یا فنی برای آمادگی از طریق مشارکت با سازمان های ذی ربط در مورد مقاوم سازی و نوسازی مسکن و مسئولیت پذیری نهادهای عملکرد سازمان ها و نهادها در جهت ارائه آموزش های لازم به مردم برای واکنش مناسب و سریع در هنگام وقوع حوادث (سیل و زلزله)- مسئولیت پذیری سازمان های دولتی و نهادهای محلی- هماهنگی میان نهادهای مختلف و رسیدگی به موقع جهت کمک رسانی در زمان وقوع مخاطره- کاهش بروکراسی های اداری جهت امداد رسانی هر چه سریع تر- وجود سازمان های برنامه ریز (مانند انجمن های محلی) جهت آماده ساز مردم قبل از وقوع حوادث- دسترسی به سازمان ها برای مدیریت بعد از وقوع حوادث مثل هلال احمر، مرکز بهداشت و بهزیستی
محیطی و کالبدی	بیمه کردن واحدهای مسکونی و رضایت از هزینه پرداختی- استفاده از مصالح جدید و بادوام برای پیشگیری از اثرات مخرب حوادث- مقاوم سازی واحدهای مسکونی با مشاوره معماران محلی و مهندسين- وجود سازه های دفاعی (مثل سیل بند، تپه های شنی و سدهای کوچک، موانع طبیعی و دست ساز) در محدوده روستا در مواقعی مانند سیل، ریزش سنگ و حرکت خاک دامنه به پایین- وجود بناهای مستحکم جهت استفاده در زمان خطر در روستا (مانند مسجد، مدرسه، خانه و مراکز بهداشت محکم)
زیرساختی	دسترسی به بیمارستان در زمان وقوع مخاطرات- دسترسی به امکانات زیرساختی آب لوله کشی، برق، گاز- دسترسی به ارتباطات تلفنی و مراکز درمانی بعد از حوادث- کیفیت و کمیت راه های اصلی و فرعی در هنگام و بعد از وقوع حوادث- دسترسی به وسایل حمل و نقل عمومی در صورت بروز حوادث- برنامه ریزی و توسعه شبکه های اطلاع رسانی (توسعه شبکه های اطلاع رسانی در زمینه مصائب جمعی خطرات و حوادث غیرمترقبه روستایی).

مأخذ: شایان و همکاران، ۱۳۹۶، شکری فیروزجاه، ۱۳۹۶، سجاسی و صادقو ۱۳۹۳، ایمانی و عمران زاده، ۱۳۸۸، حاجی زاده و ایستگلدی، ۱۳۹۷، ویسی و همکاران، ۱۳۹۷، نوروزی، ۱۳۹۸، رفعیان و همکاران، ۱۳۹۰، صالحی و همکاران، ۱۳۹۰، پورطاهری و همکاران، ۱۳۹۲، افتخاری و همکاران، ۱۳۹۳، Arouri et al, 2015، Vasquez leon, 2003، Manyena, 2014، Godschalk, 2003.

۴- نتایج

۴-۱- تحلیل کلی محیط سیستم

با توجه به اینکه آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی پیامدهای بسیاری برای جوامع روستایی دارد، لذا ضروری است تا عوامل مؤثر بر ارتقای تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی شناسایی شوند تا با اتخاذ تصمیمات بهینه آسیب‌پذیری جانی و مالی در برابر مخاطرات کاهش یابد. لذا برای رسیدن به این هدف، پس از مطالعات اسنادی و مرور مبانی نظری ۴۷ متغیر در شش حوزه به عنوان عوامل مؤثر بر ارتقاء تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی شناسایی و با روش تحلیل اثرات متقابل/ ساختاری با نرم افزار MICMAC برای استخراج عوامل اصلی تأثیرگذار تحلیل شدند. براساس تعداد متغیرها، ابعاد ماتریس 47×47 در شش حوزه مختلف تنظیم شده است. یافته‌های حاصل از خروجی نرم افزار MICMAC نشان می‌دهد تعداد تکرارها دوبار و درجه پرشدگی ماتریس $75/73$ درصد است. از مجموع 1665 رابطه قابل ارزیابی در این ماتریس، 544 رابطه عدد صفر، 232 رابطه عدد یک، 696 رابطه عدد دو و 737 رابطه عدد سه بوده است. این نتایج بیانگر آن است که تعداد روابط با شدت زیاد، درصد بیشتری را به خود اختصاص داده است. پس از تحلیل سیستم تاب‌آوری در برابر مخاطرات محیطی در سکونتگاه‌های روستایی مورد مطالعه، به تحلیل میزان اثرگذاری و اثرپذیری مستقیم و غیرمستقیم عوامل پرداخته می‌شود (جدول ۴).

جدول ۴- تحلیل اولیه داده‌های ماتریس اثرات متقابل

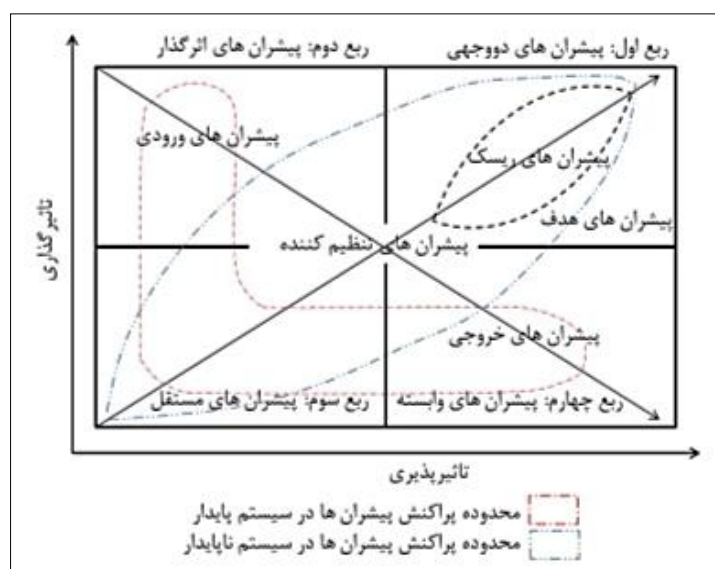
اطلاعات ماتریس	ارزش‌ها
اندازه ماتریس	47×47
تعداد تکرار داده‌ای	۲
تعداد صفرها (بدون تأثیر)	۵۴۴
تعداد یک‌ها (اثرگذاری ضعیف)	۲۳۲
تعداد دوها (اثرگذاری متوسط)	۶۹۶
تعداد سه‌ها (اثرگذاری بسیار زیاد)	۷۳۷
جمع	۱۶۶۵
شاخص پرشدگی	$75/73$

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۳۹۹.

۴-۲- ارزیابی پلان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متغیرها

نحوه پراکنش متغیرها در صفحه پراکندگی، وضعیت پایداری و ناپایداری سیستم را تعیین می‌کند. در حوزه روش تحلیل اثرات متقابل با نرم افزار MICMAC دو نوع از پراکنش تعریف شده است که به سیستم‌های پایدار و ناپایدار

معروف هستند. در سیستم‌های پایدار پراکنش متغیرها به صورت L انگلیسی است_ یعنی برخی متغیرها دارای تأثیرگذاری بالا و برخی دارای تأثیرپذیری بالا هستند. در مقابل در سیستم‌های ناپایدار وضعیت پیچیده‌تر از سیستم‌های پایدار است. در این سیستم، متغیرها در حول محور قطری صفحه پراکنده هستند و متغیرها در بیشتر مواقع حالت بینابینی از تأثیرگذاری و تأثیرپذیری را نشان می‌دهند که ارزیابی و شناسایی عوامل کلیدی را بسیار مشکل می‌نماید. با این حال در این سیستم نیز راه‌هایی ترسیم شده است که می‌تواند راهنمای گزینش و شناسایی عوامل کلیدی باشد (Godet, et al., 2003) (شکل ۲). وضعیت توزیع و پراکنش متغیرهای مؤثر بر ارتقاء تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی در صفحه پراکندگی حاکی از آن است، وضعیت سیستم ناپایدار است، بطوریکه بیشتر متغیرها در اطراف محور قطری صفحه پراکنده‌اند. متغیرها دارای دو نوع تأثیرند، تأثیرات مستقیم و تأثیرات غیرمستقیم که در ادامه به آنها پرداخته می‌شود.



شکل ۲- پایداری و ناپایداری سیستم

مأخذ: عرفانی و چراغانی، ۱۳۹۸.

جهت تحلیل کلی محیط سیستم و در نهایت برای شناسایی پیشران‌ها و عوامل کلیدی مؤثر به بررسی پلان تأثیرگذاری و تأثیرپذیری متغیرها و همچنین به بررسی رتبه‌بندی و میزان جابجایی متغیرها پرداخته می‌شود. با توجه به وضعیت ناپایداری سیستم، ۵ نوع متغیر شامل: متغیرهای تأثیرگذار، متغیرهای دووجهی، متغیرهای تنظیمی، متغیرهای تأثیرپذیر و متغیرهای مستقل در این سیستم قابل شناسایی هستند که در جداول زیر تشریح شده‌اند.

متغیرها تأثیرگذار: این متغیرها در سمت شمال غربی نمودار واقع شده‌اند و نقش تأثیرگذاری در روابط بین پیشران‌ها و دیگر شاخص‌ها ایجاد می‌کنند و نقش مهمی در افزایش تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی ایفا می‌کنند. این متغیرها در جدول (۵) آورده شده است.

جدول ۵- طبقه بندی متغیرهای تأثیرگذار منتج از خروجی MICMAC

طبقه بندی	متغیرها
محیطی کالبدی	وجود بناهای مستحکم جهت استفاده در زمان خطر در روستا
اقتصادی	اعطای اعتبارات و وام به آسیب دیدگان از مخاطرات- افزایش درآمدهای غیرکشاورزی و تنوع بخشی به اقتصاد روستاییان
مدیریتی	مسئولیت پذیری سازمان‌های دولتی و نهادهای محلی- اتخاذ تدابیر لازم برای حفظ روستا از خطر سیل و زلزله توسط مدیریت محلی- استفاده از GIS در مدیریت مخاطرات طبیعی در روستاها توسط سازمان‌های ذی ربط- استفاده از ابزارهای اطلاعاتی از سوی نهادهای ذی ربط
اجتماعی	مشارکت میان جوامع، بخش خصوصی و مقام‌های محلی برای کاهش آسیب‌پذیری- بالا بردن همکاری و همگرایی مردم در حین وقوع مخاطرات

متغیرهای دوجوهی (راهدردی): این متغیرها مهمترین و تأثیرگذارترین شاخص‌ها در ارتقاء تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی می‌باشند. این متغیرها دارای دویژگی مشترک تأثیرگذاری و تأثیرپذیری زیاد هستند و هر تغییری بر روی این متغیرها در سایر متغیرها نیز واکنش و تغییر ایجاد خواهد کرد؛ لذا هم نقش تأثیرگذار و هم نقش تأثیرپذیر در ارتقاء تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی دارند. این متغیرها به دو دسته متغیرهای ریسک (اطراف خط قطری ناحیه شمال شرقی) و هدف (زیرناحیه قطری شمال شرقی) تقسیم می‌شوند که به شرح جدول (۶) آورده شده است.

جدول ۶- طبقه بندی متغیرهای دوجوهی منتج از خروجی MICMAC

طبقه بندی	متغیرهای ریسک	متغیرهای هدف
محیطی کالبدی	مقاوم‌سازی واحدهای مسکونی با مشاوره معماران محلی و مهندسين	بیمه کردن واحدهای مسکونی و رضایت از هزینه پرداختی
اقتصادی	افزایش توانایی بازیابی شغل مناسب بعد از وقوع بحران	-
مدیریتی	ایجاد پوشش بیمه‌ای در جنبه‌های مختلف- تبیین جایگاه سازمان‌ها و نهادهای درگیر در مدیریت بحران نواحی روستایی کشور - آموزش و اجرای مانور توسط دستگاه‌های دولتی	-
قانونی نهادی	هماهنگی میان نهادهای مختلف و رسیدگی به موقع جهت کمک رسانی در زمان وقوع مخاطره- دسترسی به سازمان‌ها برای	کاهش بروکراسی‌های اداری جهت امداد رسانی هر چه سریع‌تر- وجود سازمان‌های

طبقه بندی	متغیرهای ریسک	متغیرهای هدف
	مدیریت بعد از وقوع حوادث مثل هلال احمر، مرکز بهداشت و بهزیستی	برنامه ریز (مانند انجمن‌های محلی) جهت آماده‌سازی مردم قبل از وقوع حوادث-
زیرساختی	-	دسترسی به ارتباطات تلفنی و مراکز درمانی بعد از حوادث
اجتماعی	آگاه‌سازی مردم از راه‌های مقابله با وقوع حوادث- آموزش مردم جهت ساخت وسازهای مقاوم	-

متغیرهای تأثیرپذیر یا نتیجه: این متغیرها بیشتر تأثیرپذیر و کم‌تأثیرگذار هستند و به نوعی از روابط بین دیگر پیشران‌های کلیدی و متغیرها تأثیر می‌پذیرند. این متغیرها در ناحیه جنوب شرقی واقع شده‌اند (جدول ۷).

جدول ۷- طبقه بندی متغیرهای تأثیرپذیر منتج از خروجی MICMAC

طبقه بندی	متغیرها
محیطی کالبدی	استفاده از مصالح جدید و بادوام برای پیشگیری از اثرات مخرب حوادث- وجود سازه‌های دفاعی در محدوده روستا در مواقعی مانند سیل، ریزش سنگ و حرکت خاک دامنه به پایین
قانونی و نهادی	پایبندی مردم به دستورالعمل‌های قانونی
اجتماعی	چشم‌پوشی از منافع شخصی برای رعایت سرمایه اجتماعی مصالح جامعه برگزاری و تشویق به شرکت در برنامه‌های آموزشی مقابله با حوادث- عضویت در پایگاه‌های هلال احمر و بسیج و تشکل‌های مردمی
زیرساختی	دسترسی به امکانات زیرساختی آب لوله کشی، برق، گاز - دسترسی به وسایل حمل و نقل عمومی در صورت بروز حوادث- برنامه ریزی و توسعه شبکه‌های اطلاع رسانی (توسعه شبکه‌های اطلاع رسانی در زمینه مصائب جمعی خطرات و حوادث غیرمترقبه روستایی- کیفیت و کمیت راه‌های اصلی و فرعی در هنگام و بعد از وقوع حوادث

متغیرهای مستقل یا هدایت کننده: این متغیرها در قسمت جنوب غربی نمودار هستند و فاقد نقش کلیدی و مهم در ارتقاء تاب‌آوری سکونتگاه روستایی در برابر مخاطرات محیطی هستند ولی نباید کاملاً آنها را نادیده گرفت. جدول (۸) این متغیرها را نشان می‌دهد.

جدول ۸- طبقه بندی متغیرهای مستقل منتج از خروجی MICMAC

طبقه بندی	متغیرها
مدیریتی	نقش دهیاری و شوراهای برای نوسازی روستا
اقتصادی	تشویق مردم به استفاده از وام‌ها و اعتبارات جهت مقاوم‌سازی و نوسازی مسکن- افزایش قدرت پس انداز مردم- میزان استفاده مردم از حمایت مالی اقوام و خویشان خارج از روستا- افزایش حمایت مالی نهادها و سازمان‌های دولتی و محلی از آسیب دیدگان
اجتماعی	توجه به دانش بومی و بهره‌گیری از آن- وجود شبکه‌های اجتماعی و سازمان‌های مردم نهاد مرتبط با مدیریت بحران- عضویت در پایگاه‌های هلال احمر و بسیج و تشکل‌های مردمی

متغیرهای تنظیمی: این متغیرها در نزدیکی مرکز نمودار قرار دارند و بیشترین و مهم‌ترین نقش را در تنظیم روابط بین متغیرها برای ارتقاء تاب آوری روستاییان در برابر مخاطرات محیطی دارند. این متغیرها می‌توانند با حفظ تعادل فضایی بین دیگر شاخص‌ها، کمک بسیاری به ارتقاء تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی در آینده داشته باشند. تمامی متغیرهای نام برده به تفکیک در جدول (۹) آورده شده است.

جدول ۹- طبقه‌بندی متغیرهای تنظیمی منتج از خروجی MICMAC

طبقه بندی	متغیرها
اقتصادی	افزایش مهارت در رشته یا شغل دیگر به غیر از شغل خود- افزایش توانمندی مالی مردم برای جبران خسارت- های ناشی از بحران
قانونی نهادی	وجود مشوق‌های مالی یا فنی برای آمادگی از طریق مشارکت با سازمان‌های ذی ربط در مورد مقاوم‌سازی و نوسازی مسکن- عملکرد سازمان‌ها و نهادها جهت ارائه آموزش‌های لازم به مردم برای واکنش مناسب و سریع در هنگام وقوع حوادث
زیرساختی	دسترسی به بیمارستان در زمان وقوع مخاطرات
اجتماعی	ارتقای سطح آگاهی عمومی روستاییان نسبت به شرایط اقلیمی منطقه و خطرات پیش رو- آگاه‌سازی مردم از تناوب زمانی وقوع حوادث- مشارکت نهادهای محلی در بازسازی و ساخت مسکن آسیب دیده

۴-۳- ارزیابی تأثیرگذاری و تأثیرپذیری مستقیم متغیرها

جهت تحلیل تأثیرات متغیرها، هر کدام از روابط متغیرها به وسیله نرم افزار میک‌مک سنجش شد و همان‌گونه که در جدول (۱۰) قابل مشاهده است میزان و درجه تأثیرات مستقیم متغیرها بریکدیگر به دست آمده است.

بر مبنای یافته‌ها می‌توان گفت متغیرهای «بالا بردن همکاری و همگرایی مردم در حین وقوع مخاطرات» (So1) با امتیاز ۱۱۰، «مسئولیت‌پذیری سازمان‌های دولتی و نهادهای محلی» (Leg4) با امتیاز ۱۰۸ و «مشارکت میان جوامع، بخش خصوصی و مقام‌های محلی برای کاهش آسیب‌پذیری» (So3) با امتیاز ۱۰۶ دارای بیشترین ضریب تأثیرگذاری بر دیگر متغیرها بوده‌اند و کمترین میزان تأثیرگذاری به «وجود سازه‌های دفاعی در محدوده روستا در مواقعی مانند سیل، ریزش سنگ و حرکت خاک دامنه به پایین» (En4) با امتیاز ۷۰ و «عضویت در پایگاه‌های هلال احمر و بسیج و تشکل‌های مردمی» (So12) با امتیاز ۷۱ اختصاص دارد.

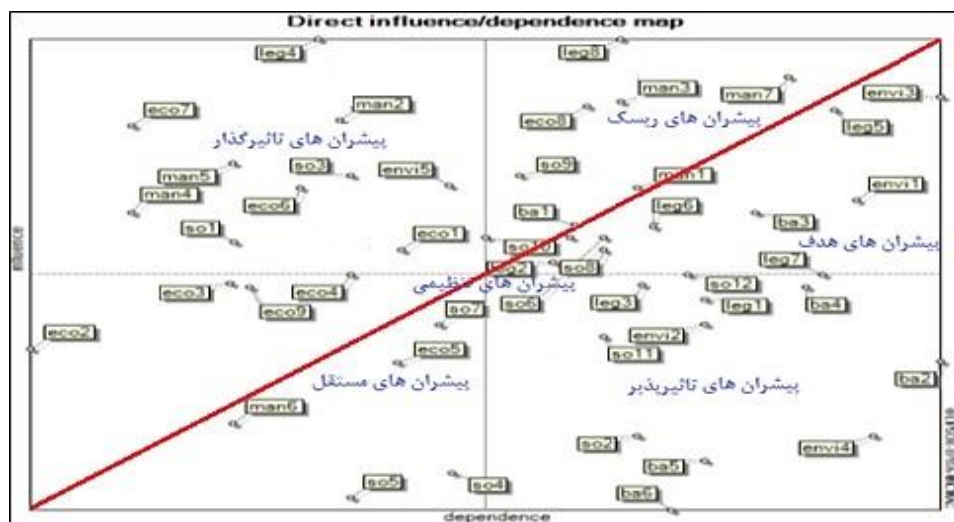
همچنین، متغیرهای «مقاوم‌سازی واحدهای مسکونی با مشاوره معماران محلی و مهندسین» (En3) با امتیاز ۱۱۲، «دسترسی به ارتباطات تلفنی و مراکز درمانی بعد از حوادث» (Ba3) با امتیاز ۱۱۱ و «تبیین جایگاه سازمان‌ها و نهادهای درگیر در مدیریت بحران نواحی روستایی کشور» (Ma3) با امتیاز ۱۰۷ دارای بیشترین میزان اثرپذیری از دیگر متغیرها بوده‌اند.

مجموع متغیرهای تأثیرگذار و تأثیرپذیری در هر یک از عوامل نشان می دهد، متغیرهای اجتماعی بیشترین تأثیرگذاری را بر افزایش تاب آوری سکونتگاه های روستایی در برابر مخاطرات محیطی دارند و متغیرهای محیطی - کالبدی کمترین میزان تأثیرگذاری را داشته اند؛ و نکته قابل توجه اینکه متغیرهای بخش اجتماعی علی رغم تأثیرگذاری بسیار بالا از تأثیرپذیری بسیار بالایی نیز برخوردار است.

جدول ۱۰ - میزان تأثیرات مستقیم متغیرها بر یکدیگر

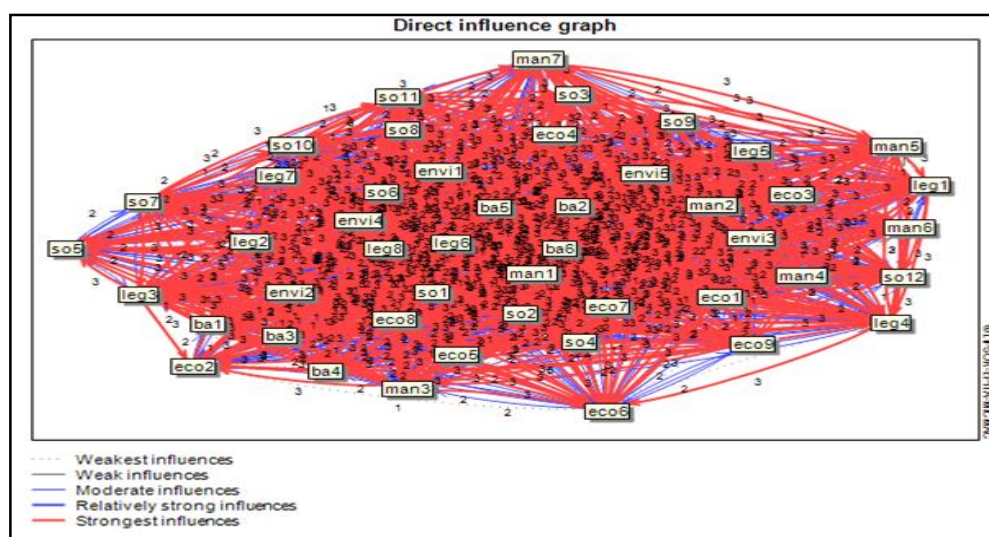
علامت اختصاری	متغیرها	مستقیم (MDI)	
		اثرپذیری	اثرگذاری
Ba1	دسترسی به بیمارستان در زمان وقوع مخاطرات	۸۶	۹۳
Ba2	دسترسی به امکانات زیرساختی آب لوله کشی، برق، گاز	۷۴	۸۸
Ba3	دسترسی به ارتباطات تلفنی و مراکز درمانی بعد از حوادث	۱۱۱	۸۰
Ba4	کیفیت و کمیت راه های اصلی و فرعی در هنگام و بعد از وقوع حوادث	۹۲	۹۱
Ba5	دسترسی به وسایل حمل و نقل عمومی در صورت بروز حوادث	۹۷	۷۵
Ba6	برنامه ریزی و توسعه شبکه های اطلاع رسانی (توسعه شبکه های اطلاع رسانی در زمینه مصائب جمعی خطرات و حوادث غیر مترقبه روستایی)	۹۷	۷۲
جمع عوامل زیرساختی			
Eco1	افزایش توانمندی مالی مردم برای جبران خسارت های ناشی از بحران	۷۴	۹۲
Eco2	افزایش حمایت مالی نهادها و سازمان های دولتی و محلی از آسیب دیدگان	۹۱	۹۴
Eco3	میزان استفاده مردم از حمایت مالی اقوام و خویشان خارج از روستا	۷۵	۹۱
Eco4	افزایش مهارت در رشته یا شغل دیگر به غیر از شغل خود	۷۰	۸۷
Eco5	افزایش قدرت پس انداز مردم	۷۲	۹۴
Eco6	افزایش درآمدهای غیرکشاورزی و تنوع بخشی به اقتصاد روستاییان	۷۱	۹۸
Eco7	اعطای اعتبارات و وام به آسیب دیدگان از مخاطرات	۶۰	۱۰۳
Eco8	افزایش توانایی بازایی شغل مناسب بعد از وقوع بحران	۱۰۲	۹۰
Eco9	تشویق مردم به استفاده از وام ها و اعتبارات جهت مقاوم سازی و نوسازی مسکن	۷۴	۸۶
جمع عوامل اقتصادی			
En1	بیمه کردن واحدهای مسکونی و رضایت از هزینه پرداختی	۱۰۵	۹۵
En2	استفاده از مصالح جدید و بادوام برای پیشگیری از اثرات مخرب حوادث	۹۸	۸۱
En3	مقاوم سازی واحدهای مسکونی با مشاوره معماران محلی و مهندسين	۱۱۲	۹۸
En4	وجود سازه های دفاعی در محدوده روستا در مواقعی مانند سیل، ریزش سنگ و حرکت خاک دامنه به پایین	۷۵	۷۰
En5	وجود بناهای مستحکم جهت استفاده در زمان خطر در روستا	۱۰۳	۱۰۵
جمع عوامل محیطی - کالبدی			
Leg1	پابندی مردم به دستورالعمل های قانونی	۹۶	۸۴

علامت اختصاری	متغیرها	مستقیم (MDI)	
		اثرگذاری	اثرپذیری
Leg2	وجود مشوق‌های مالی یا فنی برای آمادگی از طریق مشارکت با سازمان‌های ذی ربط در مورد مقاوم‌سازی و نوسازی مسکن	۹۱	۸۹
Leg3	عملکرد سازمان‌ها و نهادها در جهت ارائه آموزش‌های لازم به مردم برای واکنش مناسب و سریع در هنگام وقوع حوادث	۸۳	۵۶
Leg4	مسئولیت‌پذیری سازمان‌های دولتی و نهادی محلی	۱۰۸	۹۱
Leg5	هماهنگی میان نهادهای مختلف و رسیدگی به موقع جهت کمک رسانی در زمان وقوع مخاطره	۱۰۱	۱۰۳
Leg6	کاهش برورکراسی‌های اداری جهت امداد رسانی هر چه سریع‌تر	۹۴	۹۷
Leg7	وجود سازمان‌های برنامه ریز (مانند انجمن‌های محلی) جهت آماده ساز مردم قبل از وقوع حوادث	۹۰	۱۰۶
Leg8	دسترسی به سازمان‌ها برای مدیریت بعد از وقوع حوادث مثل هلال احمر، مرکز بهداشت و بهزیستی	۹۵	۹۳
	جمع عوامل نهادی-قانونی	۷۴۶	۷۳۱
Ma1	ایجاد پوشش بیمه‌ای در جنبه‌های مختلف	۹۵	۹۶
Ma2	اتخاذ تدابیر لازم برای حفظ روستا از خطر سیل و زلزله توسط مدیریت محلی	۱۰۵	۱۰۳
Ma3	تبیین جایگاه سازمان‌ها و نهادهای درگیر در مدیریت بحران نواحی روستایی کشور	۹۵	۱۰۷
Ma4	استفاده از ابزارهای اطلاعاتی از سوی نهادهای ذی ربط	۹۶	۶۲
Ma5	استفاده از GIS در مدیریت مخاطرات طبیعی در روستاها توسط سازمان‌های ذی ربط	۹۸	۶۶
Ma6	نقش دهیاری و شوراهای برای نوسازی روستا	۷۷	۷۱
Ma7	آموزش و اجرای مانور توسط دستگاه‌های دولتی	۹۲	۷۲
	جمع عوامل مدیریتی	۶۵۸	۵۷۷
So1	بالا بردن همکاری و همگرایی مردم در حین وقوع مخاطرات	۱۱۰	۹۶
So2	چشم پوشی از منافع شخصی برای رعایت سرمایه اجتماعی مصالح جامعه	۸۴	۹۰
So3	مشارکت میان جوامع، بخش خصوصی و مقام‌های محلی برای کاهش آسیب‌پذیری	۱۰۶	۹۳
So4	وجود شبکه‌های اجتماعی و سازمان‌های مردم نهاد مرتبط با مدیریت بحران	۷۲	۱۰۵
So5	توجه به دانش بومی و بهره‌گیری از آن	۷۲	۸۱
So6	ارتقای سطح آگاهی عمومی روستاییان نسبت به شرایط اقلیمی منطقه و خطرات پیش رو	۸۹	۸۴
So7	مشارکت نهادهای محلی در بازسازی و ساخت مسکن آسیب دیده	۹۰	۷۵
So8	آگاه‌سازی مردم از تناوب زمانی وقوع حوادث	۹۱	۸۹
So9	آگاه‌سازی مردم از راه‌های مقابله با وقوع حوادث	۹۸	۸۵
So10	آموزش مردم جهت ساخت‌وسازهای مقاوم	۹۵	۸۵
So11	برگزاری و تشویق به شرکت در برنامه‌های آموزشی مقابله با حوادث	۸۶	۱۰۴
So12	عضویت در پایگاه‌های هلال احمر و بسیج و تشکل‌های مردمی	۷۱	۹۵
	جمع عوامل اجتماعی	۱۰۶۴	۱۰۸۲



شکل ۳- نقشه پراکندگی متغیرهای مستقیم در محور تأثیرگذاری و تأثیرپذیری

گراف اثرگذاری و اثرپذیری مستقیم نشان‌دهنده روابط متغیرها و چگونگی تأثیر آن‌ها بر یکدیگر است. این گراف دربرگیرنده خطوط قرمز و آبی است که انتهای خط با یک پیکان نشان داده شده و بیانگر جهت اثرگذاری متغیر است. خطوط قرمز نشان‌دهنده اثرگذاری شدید عوامل بر یکدیگر است و خطوط آبی، با تفاوت در ضخامت، روابط متوسط تا ضعیف را نشان می‌دهد (علی‌اکبری همکاران، ۱۳۹۷). براین اساس شکل‌های (۳) و (۴) تأثیرمستقیم متغیرها را نشان می‌دهد. شکل‌ها در یک رویکرد کل نگر بیانگر بی‌ثباتی در سیستم تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی است و این امر از توزیع نامطلوب عناصر تعیین‌کننده سیستم قابل دریافت است.



شکل ۴- نقشه روابط مستقیم میان متغیرهای پژوهش

۴-۴- ارزیابی تأثیرگذاری و تأثیرپذیری غیر مستقیم متغیرها

جهت تحلیل اثر غیرمستقیم متغیرها، داده‌های حاصل از تحلیل مستقیم متغیرها، به توان‌های ۲، ۴، ۶، ۸ و غیره رسانده شدند و به این صورت امکان مطالعه اثرات غیرمستقیم متغیرها در سیستم تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی فراهم شد. بیش‌ترین میزان اثرگذاری غیرمستقیم مانند گونه مستقیم به متغیرهای «بالا بردن همکاری و همگرایی مردم در حین وقوع مخاطرات» (So1) با امتیاز ۸۷۵۲۸۵ «مسئولیت‌پذیری سازمان‌های دولتی و نهادهای محلی» (Leg4)، با امتیاز ۸۵۳۲۷۵ «مشارکت میان جوامع، بخش خصوصی و مقام‌های محلی برای کاهش آسیب‌پذیری» (So3) با ۸۳۸۴۲۲ بوده است. کمترین میزان اثرگذاری غیرمستقیم برای شاخص‌های «شبکه‌های اجتماعی و سازمان‌های مردم‌نهاد مرتبط با مدیریت بحران» So4 (۵۵۵۵۳۹)، «برنامه‌ریزی و توسعه شبکه‌های اطلاع رسانی» Ba7 (۵۶۶۳۳۳)، «دسترسی به وسایل حمل‌ونقل عمومی در صورت بروز حوادث» Ba5 (۵۷۰۴۴۳) است (جدول ۱۱). شکل‌های (۵) و (۶) اثرات غیرمستقیم متغیرها را در سیستم تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی نشان می‌دهد.

جدول ۱۱- میزان تأثیرات غیرمستقیم متغیرها بر یکدیگر

علامت اختصاری	متغیر	غیرمستقیم (MII)	
		اثرگذاری	اثرپذیری
Ba1	دسترسی به بیمارستان در زمان وقوع مخاطرات	۷۲۲۱۰۷	۷۲۴۷۳۵
Ba2	دسترسی به امکانات زیرساختی آب لوله‌کشی، برق، گاز	۷۳۰۶۵۵	۶۹۲۵۴۰
Ba3	دسترسی به ارتباطات تلفنی و مراکز درمانی بعد از حوادث	۶۸۰۴۶۷	۸۱۷۴۷۶
Ba4	کیفیت و کمیت راه‌های اصلی و فرعی در هنگام و بعد از وقوع حوادث	۶۴۸۵۸۹	۸۷۱۰۴۸
Ba5	دسترسی به وسایل حمل و نقل عمومی در صورت بروز حوادث	۵۷۰۴۴۳	۷۵۷۸۴۰
Ba7	برنامه‌ریزی و توسعه شبکه‌های اطلاع رسانی (توسعه شبکه‌های اطلاع رسانی در زمینه مصائب جمعی خطرات و حوادث غیرمترقبه روستایی)	۵۶۶۳۳۳	۷۷۳۶۴۰
Eco1	افزایش توانمندی مالی مردم برای جبران خسارت‌های ناشی از بحران	۷۴۰۶۵۳	۵۵۹۱۶۱
Eco2	افزایش حمایت مالی نهادها و سازمان‌های دولتی و محلی از آسیب دیدگان	۷۱۸۸۲۵	۶۱۴۵۲۲
Eco3	میزان استفاده مردم از حمایت مالی اقوام و خویشان خارج از روستا	۷۲۱۶۲۹	۵۸۵۶۶۱
Eco4	افزایش مهارت در رشته یا شغل دیگر به غیر از شغل خود	۶۹۷۳۴۰	۵۲۷۰۹۲
Eco5	افزایش قدرت پس انداز مردم	۶۶۶۹۷۰	۸۸۴۲۱۰
Eco6	افزایش درآمدهای غیرکشاورزی و تنوع بخشی به اقتصاد روستاییان	۷۷۹۹۲۹	۸۷۰۶۲۳
Eco7	اعطای اعتبارات و وام به آسیب دیدگان از مخاطرات	۸۱۲۳۸۲	۴۶۷۷۵۳
Eco8	افزایش توانایی بازایی شغل مناسب بعد از وقوع بحران	۷۱۹۴۴۷	۸۰۳۳۸۷
Eco9	تشویق مردم به استفاده از وام‌ها و اعتبارات جهت مقاوم‌سازی و نوسازی مسکن	۶۹۴۱۷۸	۵۸۴۶۸۲
En1	بیمه کردن واحدهای مسکونی و رضایت از هزینه پرداختی	۷۵۸۵۸۶	۸۲۷۳۶۷

علامت اختصاری	متغیر	غیر مستقیم (MII)	
		اثر گذاری	اثر پذیری
En2	استفاده از مصالح جدید و بادوام برای پیشگیری از اثرات مخرب حوادث	۶۵۲۳۰۳	۷۸۵۴۱۶
En3	مقاوم سازی واحدهای مسکونی با مشاوره معماران محلی و مهندسين	۷۶۸۶۵۹	۷۳۴۴۵۲
En4	وجود سازه های دفاعی در محدوده روستا در مواقعی مانند سيل، ریزش سنگ و حرکت خاک دامنه به پایین	۵۷۹۹۹۹	۸۳۹۳۰۴
En5	وجود بناهای مستحکم جهت استفاده در زمان خطر در روستا	۸۲۳۸۹۷	۸۲۴۸۸۲
Leg1	پایبندی مردم به دستورالعمل های قانونی	۶۶۷۳۸۵	۷۵۳۰۶۴
Leg2	وجود مشوق های مالی یا فنی برای آمادگی از طریق مشارکت با سازمان های ذی ربط در مورد مقاوم سازی و نوسازی مسکن	۷۱۷۷۲۸	۷۰۷۵۶۰
Leg3	عملکرد سازمان ها و نهادها در جهت ارائه آموزش های لازم به مردم برای واکنش مناسب و سریع در هنگام وقوع حوادث	۶۶۵۵۱۷	۴۳۴۸۹۰
Leg4	مسئولیت پذیری سازمان های دولتی و نهادی محلی	۸۵۳۲۷۵	۷۲۲۳۰۰
Leg5	هماهنگی میان نهادهای مختلف و رسیدگی به موقع جهت کمک رسانی در زمان وقوع مخاطره	۸۰۴۶۷۶	۸۲۴۲۷۱
Leg6	کاهش بروکراسی های اداری جهت امداد رسانی هر چه سریع تر	۷۴۶۲۵۵	۷۳۸۴۱۸
Leg7	وجود سازمان های برنامه ریز (مانند انجمن های محلی) جهت آماده ساز مردم قبل از وقوع حوادث	۷۱۹۹۸۰	۸۳۴۰۱۴
Leg8	دسترسی به سازمان ها برای مدیریت بعد از وقوع حوادث مثل هلال احمر، مرکز بهداشت و بهزیستی	۷۵۶۰۶۱	۵۱۳۸۶۹
Ma1	ایجاد پوشش بیمه ای در جنبه های مختلف	۷۴۸۱۷۳	۷۵۵۰۴۰
Ma2	اتخاذ تدابیر لازم برای حفظ روستا از خطر سيل و زلزله توسط مدیریت محلی	۸۳۱۵۸۰	۷۴۷۷۲۵
Ma3	تبيين جایگاه سازمان ها و نهادهای درگیر در مدیریت بحران نواحی روستایی کشور	۷۴۳۱۹۳	۵۸۵۱۱۶
Ma4	استفاده از ابزارهای اطلاعاتی از سوی نهادهای ذی ربط	۷۶۱۱۸۳	۷۳۴۶۱۵
Ma5	استفاده از GIS در مدیریت مخاطرات طبیعی در روستاها توسط سازمان های ذی ربط	۷۷۴۶۹۵	۵۴۶۳۴۶
Ma6	نقش دهیاری و شوراهای نوسازی روستا	۶۰۷۸۵۸	۶۰۰۵۰۷
Ma7	آموزش و اجرای مانور توسط دستگاه های دولتی	۷۴۷۸۱۱	۵۵۵۲۱۴
So1	بالا بردن همکاری و همگرایی مردم در حین وقوع مخاطرات	۸۷۵۲۸۵	۵۷۵۵۷۱
So2	چشم پوشی از منافع شخصی برای رعایت سرمایه اجتماعی مصالح جامعه	۵۹۵۸۱۲	۷۸۱۵۲۵
So3	مشارکت میان جوامع، بخش خصوصی و مقام های محلی برای کاهش آسیب پذیری	۸۳۸۴۲۲	۸۰۸۶۰۱
So4	وجود شبکه های اجتماعی و سازمان های مردم نهاد مرتبط با مدیریت بحران	۵۵۵۵۳۹	۵۹۷۰۶۴
So5	توجه به دانش بومی و بهره گیری از آن	۵۸۵۰۱۳	۶۴۸۳۶۳
So6	ارتقای سطح آگاهی عمومی روستائیان نسبت به شرایط اقلیمی منطقه و خطرات پیش رو	۷۰۲۶۴۳	۶۵۳۶۸۵
So7	مشارکت نهادهای محلی در بازسازی و ساخت مسکن آسیب دیده	۷۳۷۰۵۵	۵۴۳۹۶۵
So8	آگاه سازی مردم از تناوب زمانی وقوع حوادث	۷۱۸۱۴۱	۶۹۴۹۶۴
So9	آگاه سازی مردم از راه های مقابله با وقوع حوادث	۷۷۰۵۸۰	۶۹۴۴۴۳
So10	آموزش مردم جهت ساخت وسازهای مقاوم	۷۵۱۰۷۶	۶۷۲۷۲۵
So11	برگزاری و تشویق به شرکت در برنامه های آموزشی مقابله با حوادث	۶۵۶۸۳۶	۷۱۷۵۴۳

۴-۵- انتخاب نهایی عوامل کلیدی مؤثر بر ارتقاء تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی

از مقایسه نتایج تحلیل آثار مستقیم و غیرمستقیم، عوامل کلیدی مؤثر بر ارتقاء تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی به دست آمدند (جدول ۱۰ و ۱۱). نیروهای پیشران کلیدی از نظر تأثیرگذاری همان‌گونه که از جدول (۱۲) قابل درک است، در ۱۶ عامل کلیدی تأثیرگذار با اهمیت‌تر، هم در تأثیرات مستقیم و هم تأثیرات غیرمستقیم وجود دارد. به عبارتی دیگر بررسی روابط غیر مستقیم عوامل مختلف نشان می‌دهد که تمام ۱۶ عامل اول در تأثیرات مستقیم عیناً در تأثیرات غیر مستقیم با تغییری اندک در رتبه آن‌ها تکرار شده‌اند. تنها عامل «آموزش و اجرای مانور توسط دستگاه‌های دولتی» صرفاً در تأثیرگذاری غیر مستقیم وجود دارد و در عوض «تبیین جایگاه سازمان‌ها و نهادهای درگیر در مدیریت بحران نواحی روستایی کشور» در تأثیرگذاری مستقیم وجود دارد جدول (۱۲).

جدول ۱۲- عوامل کلیدی مؤثر بر ارتقاء تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی

اثرگذاری مستقیم	اثرگذاری غیر مستقیم
بالا بردن همکاری و همگرایی مردم در حین وقوع مخاطرات	بالا بردن همکاری و همگرایی مردم در حین وقوع مخاطرات
مسئولیت پذیری سازمان‌های دولتی و نهادی محلی	مسئولیت پذیری سازمان‌های دولتی و نهادی محلی
مشارکت میان جوامع، بخش خصوصی و مقام‌های محلی برای کاهش آسیب‌پذیری	مشارکت میان جوامع، بخش خصوصی و مقام‌های محلی برای کاهش آسیب‌پذیری
وجود بناهای مستحکم جهت استفاده در زمان خطر در روستا	اتخاذ تدابیر لازم برای حفظ روستا از خطر سیل و زلزله توسط مدیریت محلی
اتخاذ تدابیر لازم برای حفظ روستا از خطر سیل و زلزله توسط مدیریت محلی	وجود بناهای مستحکم جهت استفاده در زمان خطر در روستا
اعطای اعتبارات و وام به آسیب دیدگان از مخاطرات	اعطای اعتبارات و وام به آسیب دیدگان از مخاطرات
هماهنگی میان نهادهای مختلف و رسیدگی به موقع جهت کمک رسانی در زمان وقوع مخاطره	هماهنگی میان نهادهای مختلف و رسیدگی به موقع جهت کمک رسانی در زمان وقوع مخاطره
افزایش درآمدهای غیرکشاورزی و تنوع بخشی به اقتصاد روستاییان	افزایش درآمدهای غیرکشاورزی و تنوع بخشی به اقتصاد روستاییان
مقاوم‌سازی واحدهای مسکونی با مشاوره معماران محلی و مهندسين	استفاده از GIS در مدیریت مخاطرات طبیعی در روستا ها توسط سازمان‌های ذی ربط
استفاده از GIS در مدیریت مخاطرات طبیعی در روستاها توسط سازمان‌های ذی ربط	آگاه‌سازی مردم از راه‌های مقابله با وقوع حوادث
آگاه‌سازی مردم از راه‌های مقابله با وقوع حوادث	مقاوم‌سازی واحدهای مسکونی با مشاوره معماران محلی و مهندسين
استفاده از ابزارهای اطلاعاتی از سوی نهادهای ذی ربط	استفاده از ابزارهای اطلاعاتی از سوی نهادهای ذی ربط
دسترسی به سازمان‌ها برای مدیریت بعد از وقوع حوادث مثل هلال احمر، مرکز بهداشت و بهزیستی	دسترسی به سازمان‌ها برای مدیریت بعد از وقوع حوادث مثل هلال احمر، مرکز بهداشت و بهزیستی

اثر گذاری مستقیم	اثر گذاری غیر مستقیم
ایجاد پوشش بیمه‌ای در جنبه‌های مختلف	آموزش مردم جهت ساخت وسازهای مقاوم
آموزش مردم جهت ساخت وسازهای مقاوم	ایجاد پوشش بیمه‌ای در جنبه‌های مختلف
تبیین جایگاه سازمان‌ها و نهادهای درگیر در مدیریت بحران نواحی روستایی کشور	آموزش و اجرای مانور توسط دستگاه‌های دولتی

رتبه‌بندی نهایی و تعیین عوامل کلیدی مؤثر بر افزایش تاب آوری از بیشترین تا کمترین به ترتیب رتبه‌بندی شدند (جدول ۱۳). عوامل کلیدی و مؤثر مجموعه عواملی هستند که هم جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، محیطی و هم جنبه‌های مدیریتی و سازمانی و تاب آوری را شامل می‌شوند. اگر به این عوامل توجه شود مشکلات موجود در نظام مدیریت بحران و برنامه‌ریزی جهت کاهش اثرات ناشی از بلایای طبیعی در شهرستان فریمان رفع خواهند شد.

جدول ۱۳- رتبه بندی عوامل کلیدی مؤثر بر ارتقاء تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات

محیطی

رتبه	پیشران‌های کلیدی
۱	بالا بردن همکاری و همگرایی مردم در حین وقوع مخاطرات
۲	مسئولیت‌پذیری سازمان‌های دولتی و نهادی محلی
۳	مشارکت میان جوامع، بخش خصوصی و مقام‌های محلی برای کاهش آسیب‌پذیری
۴	اتخاذ تدابیر لازم برای حفظ روستا از خطر سیل و زلزله توسط مدیریت محلی
۵	وجود بناهای مستحکم جهت استفاده در زمان خطر در روستا
۶	اعطای اعتبارات و وام به آسیب دیدگان از مخاطرات
۷	هماهنگی میان نهادهای مختلف و رسیدگی به موقع جهت کمک رسانی در زمان وقوع مخاطره
۸	افزایش درآمدهای غیرکشاورزی و تنوع بخشی به اقتصاد روستائیان
۹	استفاده از GIS در مدیریت مخاطرات طبیعی در روستاها توسط سازمان‌های ذی ربط
۱۰	آگاه‌سازی مردم از راه‌های مقابله با وقوع حوادث
۱۱	مقاوم‌سازی واحدهای مسکونی با مشاوره معماران محلی و مهندسين
۱۲	استفاده از ابزارهای اطلاعاتی از سوی نهادهای ذی ربط
۱۳	دسترسی به سازمان‌ها برای مدیریت بعد از وقوع حوادث مثل هلال احمر، مرکز بهداشت و بهزیستی
۱۴	آموزش مردم جهت ساخت وسازهای مقاوم
۱۵	ایجاد پوشش بیمه‌ای در جنبه‌های مختلف
۱۶	آموزش و اجرای مانور توسط دستگاه‌های دولتی

۵- نتیجه گیری

از آنجایی که افزایش تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی، مؤثرترین و بهترین راهکار در جهت کاهش اثرات مخاطرات محیطی می‌باشد. براین اساس شناسایی عواملی که منجر به ارتقاء تاب آوری جوامع روستایی می‌شود مهمترین مسئله است. همچنین سکونتگاه‌های روستایی ایران بخصوص شهرستان فریمان از جمله سکونتگاه‌هایی هستند که آسیب‌پذیری بالایی در برابر مخاطرات محیطی دارند و در سال‌های اخیر سیل و زلزله خسارت‌های جانی و مالی بسیاری به بار آورده است. براین اساس بایستی بجای رویکرد مدیریت بحران به رویکرد تاب آوری روی آورده تا بتوان با مدیریت بهتر شاهد کاهش خسارات وارده باشیم. از آنجایی که افزایش تاب آوری جوامع روستایی در برابر مخاطرات محیطی تحت تأثیر عوامل بسیاری است، براین اساس توجه به رویکرد آینده‌پژوهی ضرورت می‌یابد. همچنین ناتوان ماندن روش‌هایی چون مدیریت بحران در کاهش آسیب‌های جانی و مالی ناشی از مخاطرات محیطی لزوم توجه به رویکرد آینده‌پژوهی را مطرح کرده است تا با پیش‌بینی آینده و ارائه راهکارهایی بتوان افزایش تاب آوری را فراهم ساخت. تاکنون پژوهش‌های مختلفی پیرامون تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی صورت گرفته است. مرور مطالعات انجام شده حاکی از آن است که در تمام پژوهش‌های صورت گرفته، عوامل مؤثر بر ارتقاء تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی با رویکرد آینده‌پژوهی بررسی نشده و در واقع بیشتر به ارزیابی وضع فعلی تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی توجه شده است. در صورتیکه در پژوهش حاضر عوامل تأثیرگذار و تأثیرپذیر از همدیگر بررسی شده و با توجه به این مجموعه از روابط، برنامه‌ریزی براساس عواملی انجام شود که بهترین پیامدها را به دنبال داشته باشد. براین اساس در پژوهش حاضر ۱۶ عامل به عنوان عامل کلیدی انتخاب شدند، که به بررسی هریک از عوامل پرداخته می‌شود.

عوامل مسئولیت‌پذیری سازمان‌های دولتی و نهادی محلی، هماهنگی میان نهادهای مختلف و رسیدگی به موقع جهت کمک‌رسانی در زمان وقوع مخاطره، به عنوان پیشران‌های کلیدی در افزایش تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی شناسایی شدند. لذا برنامه‌ریزی‌های منسجمی مانند تفکیک وظایف هر سازمان و نهاد و هماهنگی بین آنان ضروری است تا از موازی‌کاری‌ها جلوگیری شود و اقدامات به موقع جهت مقابله با مخاطرات صورت گیرد تا خسارات کمتری بر سکونتگاه‌های روستایی وارد شود.

با توجه به اینکه درصد بالایی از خانه‌های روستایی از مصالح بی‌دوام و کم‌دوام ساخته شده‌اند و آسیب‌پذیری بالایی در برابر مخاطرات محیطی دارند و یا در مکان‌های پرخطر ساخته شده‌اند در صورت عدم اتخاذ راهکارهای مناسب جهت افزایش مقاومت سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات زیان‌های جبران ناپذیری به روستاها وارد می‌شود. در این پژوهش، از جمله پیشران‌های کلیدی در افزایش تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات در شهرستان فریمان، اتخاذ تدابیر لازم برای حفظ روستا از خطر سیل و زلزله توسط مدیریت محلی،

مقاوم‌سازی واحدهای مسکونی با مشاوره معماران محلی و مهندسين، آموزش مردم جهت ساخت‌وسازهای مقاوم، وجود بناهای مستحکم جهت استفاده در زمان خطر است؛ بنابراین از جمله گام‌های اساسی در افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی به‌طور عام و در منطقه مورد پژوهش به‌طور خاص، اتخاذ تدابیر لازم جهت بهبود روش‌های ساخت‌وساز و رعایت ضوابط و مقررات ساختمان، ایمنی سازه‌ها و تاسیسات زیرساختی و اجرای مقررات قانونی سختگیرانه در ساخت‌وسازهای باشد همچنین احداث ساختمان‌های اسکان موقت در زمان بروز خطرات از اقدامات کلیدی مدیریت محلی می‌باشد.

عامل مؤثر دیگر آگاه‌سازی مردم از راه‌های مقابله با وقوع حوادث، آموزش و اجرای مانور توسط دستگاه‌های دولتی است. آگاه ساختن مردم از مخاطرات و اینکه در زمان بروز حادثه چه اقداماتی انجام دهند، می‌تواند از طریق آموزش و اجرای مانورها توسط سازمان‌های مسئول صورت گیرد تا مردم آمادگی لازم را در برابر مخاطرات داشته باشند. همچنین عامل دسترسی به سازمان‌ها برای مدیریت بعد از وقوع حوادث مثل هلال احمر، مرکز بهداشت و بهزیستی به عنوان عامل کلیدی دیگر در افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات شناسایی شد. از جمله عوامل اقتصادی مؤثر در افزایش تاب‌آوری، اعطای اعتبارات و وام به آسیب‌دیدگان از مخاطرات و افزایش درآمدهای غیرکشاورزی و تنوع بخشی به اقتصاد روستاییان هستند. با توجه به اینکه شغل اکثر روستاییان ارتباط مستقیمی با زمین و محیط (دامداری و کشاورزی) دارد و در صورت بروز مخاطرات محیطی خسارت‌های بسیاری به زمین‌های کشاورزی و دام‌های و ... آنان وارد می‌شود براین اساس بایستی روستاییان به جای تک‌شغلی، مهارت‌های خود را در زمینه مشاغل دیگر نیز افزایش دهند. همچنین بایستی نهادهای مربوطه در صورت بروز حادثه وام‌های کم بهره با بازپرداخت طولانی را در اختیار آسیب‌دیدگان قرار دهند تا بازگشت به شرایط قبل آسان‌تر انجام گیرد. عامل کلیدی دیگر ایجاد پوشش بیمه‌ای از جمله بیمه محصولات کشاورزی، بیمه تضمین درآمد روستاییان، بیمه آتش‌سوزی، زلزله و پوشش خدمات درمانی می‌باشد که نقش بسزایی در افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی دارد.

با توجه به اینکه امروزه با وجود ابزارهای اطلاعاتی (تهیه نقشه کانون‌های مخاطره‌آمیز و علامت‌گذاری فیزیکی آن بر روی زمین) می‌توان از بروز خسارت‌های جبران‌ناپذیر مخاطرات محیطی جلوگیری نمود؛ اما در حال حاضر این ابزارها از سوی نهادهای ذی ربط به ندرت استفاده می‌شود. همچنین از جمله ابزارهای دیگری که در مدیریت مخاطرات طبیعی بسیار حائز اهمیت است، استفاده از نرم افزار GIS می‌باشد که بوسیله آن می‌توان مناطق آسیب‌پذیر در برابر مخاطرات را شناسایی کرد و به شبیه‌سازی مخاطراتی از جمله سیل پرداخت و همچنین مکان‌یابی نقاط امن برای اسکان اضطراری و یا انتقال روستاهای در معرض خطر را شناسایی کرد که مجموعه این اقدامات حفاظتی نقش مهمی در افزایش تاب‌آوری سکونتگاه‌های روستایی دارد.

با توجه به پیشران های کلیدی حاصل از پژوهش حاضر، لازم است برنامه های سازمان های مرتبط با مدیریت روستایی در راستای افزایش تاب آوری سکونتگاه های روستایی در برابر مخاطرات هدفمند شود که با اتخاذ سیاست های کارآمد و مؤثر زیر می توان به این مهم دست یافت:

- مشارکت همه جانبه مردم روستایی با سازمان ها و نهادهای ذی ربط در زمان وقوع مخاطرات؛
- برگزاری دوره های آموزشی با هدف آشنایی روستاییان با مخاطراتی که در منطقه به وقوع می پیوندد و نحوه مواجهه با مخاطرات و داشتن آمادگی لازم برای رویارویی با این بلایا؛
- توجه بیشتر مدیران مسئول و نهادهای مربوطه به سکونتگاه های روستایی و مخاطراتی که این جوامع را تهدید می کند و انجام اقدامات و برنامه ریزی های جامع و گسترده؛
- توجه به عوامل زیرساختی همچون بهبود کیفیت راه های ارتباطی در مناطق روستایی؛
- دسترسی این نواحی به نهادهای امداد رسان، بیمارستان ها و ...؛
- توجه بیشتر مسئولین به اهمیت مدیریت بحران و اختصاص بودجه های کافی به این بخش؛
- استفاده از ابزارهای اطلاعاتی مانند GIS در مکان یابی پهنه های خطر و جلوگیری در عدم استقرار سکونتگاه ها در آن پهنه ها؛
- توسعه سرمایه گذاری در مناطق دور از خطر (ارائه زمین، وام، تخصیص سرمایه و اعتبارات برای توسعه مشاغل و مسکن دور از خطر خیز)
- بطور کلی حمایت دولت در راستای افزایش منابع، فرصت های شغلی، آموزش، سرمایه گذاری، نهادسازی و تقویت ساختارهای حمایت سازمانی در آموزش.

کتابنامه

- ایمانی، بهرام؛ عمران زاده، بهزاد؛ ۱۳۸۸. راهکارهای رفع نارسایی مدیریت بحران در نواحی روستایی ایران. فصلنامه مسکن و محیط روستا. ۲۸(۱۲۵): ۵۷-۴۶.
- بدری، سیدعلی؛ کریم زاده، حسین؛ سعدی، سیما؛ کاظمی، نسرين؛ ۱۳۹۸. تحلیل فضایی تاب آوری سکونتگاه های روستایی در برابر مخاطرات زلزله، مطالعه موردی: شهرستان مریوان. مجله تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. ۶(۱): ۱۶-۱.
- بدری، سید علی؛ رمضان زاده لسبویی، مهدی؛ عسگری، علی؛ قدیری معصوم، مجتبی؛ سلمانی، محمد؛ ۱۳۹۲. نقش مدیریت محلی در ارتقای تاب آوری مکانی در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر سیلاب، مطالعه موردی: دو حوضه چشمه کیله شهرستان تنکابن و سردآبرود کلاردشت. مجله مدیریت بحران. ۱(۲): ۴۸-۳۷.

- بذرافشان، جواد؛ طولابی نژاد، مهرشاد؛ طولابی نژاد، میثم؛ ۱۳۹۷. تحلیل فضایی تفاوت های تاب آوری در نواحی شهری و روستایی در برابر مخاطرات طبیعی (مورد مطالعه: شهرستان پل دختر). *مجله پژوهش های روستایی*. ۹(۱): ۱۱۹-۱۳۵.
- برقی، حمید؛ هاشمی، صدیقه؛ جعفری، نسرين؛ ۱۳۹۶. سنجش تاب آوری محیطی روستاهای در معرض خطر زلزله (مطالعه موردی: دهستان معجزات در شهرستان زنجان). *مجله پژوهش و برنامه ریزی روستایی*. ۱۶(۱): ۹۷-۸۱.
- پورطاهری، مهدی؛ رکن الدین افتخاری، عبدالرضا؛ کاظمی، نسرين؛ ۱۳۹۲. نقش رویکرد مدیریت ریسک خشک سالی در کاهش آسیب پذیری اقتصادی - اجتماعی کشاورزان روستایی (از دیدگاه مسئولان و کارشناسان) مطالعه موردی: دهستان سولدوز، آذربایجان غربی. *مجله پژوهش های روستایی*. ۴(۱): ۲۲-۱.
- حاجی زاده، فاضل؛ ایستگلدی، مصطفی؛ ۱۳۹۷. تحلیلی بر تاب آوری سکونتگاه های روستایی با تأکید بر زلزله (مطالعه موردی: دهستان حومه شهرستان لامرد). *مجله مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)*. ۵(۱): ۸۳-۶۷.
- حسنوند، افسانه؛ ۱۳۹۶. بررسی عوامل مؤثر بر تاب آوری اقتصادی و اجتماعی سکونتگاه های روستایی بعد از رخداد زلزله (مطالعه موردی: سکونتگاه های روستای دهستان سیلاخور شهرستان دورود). پایان نامه کارشناسی ارشد. استاد راهنما: علی حاجی نژاد، دانشگاه گیلان. دانشکده ادبیات و علوم انسانی.
- خیرگو، منصور؛ شکری، زینب؛ ۱۳۹۰. توسعه فرایند سیاست گذاری با استفاده از راهبرد آینده نگاری، *مجله مدیریت نظامی*، شماره ۱۱. ۱۱۶-۱۰۳.
- ربانی، طاهار؛ ۱۳۹۲. روش تحلیل ساختاری، ابزاری برای شناخت و تحلیل متغیرهای مؤثر بر آینده موضوعات شهری. چاپ در مجموعه مقالات نخستین همایش ملی آینده پژوهی. تهران: بهمن ۱۳۹۲.
- رضائی میرقائد، معصومه؛ ۱۳۹۷. ارائه راهبردهای افزایش تاب آوری جوامع روستایی در برابر سیلاب مورد مطالعه: دهستان حتی، شهرستان لالی. پایان نامه کارشناسی ارشد. استاد راهنما: مصطفی محمدی ده چشمه. دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشکده ادبیات و علوم انسانی.
- رفیعیان، مجتبی؛ رضایی، محمد رضا؛ عسگری، علی؛ پرهیزکار، اکبر؛ شایان، سیاوش؛ ۱۳۸۹. تبیین مفهومی تاب آوری و شاخص سازی آن در مدیریت سوانح اجتماع محور. *مدرس علوم انسانی برنامه ریزی و آمایش فضا*. ۱۵(۴): ۴۱-۱۹.
- رکن الدین افتخاری، عبدالرضا؛ موسوی، سید محمد؛ پورطاهری، مهدی؛ فرج زاده اصل، منوچهر؛ ۱۳۹۳. تحلیل نقش تنوع معیشتی در تاب آوری خانوارهای روستایی در شرایط خشک سالی (مطالعه موردی: مناطق در معرض خشک سالی استان اصفهان). *فصلنامه پژوهش های روستایی*. ۵(۳): ۶۳۹-۶۶۲.
- زالی، نادر؛ عطریان، فروغ؛ ۱۳۹۵. تدوین سناریوهای توسعه گردشگری منطقه ای براساس اصول آینده پژوهی (مورد مطالعه: استان همدان). *آمایش سرزمین*. ۸(۱): ۱۳۱-۱۰۷.
- سعیدی، عباس؛ (۱۳۸۳). عمران و توسعه روستایی: مسائل و چشم انداز عمران و توسعه روستایی در ایران. *فصلنامه مسکن و محیط روستا*. شماره ۱۰۸. ۱۳-۲.

- سلمانی، محمد؛ بدری، علی؛ مطوف، شریف؛ کاظمی ثانی عطالله، نسرين؛ ۱۳۹۴. ارزیابی رویکرد تاب آوری جامعه در برابر مخاطرات محیطی، مورد مطالعه: شهرستان دماوند. *مجله دانش مخاطرات*. ۲(۴): ۴۰۹-۳۹۳.
- شایان، محسن؛ پایدار، ابوذر؛ بازوند، سجاده؛ ۱۳۹۶. تحلیل تأثیرات ارتقای شاخص های تاب آوری بر پایداری سکونتگاه های روستایی در مقابل سیلاب (مورد مطالعه: نواحی روستایی شهرستان زرین دشت). *مدیریت مخاطرات محیطی (دانش مخاطرات سابق)*. ۴(۲): ۱۲۱-۱۰۳.
- شکری فیروزجاه، پری؛ ۱۳۹۶. تحلیل فضایی میزان تاب آوری مناطق شهر بابل در برابر مخاطرات محیطی. *برنامه ریزی توسعه کالبدی*. ۲(۶): ۴۴-۲۷.
- صادقلو، طاهره؛ سجاسی قیداری، حمدالله؛ ۱۳۹۳. اولویت بندی عوامل مؤثر بر افزایش تاب آوری کشاورزان در برابر مخاطرات طبیعی (با تأکید بر خشکسالی) منطقه مورد مطالعه: کشاورزان روستاهای شهرستان ایجرود. *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره ۱۰. ۱۵۳-۱۲۹.
- صالحی، اسماعیل؛ آقابابایی، محمدتقی؛ سرمدی، هاجر؛ فرزاد بهتاش، محمد رضا؛ ۱۳۹۰. بررسی میزان تاب آوری محیطی با استفاده از مدل شبکه علیت. *مجله محیط شناسی*. ۳۷(۵۹): ۹۹-۱۱۲.
- عرفانی، ملیحه؛ میرچراغخانی، یاسر؛ ۱۳۹۸. تعیین پیشران های توسعه گردشگری طبیعی و فرهنگی در سیستان با روش تجزیه و تحلیل ساختاری. *محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران*. دوره ۷۲، شماره ۱. ۹۷-۱۱۱.
- علی اکبری، اسماعیل؛ پوراحمد، احمد؛ جلال آبادی، لیلیا؛ ۱۳۹۷. شناسایی پیشران های مؤثر بر وضعیت آینده گردشگری پایدار شهر کرمان با رویکرد آینده پژوهی. *گردشگری و توسعه*. ۷(۱): ۱۷۸-۱۵۶.
- عنابتانی، علی اکبر؛ جوانشیری، مهدی؛ محمودی، حمیده؛ دربان آستانه، محمدرضا؛ ۱۳۹۶. تحلیل فضایی سطح تاب آوری سکونتگاه های روستایی در برابر مخاطرات محیطی (مورد مطالعه: بخش مرکزی شهرستان فاروج). *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. ۴(۴): ۳۸-۱۷.
- غلامی، فائزه؛ ۱۳۹۵. تحلیل و بررسی تاب آوری اجتماعی و اقتصادی جوامع روستایی در برابر مخاطرات محیطی با تأکید بر سیلاب مطالعه موردی: روستاهای حوزه ی ماسوله رودخان فومن. پایان نامه کارشناسی ارشد. استاد راهنما: لیلیا صیاد بیدهندی، دانشگاه پیام نور استان گیلان. دانشکده ادبیات و علوم انسانی.
- فرمانداری شهرستان فریمان، ۱۳۹۸.
- کاظمی، داوود و عندلیب، علیرضا؛ ۱۳۹۶. ارزیابی مولفه های مؤثر بر تاب آوری اجتماعی سکونتگاه های روستایی در شرایط بحرانی. *فصلنامه مسکن و محیط روستا*. شماره ۱۵۸: ۱۳۱-۱۴۵.
- لطیفیان، سعیده؛ ۱۳۸۴. استراتژی ها و روش های برنامه ریزی استراتژیک، تهران: وزارت امور خارجه.
- مرکز آمار ایران، سالنامه آماری استان خراسان رضوی، ۱۳۹۵
- ملک زاده، ندا؛ بزاززاده، مهدی؛ رفیعیان، مجتبی؛ ۱۳۹۵. شناسایی و تحلیل عوامل کلیدی مؤثر بر توسعه شهری با رویکرد آینده نگاری (مطالعه موردی: کلانشهر کرج). *جغرافیا و توسعه فضای شهری*. ۳(۲): ۳۵-۵۲.

میرزاعلی، محمد؛ نظری، عبدالحمید؛ اوتق، مجید؛ ۱۳۹۷. سنجش ابعاد کالبدی تاب آوری جوامع روستایی در مواجهه با سیل (مطالعه موردی: حوضه آبخیز گرگانرود). *برنامه ریزی توسعه کالبدی*. ۳(۷): ۱۱۱-۱۳۳.

نودهی، علی؛ ۱۳۹۶. سنجش میزان تاب آوری مؤلفه‌های اقتصادی اجتماعی خانوارهای روستایی در مقابل مخاطرات طبیعی با تأکید بر خشکسالی (مورد مطالعه دهستان قهستان، شهرستان درمیان). پایان نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: مفید شاطری، دانشگاه بیرجند، دانشکده ادبیات و علوم انسانی.

نوروزی، اصغر؛ ۱۳۹۸. سنجش میزان تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی (مطالعه موردی: بخش بلداجی). *برنامه‌ریزی توسعه کالبدی*. ۴(۳): ۷۳-۸۸.

نوری، سیدهدایت؛ سپهوند، فرخنده؛ ۱۳۹۵. تحلیل تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات طبیعی با تأکید بر زلزله (مورد مطالعه: شهرستان بروجرد) دهستان شیروان. *پژوهش‌های روستایی*. ۷(۲): ۲۷۵-۲۸۵.

ویسی، فرزاد؛ شاکری، بهار؛ ۱۳۹۶. ارزیابی میزان تاب آوری کالبدی سکونتگاه‌های روستایی از دیدگاه دهیاران (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان مریوان). *فصلنامه امداد و نجات*. ۸(۴): ۱-۲۲.

- Ainuddin, S., Routray, J. K., 2012. Community resilience framework for an earthquake prone area in Baluchistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2(1): 25-36.
- Arouri, M. C. Nguyen, A. B. Youssef., 2015. Natural disasters, household welfare, and resilience: evidence from rural Vietnam. *World development*, 70: 59-77
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., Wisner, B., 2005. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters*, Taylor & Francis e-Library, USA.
- Cutter S. L.; Mitchell J.T.; Scott M.S., 2008. "Revealing the vulnerability of people and places: A case study of Georgetown County". *South Carolina, Annals of the Association of American Geographers*. 90: 1-19.
- Foundation of Development Tomorrow., 2005. *Methods of Technology Foresight*, Knowledge Light Technology Development Institute, Tehran.
- Godet, M., Roubelat, F., 1996. Creating the future: the use and misuse of scenarios. *Long range planning*, 29(2): 164-171.
- Godschalk, D. R., 2003. Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities, *Natural Hazards Review*, 4(3): 136-143.
- Hwang, Sh.H., 2017. Resilience and Sustainability of Rural Areas A Case Study of the Indigenous Laiji Village, *Rural Planning Seminar*. 9-10.
- Manyena, S. B., 2006. The concept of resilience revisited. *Disasters*, 30(4), 434-450.
- Manyena, S., Bernard., 2014. Disastre resilience: A question of multiple faces and multiple spaces? *Internayional journal of disastre risk reduction*, 210-224.
- Manyena, S.B., OBrien, G., OKeefe, Rose, J., 2011. Diaster resilience: abounce back or bounce forward ability, *Local Environment*, 16: 417-424.
- Mitchell, T., Harris, K., 2012. Resilience: a risk management approach, background note, ODI
- Neuma, W., 2007. *Social research methods*, 6th ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson education, London.
- Robin S. Cox., Hamlen, M., 2015. Community Disaster Resilience and the Rural Resilience Index *American Behavioral Scientist*, 59(2): 220
- Schouten, M., Vander, H., Ma., Heijman, W., 2009. Resilience of socialecological systems in European rural areas: theory and prospects, paper prepared for presentation at the 113theaae

- seminar , the role of knowledge, innovation and human capital in multifunctional agriculture and territorial rural, Belgrade, Republic of Serbia,.
- Skerratt, S., 2013. Enhancing the analysis of rural community resilience: Evidence from community land ownership. *Journal of Rural Studies*, 31: 36- 46.
- Vásquez-León, M. C. T., West, Finan, T. J., 2003. A comparative assessment of climate vulnerability: agriculture and ranching on both sides of the US–Mexico border. *Global Environmental Change*, 13(3): 159-173.
- Young, C., 2007. Housing Microfinance: Designing a Product for the Rural Poor, Centre for Microfinance Working Paper Series, 2 (19): 45-57.
- Zhou, H., Wan, J., Jia, H., 2010. Resilience to natural hazards: a geographic perspective. *Natural Hazards*, 53(1): 21-41.

ارائه مدل پیش‌بینی ریسک خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیک با روش‌های آماری تحت تأثیر تغییرات اقلیمی (مطالعه موردی: زیرحوضه آبریز افین)

غزاله کواکبی - دانش‌آموخته دکتری هواشناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

محمد موسوی بایگی^۱ - استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

امین علیزاده - استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

ابوالفضل مساعدی - استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

مهدی جباری نوقابی - استادیار دانشکده علوم و ریاضی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۷

چکیده

خشکسالی یکی از پدیده‌های طبیعی در اقلیم‌های مختلف با ویژگی تکرار شونده است که به علت داشتن ویژگی‌هایی نظیر شروع، خاتمه، شدت و فراوانی، دارای پیچیدگی‌هایی در مقایسه با سایر مخاطرات طبیعی است و گستره وسیعی از ابعاد محیط طبیعی و جوامع انسانی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد؛ از جمله بخش‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی. در این پژوهش سعی شده تا مدلی برای پیش‌بینی ریسک خشکسالی، ارائه و اقدامات لازم به‌منظور کاهش اثرات ناشی از آن انجام شود. بدین منظور از شاخص‌های خشکسالی هواشناسی SPEI و erDI و شاخص خشکسالی هیدرولوژیک (SRI) استفاده شد. به‌منظور بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر این پدیده، دو سناریوی انتشار خوش‌بینانه و بدبینانه مورد بررسی قرار گرفت. دوره پایه این مطالعه ۱۹۸۳-۲۰۱۵ و دوره پیش‌بینی ریسک خشکسالی سال‌های ۲۰۲۰-۲۱۰۰ است. دو روش مدل‌سازی BQR و loess Nonparametric Regression برای مدل‌سازی ریسک خشکسالی استفاده شد. نتایج بدست‌آمده از این مطالعه حاکی از کاهش نسبی در وقوع دفعات خشکسالی در ۲۷ ساله آینده نزدیک در زیر حوضه آبریز افین است. همچنین مقایسه روش‌های مختلف نشان از مناسب بودن مدل رگرسیون ناپارامتری برای پیش‌بینی ریسک خشکسالی آینده را داشت.

کلیدواژه‌ها: مخاطره خشکسالی، آسیب‌پذیری خشکسالی، مدل‌های اقلیمی، RCP4.5، RCP8.5

۱- مقدمه

خشکسالی یکی از پدیده‌های طبیعی و مکرر اقلیمی در زمین است که اثرات متنوعی بر سایر بخش‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی ایجاد کرده است. پاندی و همکاران^۱ در سال ۲۰۱۲ در مطالعه‌ی خود اعلام کردند که خشکسالی بر اساس تأثیر مستقیمی که بر زندگی انسان‌ها دارد، بالاترین رتبه در میان سایر مخاطرات طبیعی را دارد. تأثیر خشکسالی بر کشاورزی، دسترسی به آب و فعالیت‌های اجتماعی و اقتصادی در هر منطقه، به عوامل فیزیولوژیکی، محیطی و اجتماعی آن منطقه بستگی دارد؛ بنابراین آسیب‌پذیری خشکسالی بستگی به عوامل متعددی نظیر ویژگی‌های توپوگرافی، خاک، زمین مورد استفاده، توسعه منابع آب، بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و نیاز آب منطقه‌ای برای فعالیت‌های داخلی، صنعتی و کشاورزی دارد (آرنل^۲، ۱۹۹۹). ارزیابی تأثیرات خشکسالی در بخش‌های مختلف دشوار است، زیرا تأثیرات می‌تواند به صورت منطقه‌ای یا محلی باشد. همچنین، خشکسالی‌ها ممکن است برای مدت طولانی (یک یا چند سال) و یا مدت کوتاهی (چند هفته) اتفاق بیفتد (وو و وایت^۳، ۲۰۰۴). خشکسالی یکی از بزرگ‌ترین خطرات طبیعی است که تأثیرات منفی گسترده‌ای بر محیط، اقتصاد و جامعه دارد (بچمایر و همکاران^۴، ۲۰۱۷). خشکسالی به دلیل کاهش بارندگی در یک دوره مشخص و کارآمد، منجر به کمبود آب می‌شود و خشکسالی هیدرولوژیکی به عنوان کاهش آب موجود در تمام اشکال آن تعریف می‌شود (ما و همکاران^۵، ۲۰۱۵). براساس تعریف برنامه استراتژی‌های بین‌المللی برای کاهش بلایا (۲۰۰۷)، ریسک خشکسالی حاصل قرار گرفتن یک منطقه در برابر یک واقعه خشکسالی با شدت و احتمال مشخص و تحت درجه‌ای معین از آسیب‌پذیری‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تعریف می‌شود. از این‌رو ارزیابی و مدیریت ریسک خشکسالی به منظور کاهش اثرات خشکسالی و برنامه‌ریزی مناسب برای خشکسالی‌های آینده امری مهم است (وایت^۶، ۲۰۱۲). از سوی دیگر تغییرات اقلیمی، می‌تواند بر فراوانی و شدت وقوع واقعه خشکسالی تأثیرگذار باشد. براین اساس، آگاهی از تغییرات وضعیت ریسک خشکسالی به دلیل تأثیر از تغییرات احتمالی اقلیمی، می‌تواند گامی مهم در کاهش خسارات ناشی از خشکسالی در بخش‌های مختلف (اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و...) باشد. ریسک معمولاً به عنوان ترکیبی از احتمال رویداد یک واقعه (به‌عنوان مثال خشکسالی) و پیامدهای منفی آن شناخته می‌شود (شهید و بهروان^۷، ۲۰۰۸، فن و همکاران^۸، ۲۰۱۷). مقدار واکنش و پاسخی که محیط به مخاطره می‌دهد بستگی به شدت مخاطره و میزان ویژگی‌های محیطی دارد. این ویژگی‌های محیطی را می‌توان به چهار دسته کلی عوامل اقتصادی، اجتماعی، فیزیکی و

1 pandy et al

2 Arnell

3 Hong Wu and. Wilhite

4 Bachmair et al

5 Ma et al

6 Wilhite

7 Shahid & Behrawan, ۸ FAN et al

زیست‌محیطی تقسیم نمود (برنامه استراتژی‌های بین‌المللی برای کاهش بلایا (ISDR)^۱، ۲۰۰۷)، از این رو تنها درک و پیش‌بینی مخاطره مهم نیست، بلکه عواقب احتمالی مخاطره، که بستگی به آسیب‌پذیری‌های محیطی و اجتماعی دارد نیز اهمیت دارند. اکثر سیستم‌های هشدار دهنده خشکسالی پایش و یا پیش‌بینی مخاطره را ارائه می‌دهند، اما اطلاعاتی در خصوص وجود و یا عدم وجود پیامدهای منفی خشکسالی ارائه نمی‌دهند (بچمایر و همکاران، ۲۰۱۷). اساساً، دو مرحله مهم در محاسبه مخاطره خشکسالی وجود دارد. اولین راه‌شناسایی وقایع خشکسالی با استفاده از شاخص‌های خشکسالی است، سپس احتمال خشکسالی محاسبه می‌شود (یوان^۲، ۲۰۱۳). برای بهبود مدیریت ریسک خشکسالی، شناسایی علل آسیب‌پذیری خشکسالی در یک منطقه خاص، گام مهمی است. پژوهش‌های مختلفی در ارتباط با تعیین ریسک خشکسالی چه در داخل ایران و چه در خارج از ایران انجام شده است. در عمده این مطالعات مخاطره خشکسالی براساس شاخص‌های خشکسالی و احتمال وقوع آن‌ها محاسبه شده است و برای محاسبه آسیب‌پذیری ریسک و یا حتی در بعضی موارد محاسبه ریسک، برخی از مطالعات از روش‌های سنجش از دور استفاده کرده‌اند (چوپرا، ۲۰۰۶، لین و چن، ۲۰۱۱، لوییس و همکاران، ۲۰۱۷) و در برخی دیگر از مطالعات از روش‌های آماری استفاده شده است. این مطالعات معمول عوامل اقتصادی و اجتماعی را به‌عنوان عوامل آسیب‌پذیر ذکر می‌کنند (تاسکریس^۳، ۲۰۰۷، پاندی و همکاران^۴، ۲۰۱۰، کیم و همکاران^۵، ۲۰۱۳، فن و همکاران^۶، ۲۰۱۷، پی و همکاران^۷، ۲۰۱۷، وو و همکاران^۸، ۲۰۱۸، اپورو و همکاران^۹، ۲۰۱۹ و دای و همکاران^{۱۰}، ۲۰۲۰). در هر دو دسته از مطالعات فوق، برای بررسی میزان آسیب‌پذیری خشکسالی، استفاده از پرسش‌نامه و تکمیل آن توسط کشاورزان و مردم منطقه، انجام نشده است. در حالی که در این مطالعه، استفاده از پرسش‌نامه روش اصلی در محاسبه آسیب‌پذیری می‌باشد. محاسبه ریسک ابزاری مفید برای دید دقیق و مناسب از وضعیت خشکسالی در هر منطقه‌ای است. در واقع این دید، باعث کمک به مدیران برای اتخاذ تصمیم‌های بهتر برای سازگاری با خشکسالی در دوره‌های زمانی آتی می‌باشد. از این رو در این مطالعه سعی شده است برای پایش وضعیت ریسک خشکسالی زیر حوضه آبریز افین از داده‌های مشاهداتی و برای پیش‌بینی ریسک خشکسالی، از داده‌های ریزمقیاس شده اقلیمی حاصل از پروژه CORDEX^{۱۱} استفاده گردد. در انتها، با مدل‌سازی ریسک خشکسالی، میزان ریسک

1 International Strategy for Disaster Reduction

2 Yuan

3 Tsakriris

4 Pandey et al

5 Kim et al

6 Fan et al

7 Pei et al

8 Wu et al

9 Apurv and Cai

10 Dai et al

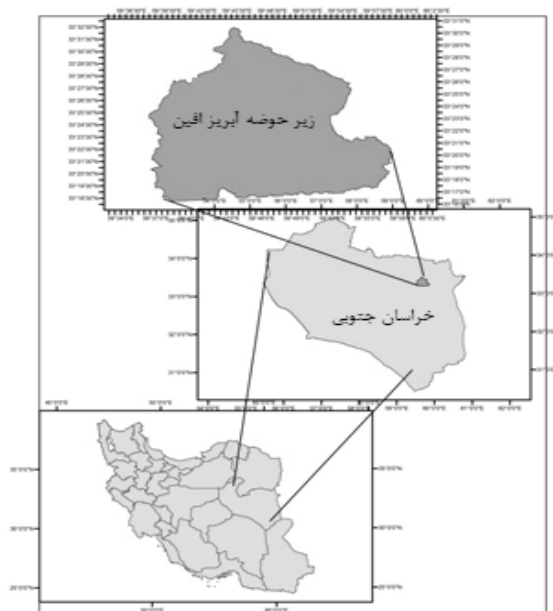
11 Coordinated Regional climate Downscaling EXperiment

برای دوره‌های آبی محاسبه و با مقدار ریسک بدست آمده از داده‌های شبیه‌سازی شده اقلیمی مقایسه خواهد شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱ منطقه مورد مطالعه

زیرحوضه افین دارای وسعت ۶۵۵ کیلومترمربع و بخشی از حوضه پترگان-خواف می‌باشد که زیر مجموعه حوضه آبریز مرزی شرق ایران است. مساحت این حوضه ۳۲۹۸۰۰۰ هکتار است. این منطقه واقع در بین عرض‌های ۳۳ درجه و ۴۲ دقیقه شمالی تا ۳۳ درجه و ۵۸ دقیقه شمالی و ۵۲ درجه و ۳۵ دقیقه شرقی تا ۵۳ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی می‌باشد. رودخانه دائمی در این زیرحوضه، رودخانه خوشبخت است. متوسط بارندگی در زیرحوضه افین حدود ۱۵۶/۴ میلی‌متر و متوسط دمای منطقه، ۱۴/۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (شکل ۱). اقلیم این زیرحوضه براساس اقلیم بندی دومارتن خشک و براساس اقلیم‌بندی آمبرژه خشک سرد می‌باشد. وجود اقلیم خشک و سرد زیرحوضه را مناسب برای کشت زرشک کرده‌است. اقتصاد روستای زیر حوضه افین از سالیان دور بر مبنای کشاورزی و محصول شاخص زرشک بوده است. بیش‌ترین زرشک تولیدی ایران در این منطقه به‌ثمر می‌رسد (سازمان جهاد کشاورزی شهرستان زیرکوه خراسان جنوبی، ۱۳۹۷).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی زیرحوضه آبریز افین در کشور و استان خراسان جنوبی

۲-۲ روش مطالعه

این مطالعه با هدف بررسی و مدل‌سازی ریسک خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی و به صورت یک مطالعه موردی انجام شده است. برای محاسبه مخاطره ریسک خشکسالی‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی، در گام نخست از شاخص‌های خشکسالی SPEI و eRDI بعنوان شاخص‌های خشکسالی هواشناسی و شاخص SRI بعنوان شاخص هیدرولوژیکی استفاده شده است. دوره پایه برای این مطالعه از سال (۱۹۸۳-۲۰۱۵) می‌باشد. داده‌های مورد استفاده نیز شامل داده‌های ماهانه متوسط دمای حداکثر، متوسط دمای حداقل، متوسط دما در نزدیکی سطح زمین، بارش و داده‌های جریان رودخانه (رودخانه خوشبخت در زیرحوضه افین) می‌باشد. مقیاس‌های زمانی مورد استفاده، مقیاس فصلی زمستان (ژانویه-مارس)، بهار (آوریل-ژوئن) و پاییز (اکتبر-دسامبر)، مقیاس ۹ ماهه (۹ ماهه منتهی به ماه نوامبر، فصل زراعی داشت و برداشت محصول زرشک) و ۱۲ ماهه منتهی به سپتامبر (سالانه) می‌باشد.

از شاخص خشکسالی SPEI به دلیل بررسی تأثیر همزمان چند پارامتر دمایی و بارش، بعنوان پارامترهای مؤثر در خشکسالی، استفاده شد. برای محاسبه شاخص خشکسالی SPEI نیاز به داشتن مقدار تبخیر-تعرق می‌باشد برای این منظور از روش تبخیر-تعرق هارگریوز-سامانی برای محاسبه تبخیر تعرق پتانسیل استفاده شد (سامانی^۱، ۲۰۰۰).

تیگاس و همکاران^۲ در سال ۲۰۱۷ شاخص خشکسالی eRDI را ارائه نمودند. در واقع این شاخص اصلاح‌شده‌ی شاخص RDI می‌باشد. در این روش بارش مؤثر در محاسبات شاخص استفاده می‌شود. جهت برآورد میزان بارش مؤثر در این تحقیق از روش تجربی USBR^۳ استفاده شده است. این روش، مناسب برای مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد.

$$p_e = p \times \frac{125 - 0.2 \times p}{125} \quad p \leq 250 \text{ mm} \quad (۱)$$

$$p_e = 0.1 \times p + 125 \quad p > 250 \quad (۲)$$

در معادلات فوق، p_e بارش مؤثر مقیاس مورد نظر و p مقدار بارش متوسط سالانه در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

1 Samani

2 Tigkas et al

3 United States Bureau of Reclamation

جدول ۱- کلاس‌های متفاوت شاخص خشکسالی SRI و eRDI, SPEI

(SPEI: Vicent-serrano et al, 2010, eRDI: Tigkas et al, 2017, SRI: Shukla & Wood, 2008)

طبقات شاخص	توصیف وضعیت
بیشتر از ۲	ترسالی بسیار شدید
۱/۵ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی متوسط
۰/۹۹ تا -۰/۹۹	نرمال
-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی متوسط
-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشکسالی شدید
کمتر از -۲	خشکسالی بسیار شدید

شاخص خشکسالی SRI (Standardized Runoff Index) همانند روش محاسبه شاخص خشکسالی SPI می‌باشد، با این تفاوت که در شاخص SRI از داده‌های جریان رودخانه‌ای استفاده می‌شود (Wood & Shukla, 2007)

۲-۲-۱ مخاطره خشکسالی

مخاطره خشکسالی به صورت احتمال وقوع خشکسالی در سطوح مختلف شدت خشکسالی تعریف شده است، برای محاسبه احتمال وقوع خشکسالی از رابطه ۳ استفاده شده است. باتوجه به اینکه سه شاخص خشکسالی استفاده شده در این مطالعه، دارای توزیع نرمال و همچنین طبقه‌بندی این خشکسالی‌ها مطابق جدول شماره ۱ است، بنابراین با استفاده از جدول Z نرمال، احتمال وقوع هر طبقه خشکسالی محاسبه شد. مقادیر احتمال برای هر یک از طبقات مطابق جدول ۲ می‌باشد.

جدول ۲- شدت خشکسالی، احتمال وقوع و وزن هر طبقه از خشکسالی برای شاخص‌های خشکسالی مورد

بررسی

وضعیت	شدت هر طبقه	احتمال وقوع هر طبقه	وزن هر طبقه
خشکسالی خفیف	۰ تا -۰/۹۹	۰/۳۱۵۹	۱
خشکسالی متوسط	-۱/۴۹ تا -۱	۰/۰۹۰۶	۲
خشکسالی شدید	-۱/۹۹ تا -۱/۵	۰/۰۴۴۵	۳
خشکسالی خیلی شدید	کمتر از -۲	۰/۰۲۲۶	۴

$$H = W \times P(x) \text{class} \times I$$

(۳)

در رابطه (۳) $P(x)_{class_i}$ احتمال وقوع هر طبقه کلاس خشکسالی و $|I_i|$ شدت خشکسالی همان خشکسالی و W وزن طبقه مورد نظر می‌باشد.

۲-۲-۲ آسیب‌پذیری خشکسالی

آسیب‌پذیری مجموعه‌ای از شرایط اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی است که حساسیت یک محیط به مخاطره را تعیین می‌کند (برنامه استراتژی‌های بین‌المللی برای کاهش بلایا (ISDR)^۱، ۲۰۰۷). بر همین اساس به منظور شناسایی میزان تأثیر هریک از عوامل آسیب‌پذیری، پرسش‌نامه‌ای متشکل از ۳۵ سؤال در سه بخش اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی طراحی شد. پرسش‌نامه در منطقه مورد مطالعه و به صورت تصادفی توسط کشاورزان تکمیل شد. تعداد نمونه لازم برای تکمیل پرسش‌نامه براساس روش‌های آماری و با استفاده از نرم افزار NCSS PASS، ۴۶ عضو تعیین شد (هینتز^۲، ۲۰۰۱).

پس از تکمیل پرسش‌نامه برای تعیین مقدار آسیب‌پذیری منطقه، از روش‌های تحلیل عاملی اکتشافی^۳ و تحلیل عاملی تاییدی^۴ استفاده شد. درجه آسیب‌پذیری، عددی بین صفر تا یک بدست خواهد آمد، هرچه این مقدار به ۱ نزدیک‌تر باشد، به معنی بیشتر بودن میزان درجه آسیب‌پذیری محیط از خشکسالی می‌باشد.

۲-۲-۳ ریسک خشکسالی

پس از محاسبه مخاطره خشکسالی و آسیب‌پذیری آن، باتوجه به تعریف ریسک، می‌توان مقدار ریسک خشکسالی را محاسبه نمود؛ بنابراین، ریسک به صورت کمی، طبق معادله (۴) بیان می‌شود:

$$\text{Risk} = \text{Hazard} \times \text{Vulnerability} \quad (4)$$

۲-۲-۴ داده‌های اقلیمی آینده

برای دستیابی به داده‌های هواشناسی مورد نیاز در دوره‌های آینده، با توجه به میزان دسترسی به داده‌های پروژه CORDEX (دسترسی به خروجی‌های مدل‌های اقلیمی پروژه CORDEX در سال ۱۳۹۶) و نیز براساس اینکه باید تمامی پارامترهای هواشناسی مورد نیاز، داده‌های تاریخی و RCP4.5 و RCP8.5 را داشته باشند، بنابراین تنها ۳ مدل (CNRM-CERFAC, GFDL- ESM2M و ICHEC-EC-EARTH) انتخاب شد (جدول ۳). علت انتخاب این دو سناریو، بررسی ریسک آینده در خوش‌بینانه‌ترین حالت و بدبینانه‌ترین وضعیت ممکن می‌باشد.

1 International Strategy for Disaster Reduction

2 Hintze

3 Exploratory Factor Analysis

4 Confirmatory Factor Analysis

دوره‌ی زمانی آینده در این تحقیق، سال‌های ۲۰۲۰-۲۱۰۰ می‌باشد که به سه دسته زمانی، آینده نزدیک (۲۰۴۶-۲۰۲۰)، آینده میانی (۲۰۷۳-۲۰۴۷) و آینده دور (۲۱۰۰-۲۰۷۴) تقسیم‌بندی شده است. دلیل این تقسیم‌بندی، به‌منظور مقایسه‌ی مناسب تغییرات میزان ریسک خشکسالی، میان دوره پایه (سال‌های ۱۹۸۹-۲۰۱۵) و دوره‌های زمانی آتی، می‌باشد.

جدول ۳- مشخصات مدل‌های اقلیمی استفاده شده در این مطالعه

تفکیک (رزولوشن) افقی	نام مدل	شناسه موسسه	کشور	مرکز مدلسازی (یا گروه مدلسازی)
۰/۴۴ * ۰/۴۴	CNRM-CM5	CNRM-CERFACS	France	Modèle du Centre National de Recherches Météorologiques - Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul Scientifique
۰/۴۴ * ۰/۴۴	GFDL-ESM2M	NOAA GFDL	USA	NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory
۰/۴۴ * ۰/۴۴	EC-EARTH	EC-EARTH	Ireland	EC-EARTH consortium

پس از استخراج داده‌ها، ضریب همبستگی، ضریب تبیین و ضریب نتش-ساتکلیف (مک کوین^۱، ۲۰۰۶) به منظور بررسی توانایی مدل‌ها در شبیه‌سازی برای آینده، محاسبه شد. در مطالعات تغییر آب و هوا، منابع مختلفی از عدم قطعیت وجود دارد که بر نتایج نهایی تأثیر می‌گذارد. یکی از منابع عدم قطعیت، خطای مدل‌هاست است. به‌منظور از بین بردن این عدم قطعیت، یکی از روش‌ها، ترکیب کردن مدل‌های اقلیمی است. از روش‌های رایج برای این منظور، روش وزن‌دهی میانگین‌های مشاهداتی دما و بارش در قالب رویکرد بیزین می‌باشد (معادله ۱-۴ و ۲-۴) (لئو و همکاران^۲، ۲۰۰۷، هاشمی-آنا و همکاران^۳، ۲۰۱۵). طرحواره این روش برگرفته از مطالعه هاشمی - آنا و همکاران در شکل شماره ۲ مشاهده می‌شود.

$$W_i = \frac{\frac{i}{\Delta p_i}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{\Delta p_i}} \quad ۴-۱$$

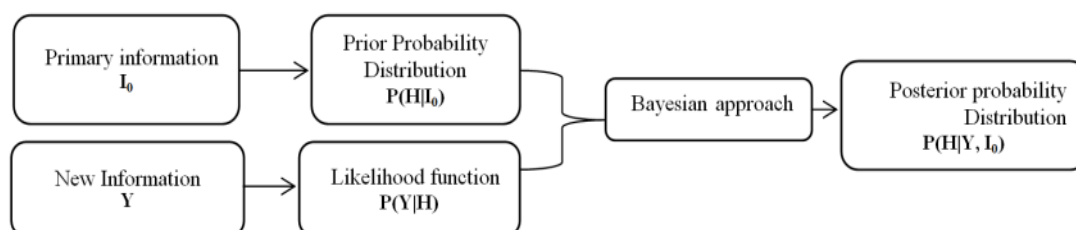
$$W_i = \frac{\frac{i}{\Delta T_i}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{\Delta T_i}} \quad ۴-۲$$

1 McCuen et al

2 Luo et al

3 Hashemi-Ana et al

در معادلات فوق، p معرف بارش و T معرف دما می‌باشد. Δp_i اختلاف میانگین بارش شبیه‌سازی شده در دوره آینده از میانگین بارش مشاهداتی مقیاس‌های زمانی دوره پایه است (i). N نیز تعداد مدل‌ها می‌باشد.



شکل ۲- طرحواره گام‌های روش بیزین برای آنالیز عدم قطعیت در این تحقیق (هاشمی - انا و همکاران)

۲-۲-۵ شبیه‌سازی رواناب دوره‌های آتی

برای دستیابی به داده‌های رواناب دوره‌های آتی از مدل IHACRES استفاده شده است. این مدل، یک مدل پارامتری بارش- رواناب است که در بیشتر مناطق آب و هوایی کاربرد دارد. باتوجه به داده‌های ورودی اندک و نیز صرف زمان کم، به آسانی در بسیاری از حوضه‌های آبخیز، این مدل به کار برده می‌شود (لیتوود و همکاران، ۱۹۹۷). به‌منظور بررسی صحت‌سنجی نتایج از ضریب همبستگی و آزمون پارامتری student T استفاده شد.

۲-۲-۶ پیش‌بینی و مدل‌سازی ریسک خشکسالی

به‌منظور پیش‌بینی ریسک خشکسالی از دو روش استفاده شد. در روش نخست (روش مستقیم)، همانند دوره پایه، برای دوره‌های آتی، مقادیر خشکسالی، مقدار مخاطره و در انتها ریسک خشکسالی محاسبه می‌شود. در روش دوم، با کمک دو روش آماری، مدل‌سازی ریسک خشکسالی براساس ریسک خشکسالی دوره پایه، انجامش و سپس به کمک مدل‌های بدست آمده، ریسک خشکسالی برای سال‌های آتی، پیش‌بینی شد.

در مدل‌سازی ریسک خشکسالی باتوجه به اینکه مقدار درجه آسیب‌پذیری بدست آمده از پرسش‌نامه، در طی زمان‌های مختلف ثابت در نظر گرفته شده است؛ از این‌رو مدل‌سازی مخاطره انجام شده است. باتوجه به اینکه مخاطره خشکسالی براساس شاخص‌های خشکسالی بدست می‌آید و هر شاخص خشکسالی، خود متأثر از پارامترهای هواشناسی می‌باشد؛ از این‌رو، با کمک روش‌های آماری مدل‌سازی،

ابتدا پارامترهای مؤثر در هر مخاطره خشکسالی (هواشناسی و هیدرولوژیک) شناسایی و سپس مدل مناسب برای پیش‌بینی بدست آمد. پس از پیش‌بینی مخاطره، با ضرب کردن مقدار آسیب‌پذیری که در قسمت قبل توضیح داده شد، مقدار ریسک خشکسالی برای سال‌های آتی محاسبه می‌شود. به منظور مدل‌سازی ریسک خشکسالی از دو روش مدل‌سازی Bootstrapped Quantile Regression (با تکرار ۵۰۰)، loess Nonparametric Regression استفاده شد.

Bootstrapped Quantile Regression: مدل‌های رگرسیون معمولی، برای میانگین شرطی برازش داده می‌شود، اما رگرسیون چندکی، برای چندک‌های شرطی بکار می‌رود. مهم‌ترین کاربرد رگرسیون چندکی، شناسایی شکل توزیع متغیر وابسته‌ی مدل در سطوح گوناگون می‌باشد. ویژگی دیگر این روش مدل‌سازی، بوت استرپ کردن است. در واقع با این روش، تعداد نمونه‌ها را افزایش داده تا از این طرق با ایجاد نمونه‌های فراوان، شرایط نمونه را به شرایط جامعه نزدیک کرده و با در نظر گرفتن تمامی حالات تشکیل نمونه، از صحت برآورد ضرائب و برآورد فاصله اطمینان برای ضرائب، اطمینان بیشتری پیدا کرد (افرون^۱، ۲۰۰۰). چندک‌های مورد بررسی در این مطالعه، چندک‌های ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۹۹ می‌باشد.

Loess Nonparametric Regression: Loess یک مدل تعمیم یافته و متداول از رگرسیون محلی یا رگرسیون چند جمله‌ای است که به رگرسیون میانگین متحرک نیز مشهور است. LOESS یک روش رگرسیون غیر پارامتری است. در رگرسیون پارامتری، شکل مشخصی برای پارامترهای مدل، در نظر گرفته می‌شود در حالی که در رگرسیون ناپارامتری شکل مشخصی برای پارامترهای مدل در نظر گرفته نمی‌شود. در روش ناپارامتری، داده‌ها خود از میان مدل‌ها، بهترین مدل را برمی‌گزینند و این حالت باعث افزایش کارایی روش رگرسیون ناپارامتری نسبت به رگرسیون پارامتری می‌شود.

از میان مدل‌های بدست آمده از چهار چندک استفاده شده ($q=25, 50, 75, 99$) در این تحقیق، چندکی که مدل مناسب‌تری براساس ضریب توافق ویلموت (d)، RMSE و MAD را داشته‌است، انتخاب گردید. برای تعیین توانایی و مناسب بودن مدل‌ها از آماره‌های ذیل استفاده شده است.

1 Efron

mathematical equation	Numerical statistics
$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (p_i - o_i)}{\sum_{i=1}^N (p_i - \bar{o} + o_i - \bar{o})^2}$	Villmott's Index of Agreement (d)
$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (p_i - o_i)^2}{N}}$	RMSE
$MSEP = \frac{\sum_{i=1}^N (p_i - o_i)}{N}$	MSEP
$MAD = \frac{((p_i - o_i) - \frac{\sum_{i=1}^N (p_i - o_i)}{N})}{N}$	MAD
$MARE = \frac{\frac{\sum_{i=1}^N (p_i - o_i)}{N}}{\frac{\sum_{i=1}^N (p_i - o_i)}{N}}$	MARE

در تمامی روابط فوق p_i مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل‌ها و o_i مقادیر مشاهده شده می‌باشند. N نیز تعداد نمونه می‌باشد.

براساس این روابط ریاضی، توانایی و مناسب بودن مدل‌ها مشخص می‌شود. براساس آماره‌های عددی MAD، MARE، RMSE و MSEP بهترین وضعیت، مقدار صفر (۰) و بدترین ∞ است. براساس شاخص توافق ویلموت، مقدار یک (۱) بهترین وضعیت مقدار ۰ بدترین وضعیت است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج بررسی توانایی مدل‌های اقلیمی مورد بررسی و توسعه یک مدل ترکیبی

برای بررسی توانایی پیش‌بینی مدل‌های اقلیمی استفاده شده، از ضریب همبستگی ((R، ضریب تبیین (R²) و ضریب نتش-ساتکلیف (NS) استفاده شد. نتایج این ضرایب حاکی از توانایی کامل مدل‌های دمایی (دمای حداقل، دمای حداکثر و متوسط دما در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین) می‌باشد؛ اما هر سه مدل بارش استفاده شده در این مطالعه، نیازمند تصحیح می‌باشند، از این‌رو با استفاده از روش تغییر فاکتور، سعی در تصحیح مقادیر بارش برای هر سه مدل شد. پس از تصحیح، سپس با استفاده از روش میانگین وزنی با رویکرد بیزین، مدل ترکیبی برای بارش و پارامترهای دمایی مشخص گردید. در واقع براساس این روش، وزن هر یک از مدل‌ها تعیین و با استفاده از میانگین وزنی و براساس هر سه مدل، مقدار نهایی پارامتر مورد نظر محاسبه می‌شود. براساس نتایج این بخش، برای داده‌های بارش، باتوجه به سناریوی RCP4.5 مدل ICHEC-EARTH بیش‌ترین ضریب را در مدل ترکیبی داشته است، براساس سناریو RCP8.5 مدل مناسب، در سه دوره آتی متفاوت است، اما به‌صورت کلی می‌توان گفت در آینده نزدیک مدل CNRM، در آینده میانی هر دو مدل ICHEC-EARTH و CNRM به صورت یکسان در مدل تأثیر داشته‌اند و در آینده

دور مدل ICHEC-EARTH دارای بیشترین تأثیر می‌باشد. برای هر سه پارامتر دمایی، و براساس هر دو سناریوی انتشار خوش‌بینانه و بدبینانه، مدل GFDL-ESM2M بیشترین وزن را در مدل ترکیبی داشته است.

۳-۲- نتایج مدل IHACRES

نتایج این بخش نشان داد که براساس دو سناریوی انتشار، مقدار رواناب در سال‌های آتی تغییر قابل ملاحظه‌ای نخواهد داشت. افزایش دما و بدنبال آن، افزایش احتمال وقوع بارش‌های حادی در منطقه مورد مطالعه شاید دلیلی برای تغییرات کم در مقدار رواناب در سال‌های آتی باشد، که افزایش دما در سال‌های آینده براساس خروجی مدل‌های CORDEX استفاده شده در این تحقیق، تأیید می‌شود. از دیگر دلایل احتمالی عدم کاهش رواناب، می‌توان به افزایش ذوب برف زیر حوضه‌های مجاور در اثر افزایش دما دانست که به صورت جریان‌های زیر سطحی و یا سطحی وارد منطقه می‌شوند.

جدول ۴- متوسط مقادیر رواناب، بارش سالانه، دمای حداقل، دمای حداکثر و دما در ارتفاع ۲ متری از سطح

زمین در دوره پایه و دوره‌های آتی بر مبنای RCP4.5 و RCP8.5

پارامتر	دوره پایه	RCP	آینده نزدیک	آینده میانی	آینده دور
رواناب (m3/s)	۰/۰۷	RCP4.5	۰/۰۷	۰/۰۶	۰/۰۶
		RCP8.5	۰/۰۷	۰/۰۷۱	۰/۰۶
بارش سالانه (mm)	۱۳/۴	RCP4.5	۱۳/۹۳	۱۲/۷۶	۱۲/۸۳
		RCP8.5	۱۳/۴۹	۱۳/۹۴	۱۲/۸۸
دمای حداقل (C°)	۷/۵	RCP4.5	۸/۷۲	۹/۴۷	۹/۷۹
		RCP8.5	۸/۹۶	۱۰/۲۵	۱۱/۸۴
دمای حداکثر (C°)	۲۲	RCP4.5	۲۳/۰۴	۲۴/۰۷	۲۴/۴۸
		RCP8.5	۲۳/۵۸	۲۵/۰۲	۲۶/۷۱
دما در ارتفاع ۲ متری سطح زمین (C°)	۱۴/۷	RCP4.5	۱۵/۸۴	۱۶/۷۴	۱۷/۱۰
		RCP8.5	۱۶/۲۴	۱۷/۶۱	۱۹/۲۸

۳-۳- آسیب‌پذیری خشکسالی

درجه آسیب‌پذیری براساس پرسش‌نامه، مقدار ۰/۵۳ برای زیرحوضه آبریز افین بدست آمد. در واقع، این عدد نشان می‌دهد که در حدود نیمی از آسیب‌پذیری زیرحوضه به دلیل عوامل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی این زیرحوضه می‌باشد. این درجه از آسیب‌پذیری در واقع میانگینی از حساسیت سه عامل

می‌باشد. به صورت مجزا درجه آسیب‌پذیری برای هریک از عوامل اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی به ترتیب عبارتند از ۰/۳۰، ۰/۳۴ و صفر. براین اساس، عامل زیست‌محیطی سهم بیشتری در آسیب‌پذیری زیرحوضه افین را دارا می‌باشد. در مقابل عامل اجتماعی تأثیری در آسیب‌پذیری منطقه ندارد. آسیب‌پذیری برای دوره پایه ۰/۵۳ و برای دوره آتی، بازه ۰/۳۶ تا ۰/۷۰ در نظر گرفته شد.

(Vulnerability $\pm$ standard deviation)

۳-۴- ریسک خشکسالی براساس دو روش مستقیم و استفاده از مدل‌های پیش‌بینی

نتایج این بخش نشان می‌دهد که براساس شاخص خشکسالی eRDI در دوره‌های آتی شدت وقایع ریسک خشکسالی نسبت به دوره پایه نسبتاً بیشتر می‌شود، بدین ترتیب که تعداد و شدت وقایع خشکسالی (شامل چهار وضعیت خشکسالی خیلی شدید، شدید، متوسط و خفیف) در دوره آینده دور نسبت به دو دوره آینده میانی و نزدیک براساس سناریوهای انتشار بدبینانه و خوش‌بینانه بیشتر می‌شود. همچنین نتایج وقوع خشکسالی‌ها و شدت‌های آن‌ها در دوره‌های آتی نشان داد که شدت خشکسالی‌ها متأثر از سناریوی انتشار نیز می‌باشد، بدین ترتیب که با افزایش میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای، شدت و یا حتی تعداد وقایع خشکسالی‌ها افزایش می‌یابد که این مطلب در نتایج بدست آمده از شاخص خشکسالی SPEI و eRDI کامل نمایان است، چرا که در این شاخص علاوه بر بارش، پارامترهای دمایی نیز دخیل هستند. با افزایش گازهای گلخانه‌ای حبس شدن گرمای (مادون قرمز) منعکس شده از سطح زمین افزایش و در نتیجه باعث بالارفتن دماهای سطحی خواهد شد.

نتایج ریسک خشکسالی نشان می‌دهد که در فصل زمستان بیشترین تغییرات تعداد دفعات خشکسالی نسبت به دوره پایه حادث خواهد شد. براساس شاخص SRI نیز ریسک‌های خیلی شدید ناشی از خشکسالی‌های خیلی شدید در هیچ یک از مقیاس‌های زمانی مورد بررسی در سه دوره آتی براساس هر دو سناریوی انتشار، مشاهده نشد. همچنین مشخص شد که در دوره آینده نزدیک، فراوانی وقوع ریسک خشکسالی‌های شدید و متوسط نسبت به دوره پایه و دو دوره زمانی آینده میانی و دور بیشتر خواهد بود. باتوجه به شاخص SPEI و eRDI که چهار پارامتر متوسط دما، متوسط دمای حداقل، متوسط دمای حداکثر و بارش برای محاسبه‌ی مقدار آن لازم می‌باشد، براساس روش‌های مدل‌سازی و انتخاب بهترین مدل، پارامترهای مؤثر در برآورد مخاطره خشکسالی در هریک از مقیاس‌های زمانی مورد مطالعه، مشخص و پیش‌بینی میزان مخاطره و پس از آن، محاسبه ریسک صورت پذیرفت.

به منظور صحت سنجی مدل‌ها، ۱۰ سال آخر دوره پایه برای این منظور استفاده شد. بدین ترتیب که ۲۳ سال نخست (۲۰۰۵-۱۹۸۳) برای انتخاب مدل و ۱۰ سال پس از آن (۲۰۱۵-۲۰۰۶) برای صحت سنجی مدل‌ها استفاده شد.

باتوجه به نتایج بدست آمده، همراستایی قوی بین مقادیر مخاطره حاصل از مدل‌های پیش‌بینی و مقادیر مخاطره مشاهده شده، براساس سه شاخص خشکسالی مورد مطالعه و براساس هر دو سناریو دیده می‌شود. براساس روش BQR و با توجه به آماره‌های شاخص توافق ویلموت ((RMSE، d و MAD، مناسب‌ترین مدل در میان چهار مدل (q=25,50,75,99)، مدل با چندک ۵۰ (چارک میانه) در بیشتر مقیاس‌ها و در دو شاخص خشکسالی هواشناسی، و برای شاخص خشکسالی هیدرولوژیک، مدل چندک ۹۹، تعیین شد (در جداول ۵، ۶ و ۷ چارک مناسب تعیین شده برای هر مقیاس به تفکیک شاخص‌ها ذکر شده است). در این قسمت نیز ابتدا پارامترهای مؤثر بر شاخص‌های SPEI و eRDI مشخص و سپس مدل‌سازی انجام شد. براساس شاخص SPEI، در ۴ چندک، بارش، پارامتر مؤثر شناخته شد. تنها در مقیاس زمانی ۹ ماهه، متوسط دمای حداقل و متوسط دما در نزدیکی سطح زمین مؤثر بوده است. با توجه به شاخص eRDI در فصل زمستان علاوه بر بارش، متوسط دمای حداکثر، متوسط دمای حداقل و متوسط دما در نزدیکی سطح زمین مؤثر بوده است. در سایر مقیاس‌ها، بارش، پارامتر مؤثر برای پیش‌بینی می‌باشد.

براساس روش رگرسیون ناپارامتری Loess، در دو شاخص خشکسالی SPEI و eRDI با توجه به اینکه چهار متغیره می‌باشد، به منظور شناسایی پارامتر مؤثر در مدل، نخست از روش رگرسیون ناپارامتری ساده بوت استرپ شده (با تکرار ۵۰۰)، پارامتر مؤثر شناسایی و سپس مدل Loess برای پارامتر مؤثر اجرا شد. در تمامی پنج مقیاس زمانی براساس دو شاخص خشکسالی SPEI و eRDI، پارامتر بارش، تنها پارامتر مؤثر شناخته شد. به منظور انتخاب بهترین مدل پیش‌بینی براساس دو روش مذکور، از آماره‌های عددی تعیین به منظور تعیین توانایی و مناسب بودن مدل‌ها استفاده شد. نتایج این بخش در جداول ۵، ۶ و ۷ گزارش شده است. همانطور که از جداول مشخص است، در بیشتر مقیاس‌های زمانی و برای سه شاخص خشکسالی SPEI، eRDI و SRI، مدل رگرسیون ناپارامتری Loess بیش‌ترین توانایی را در پیش‌بینی مخاطره داشته است.

براساس نتایج این بخش نیز می‌توان گفت که روش رگرسیون ناپارامتری Loess در شاخص SRI اگرچه در بیشتر مقیاس‌ها بعنوان مدل مناسب شناسایی نشده است، اما مقدار برآورد میزان مخاطره برای سال‌های آتی را مانند روش مستقیم، با دامنه بیشتری از تغییرات نشان می‌دهد.

جدول ۵- شاخص توافق ویلموت (d)، MARE، MAD، MSEP و RMSE برای مدل‌های ریسک شاخص SPEI

گام زمانی	مدل	RMSE	MSEP	MAD	MARE	d
زمستان	LOESS	0.04	0	0.03	0.33	0.94
	BQR(q=50)	0.08	0.01	0.06	0.61	0.72
پاییز	LOESS	0.07	0.01	0.04	1.07	0.78
	BQR(q=50)	0.06	0	0.05	1.29	0.85
بهار	LOESS	0.04	0	0.03	0.43	0.95
	BQR(q=50)	0.08	0.01	0.07	1.24	0.74
۹ ماه منتهی به فصل برداشت زرشک	LOESS	0.09	0.01	0.09	2.08	0.52
	BQR(q=99)	0.12	0.01	0.1	2.38	0.62
سالانه	LOESS	0.03	0	0.03	0.34	0.96
	BQR(q=25)	0.2	0	0.04	0.48	0.89

۳-۵- نتایج مقایسه میان مقادیر ریسک خشکسالی پیش‌بینی شده توسط مدل‌های پیش‌بینی با ریسک خشکسالی از

روش مستقیم در سال‌های آتی

در این بخش به مقایسه میان نتایج ریسک خشکسالی محاسبه شده به روش مستقیم با ریسک خشکسالی‌های پیش‌بینی شده توسط روش‌های مدل‌سازی پرداخته شده است. برای این منظور از مقدار p -value آزمون T-student و ضریب همبستگی استفاده شده است. (جداول ۸ و ۹)

باتوجه به نتایجی که در جداول ۸ و ۹ ارائه شده است، می‌توان دریافت که در محاسبه ریسک خشکسالی برای سال‌های آتی براساس روش مستقیم و روش مدل‌سازی با استفاده از مدل مناسب، همراستایی قوی مشاهده می‌شود (باتوجه به بالا بودن مقادیر ضریب همبستگی). براساس دو سناریوی انتشار خوش‌بینانه و بدبینانه، در مقیاس زمانی سالانه و فصل بهار، مقدار کمتر همراستایی مشاهده می‌شود. براساس نتایج آزمون T-student نیز می‌توان گفت که اختلاف معنی‌داری در مقدار برآورد ریسک خشکسالی براساس هر دو روش، وجود ندارد، تنها در شاخص eRDI در مقیاس‌های زمانی بهار و ۹ ماهه منتهی به فصل برداشت زرشک براساس دو سناریوی انتشار و مقیاس سالانه شاخص eRDI، اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود که دلیل این امر می‌تواند به دلیل پراکندگی بیشتر بارش در این مقیاس‌ها و توام شدن آن با تغییرات دمایی باشد، در حالی که در مدل‌های انتخابی برای این مقیاس‌ها تنها پارامتر بارش، بعنوان متغیر مؤثر شناسایی شده است اما با توجه به همراستایی‌های بالا در این مقیاس‌ها، می‌توان گفت که مدل‌ها با اعمال اصلاحاتی مناسب هستند.

جدول ۶- شاخص توافقی ویلموت (d)، MARE، MAD، MSEP و RMSE برای مدل‌های ریسک شاخص eRDI

گام زمانی	مدل	RMSE	MSEP	MAD	MARE	d
زمستان	LOESS	0.08	0.01	0.05	0.51	0.72
	BQR(q=75)	0.11	0.01	0.09	0.87	0.55
پاییز	LOESS	0.08	0.01	0.03	0.69	0.72
	BQR(q=50)	0.07	0	0.06	1.44	0.83
بهار	LOESS	0.05	0	0.03	0.51	0.93
	BQR(q=50)	0.09	0.01	0.08	1.29	0.72
۹ ماه منتهی به فصل برداشت زرشک	LOESS	0.03	0	0.02	0.24	0.96
	BQR(q=50)	0.04	0	0.03	0.44	0.92
سالانه	LOESS	0.09	0.01	0.05	0.63	0.60
	BQR(q=50)	0.08	0.01	0.06	0.70	0.62

جدول ۷- شاخص توافقی ویلموت (d)، MARE، MAD، MSEP و RMSE برای مدل‌های ریسک شاخص SRI

گام زمانی	مدل	RMSE	MSEP	MAD	MARE	d
زمستان	LOESS	0.2	0.04	0.18	1.09	0.17
	BQR(q=99)	0.12	0.02	0.11	0.66	0.41
پاییز	LOESS	0.01	0	0.01	0.04	0.99
	BQR(q=99)	0.11	0.01	0.1	0.6	0.49
بهار	LOESS	0.18	0.03	0.12	0.68	0.51
	BQR(q=99)	0.08	0.01	0.06	0.33	0.88
۹ ماه منتهی به فصل برداشت زرشک	LOESS	0.19	0.03	0.15	0.92	0.40
	BQR(q=99)	0.07	0.01	0.06	0.40	0.67
سالانه	LOESS	0.15	0.02	0.11	0.73	0.45
	BQR(q=99)	0.08	0.01	0.07	0.44	0.67

جدول ۸- مقدار آزمون T-student و ضریب همبستگی (R) میان مقادیر ریسک خشکسالی آینده بر مبنای روش

مستقیم و مدل مناسب سه شاخص خشکسالی SPEI، eRDI و SRI براساس RCP4.5

SRI		eRDI		SPEI		گام زمانی
مدل مناسب	R p-value	مدل مناسب	R p-value	مدل مناسب	R p-value	
BQR	0.56	Loess	0.71	Loess	0.92	زمستان
	0		0.003		0	
Loess	0.90	BQR	0.81	Loess	0.74	پاییز
	0		0		0	
BQR	0.49	Loess	0.83	Loess	0.86	بهار
	0		0.2		0.02	
BQR	0.75	Loess	0.76	BQR	0.95	۹ ماه منتهی به فصل برداشت زرشک
	0		0.16		0	
BQR	0.72	BQR	0.48	Loess	0.69	سالانه
	0		0.03		0.66	

جدول ۹- P مقدار آزمون T-student و ضریب همبستگی (R) میان مقادیر ریسک خشکسالی آینده بر مبنای روش

مستقیم و مدل مناسب سه شاخص خشکسالی SPEI، eRDI و SRI براساس RCP8.5

SRI		eRDI		SPEI		گام زمانی
مدل مناسب	R p-value	مدل مناسب	R p-value	مدل مناسب	R p-value	
BQR	0.73 0	Loess	0.75 0.005	Loess	0.91 0	زمستان
Loess	0.94 0	BQR	0.47 0.05	Loess	0.74 0	پاییز
BQR	0.78 0	Loess	0.88 0.24	Loess	0.94 0.01	بهار
BQR	0.76 0	Loess	0.75 0.62	BQR	0.35 0	۹ ماه منتهی به فصل برداشت زرشک
BQR	0.74 0	BQR	0.36 0.004	Loess	0.68 0.17	سالانه

۴- نتیجه‌گیری

این مطالعه، با هدف شناسایی ریسک خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیک و توسعه مدلی برای پیش‌بینی آن به منظور پیشگیری از بروز خسارات شدید و جدی به صورت موردی در زیر حوضه آبریز افین انجام شد. برای این منظور نخست از شاخص‌های خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیک بعنوان ابزاری برای اندازه‌گیری شدت خشکسالی‌ها و به دنبال آن محاسبه میزان مخاطره ریسک خشکسالی‌های استفاده شد. آسیب‌پذیری نیز با کمک پرسش‌نامه از کشاورزان منطقه تهیه و در انتها میزان ریسک خشکسالی برای دوره زمانی پایه محاسبه گردید. برای پیش‌نگری میزان ریسک خشکسالی برای دوره‌های زمانی آتی، نیاز به داده‌های اقلیمی و هواشناسی دوره‌های زمانی آتی بود که از این‌رو از مقادیر خروجی پروژه اقلیمی CORDEX و نیز مدل بارش-رواناب IHACRES استفاده شد. نتایج بررسی سه مدل اقلیمی صحت و درستی سه پارامتر دمایی را تأیید نمود ولیکن پارامتر بارش نیز با توجه به اقلیم نیمه‌خشک و پراکندگی بارش در منطقه افین، پس از اعمال تصحیحات، قابل استفاده گردید. در پیش‌نگری‌ها از مقادیر رواناب حاصله از مدل IHACRES استفاده شد، چراکه در مقایسه میان پارامتر رواناب براساس خروجی مدل‌های اقلیمی CORDEX و مدل بارش-رواناب IHACRES، نتایج بدست آمده از روش IHACRES دقت بالاتری را نشان داد. رزاقیان و همکاران (۱۳۹۵) و پور محمدی و همکاران (۱۳۹۶) کاهش رواناب را برای سال-های آتی با استفاده از دو روش مدل‌سازی IHACRES و الگوریتم احتساب خاک پیش‌بینی نموده‌اند، در حالی که لکزائیان‌پور و همکاران (۱۳۹۵) و بینش و همکاران (۱۳۹۷)، افزایش میزان رواناب را برای

سال‌های آتی پیش‌بینی نموده‌اند؛ اما در تحقیق حاضر، نتایج پیش‌نگری مقدار جریان سطحی براساس مدل هیدرولوژیکی IHACRES حاکی از عدم وجود تغییر قابل ملاحظه‌ای براساس دو سناریوی انتشار در مقدار رواناب برای سال‌های آتی است.

با توجه به هدف اصلی این تحقیق، سعی در توسعه مدلی برای پیش‌بینی میزان ریسک خشکسالی برای سال‌های آتی شد. براین اساس و به منظور افزایش دقت در پیش‌بینی میزان ریسک خشکسالی‌ها، از دو روش مدل‌سازی استفاده شد. به منظور صحت‌سنجی هر یک از روش‌های مورد استفاده، برآورد مخاطره برای ده سال اخیر (۲۰۱۵-۲۰۰۶) انجام شد. نتایج بخش صحت‌سنجی مدل‌ها، نشان داد که رگرسیون ناپارامتری LOESS در بیشتر مقیاس‌های زمانی دو شاخص خشکسالی هواشناسی دقت بیشتری داشته‌است. پس از این مدل، مدل رگرسیون نیمه پارامتری چندکی بوت استرپ شده، مناسب تشخیص داده شد. برای پارامتر رواناب، روش مدل‌سازی رگرسیون نیمه پارامتری بوت استرپ شده با چندک ۹۹ در بیشتر مقیاس‌های زمانی با دقت بالاتری توانسته است، برآورد میزان مخاطره را داشته باشد. بر اساس نتایج این بخش می‌توان گفت که روش‌های مدل‌سازی امکان برآورد و پیش‌نگری میزان ریسک خشکسالی‌ها را دارند، تنها بسته به انتخاب روش مدل‌سازی مناسب، می‌توان دقت پیش‌گویی‌ها را افزایش داد. در پیش‌نگری مقادیر مخاطره برای دوره‌های زمانی آتی با استفاده از مدل مناسب انتخاب شده در هر مقیاس زمانی و براساس هر شاخص خشکسالی، با مقادیر مخاطره دوره آتی که به روش مستقیم بدست آمد، همراستایی قوی مشاهده شد، اما اختلاف میانگین میان این دو مقدار معنادار شده است. با توجه به اینکه مقادیر مخاطره روش مستقیم خود براساس پیش‌نگری متغیرهای هواشناسی هستند و نتایج مدل‌ها نیز براساس پیش‌نگری‌های متغیرهای هواشناسی و عدم قطعیت‌های ناشی از انتخاب مدل هستند، شاید دلیلی بر معنی‌دار شدن میانگین‌ها باشد. دوره آماری طولانی مورد مقایسه (دوره ۸۱ ساله) می‌تواند عامل دیگر ایجاد این اختلاف‌ها باشد. دلیل اهمیت دقت در انتخاب مدل‌های مناسب برای پیش‌نگری ریسک به دو دلیل است، نخست اینکه خشکسالی به‌تنهایی نمی‌تواند یک خطر و فاجعه محسوب شود، اما آسیب‌پذیری و تأثیرات خشکسالی بر محیط است که این پدیده را تبدیل به یک خطر می‌کند، دوم؛ اگرچه نمی‌توان مانع از وقوع حوادث طبیعی چون خشکسالی شد اما می‌توان با داشتن آگاهی از وضعیت ریسک خشکسالی برای سال‌های آتی، تمهیدات لازم برای سازگاری با این پدیده را به‌منظور به حداقل رساندن اثرات منفی واقعه خشکسالی فراهم ساخت.

کتابنامه

- بینش، ن؛ نیک‌سخن، م.ح؛ سارنگ، امین؛ ۱۳۹۷. مطالعه رژیم بارش و دبی حداکثر رواناب شهری در شرایط اقلیمی آینده (مطالعه موردی: حوزه سیل‌برگردان غرب). نشریه مهندسی عمران امیرکبیر. ۸۱۵، ۵۰-۸۲۶.
- پورمحمدی، س؛ دستورانی، م.ت؛ مساح‌بوانی، ع.ر؛ گودرزی، م؛ جعفری، ه؛ رحیمیان، م.ح؛ ۱۳۹۶. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب رودخانه و ارائه راهکارهای سازگاری با اثرات آن (مطالعه موردی: حوزه آبریز تویسرکان همدان). آبخیزداری ایران، ۳۷، ۱-۱۳.
- خلیلی، ن؛ رضایی پزند، ح؛ درخشان، ه؛ داوری، ک؛ ۱۳۹۶. توسعه چارچوبی برای ارزیابی ریسک خشکسالی کشاورزی بر گندم دیم. تحقیقات منابع آب ایران، ۱۴، ۵۹-۷۰.
- رزاقیان، هادی؛ شاهی، ک؛ حبیب‌نژادروشن، م؛ ۱۳۹۵. ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر رواناب حوزه آبخیز بابلرود با استفاده از مدل IHACRES. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۷، ۱۵۹-۱۷۲.
- لکزیان‌پور، غ.ح. محمدرضاپور، ا؛ مال میر، م؛ ۱۳۹۵. ارزیابی آثار تغییر اقلیم بر میزان رواناب رودخانه نازلوچای در حوزه آبریز دریاچه ارومیه. نشریه جغرافیا و توسعه، ۴۲، ۱۸۳-۱۹۸.
- مساعدی، ا؛ کواکبی، غ؛ عبدالله‌زاده، س آشکارسازی تغییرات اقلیمی براساس آزمون آماری من-ویتنی در شهر مشهد. نخستین کنفرانس ملی هواشناسی و مدیریت آب کشاورزی، ۲۰۱۱.
- نوقایی، ج؛ هادی نوقایی؛ ۱۳۸۷. نکاتی چند در مورد برآورد حجم نمونه و معرفی نرم افزار مربوطه. نشریه دانشجویی آمار (ندا)، ۴، ۱۳-۲۱.

- ANDERSON-COOK, C. M. & PREWITT, K., 2005. Some guidelines for using nonparametric methods for modeling data from response surface designs. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 4, 12.
- Apurv, T. and X. Cai., 2019, "Evaluation of the Stationarity Assumption for Meteorological Drought Risk Estimation at the Multidecadal Scale in Contiguous United States." *Water Resources Research* 55(6): 5074-5101.
- ARNELL, N. W., 1999. The effect of climate change on hydrological regimes in Europe: a continental perspective. *Global environmental change*, 9, 5-23.
- BACHMAIR, S., SVENSSON, C., PROSDOCIMI, I., HANNAFORD, J. & STAHL, K. 2017. Developing drought impact functions for drought risk management. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17, 1947-1960.
- CHOPRA, P. Drought risk assessment using remote sensing and GIS: a case study of Gujarat. 2006. ITC.
- Dai, M., et al., 2020. "Assessing agricultural drought risk and its dynamic evolution characteristics." *Agricultural Water Management* 231: 106003.
- EFRON, B. 2000. The bootstrap and modern statistics. *Journal of the American Statistical Association*, 95, 1293-1296.
- FAN, G., ZHANG, Y., HE, Y. & WANG, K. 2017. Risk Assessment of Drought in the Yangtze River Delta Based on Natural Disaster Risk Theory. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2017.
- FOX, J. & WEISBERG, S., 2018. An R companion to applied regression, Sage Publications.

- HASHEMI-ANA, S. K., KHOSRAVI, M. & TAVOUSHI, T., 2015. Validation of AOGCMs capabilities for simulation length of dry spells under the climate change in Southwestern area of Iran. *Open J Air Pollut*, 4, 76-85.
- KIM, H., PARK, J., YOO, J. & KIM, T.-W., 2015. Assessment of drought hazard, vulnerability, and risk: a case study for administrative districts in South Korea. *Journal of Hydro-environment Research*, 9, 28-35.
- LABUDOVA, L., SCHEFCZYK, L. & HEINEMANN, G. The comparison of the SPI and the SPEI using COSMO model data in two selected Slovakian river basins. EGU General Assembly Conference Abstracts, 2014.
- LIN, M.-L. & CHEN, C.-W., 2011. Using GIS-based spatial geocomputation from remotely sensed data for drought risk-sensitive assessment. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 7, 657-668.
- LITTLEWOOD, I., DOWN, K., PARKER, J. & POST, D. 1997. IHACRES—Catchment-scale rainfall-streamflow modelling (PC version) Version 1.0—April 1997. *The Australian National University, Institute of Hydrology and Centre for Ecology and Hydrology*.
- LUBIS, M., TAKI, H., ANUROGO, W., PAMUNGKAS, D., WICAKSONO, P. & APRILLIYANTI, T. Mapping the distribution of potential land drought in Batam Island using the integration of remote sensing and geographic information systems (GIS). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2017. IOP Publishing, 012012.
- MA, M., REN, L., SINGH, V. P., YUAN, F., CHEN, L., YANG, X. & LIU, Y. 2016. Hydrologic model-based almer indices for drought characterization in the Yellow River basin, China. *Stochastic environmental research and risk assessment*, 30, 1401-1420.
- MCKEE, T. B., DOESKEN, N. J. & KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, 1993. American Meteorological Society Boston, MA, 179-183.
- PANDEY, R. P., PANDEY, A., GALKATE, R. V., BYUN, H.-R. & MAL, B. C., 2010. Integrating hydro-meteorological and physiographic factors for assessment of vulnerability to drought. *Water resources management*, 24, 4199-4217.
- PANDEY, S., PANDEY, A., NATHAWAT, M., KUMAR, M. & MAHANTI, N., 2012. Drought hazard assessment using geoinformatics over parts of Chotanagpur plateau region, Jharkhand, India. *Natural hazards*, 63, 279-303.
- PEI, W., FU, Q., LIU, D., LI, T.-X., CHENG, K. & CUI, S., 2017. Spatiotemporal analysis of the agricultural drought risk in Heilongjiang Province, China. *Theoretical and Applied Climatology*, 1-14.
- PRATHUMCHAI, K., HONDA, K. & NUALCHAWEE, K. Drought risk evaluation using remote sensing and GIS: a case study in Lop Buri Province. 22nd Asian conference on remote sensing, 2001. 9.
- REDUCTION, U. N. S. F. D., 2007. Drought risk reduction framework and practices: Contributing to the implementation of the hyogo framework for action. UNISDR Geneva (CH).
- SAMANI, Z., 2000. Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 126, 265-267.
- SHAHID, S. & BEHRAWAN, H. 2008. Drought risk assessment in the western part of Bangladesh. *Natural Hazards*, 46, 391-413.
- SOLOMON, S., QIN, D., MANNING, M., CHEN, Z., MARQUIS, M., AVERYT, K. B., TIGNOR, M. & MILLER, H. L., 2007. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, 2007. Cambridge University Press, Cambridge.

- TIGKAS, D., VANGELIS, H. & TSAKIRIS, G., 2017. An enhanced effective reconnaissance drought index for the characterisation of agricultural drought. *Environmental Processes*, 4, 137-148.
- TSAKIRIS, G., 2007. Practical application of risk and hazard concepts in proactive planning. *European Water*, 19, 47-56.
- UNISDR, U., 2009. Terminology on disaster risk reduction. *Geneva, Switzerland*.
- VALVERDE-ARIAS, O., GARRIDO, A., VALENCIA, J. L. & TARQUIS, A. M. 2018. Using geographical information system to generate a drought risk map for rice cultivation: Case study in Babahoyo canton (Ecuador). *Biosystems Engineering*, 168, 26-41.
- VICENTE-SERRANO, S. M., BEGUERÍA, S. & LÓPEZ-MORENO, J. I., 2010. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of climate*, 23, 1696-1718.
- VICENTE-SERRANO, S. M., BEGUERÍA, S. & LÓPEZ-MORENO, J. I., 2010. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of climate*, 23, 1696-1718.
- WENTZ, F. J., RICCIARDULLI, L., HILBURN, K. & MEARS, C., 2007. How much more rain will global warming bring? *Science*, 317, 233-235.
- WILHITE, D. A., HAYES, M. J., KNUTSON, C. & SMITH, K. H. 2000. Planning for Drought: Moving From Crisis to Risk Management 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 36, 697-710.
- WU, H. & WILHITE, D. A., 2004. An operational agricultural drought risk assessment model for Nebraska, USA. *Natural Hazards*, 33, 1-21.
- Wu, Z., et al., 2018. "Climate and drought risk regionalisation in China based on probabilistic aridity and drought index." *Science of the Total Environment* 612: 513-521.
- YADUVANSHI, A., SRIVASTAVA, P. K. & PANDEY, A., 2015. Integrating TRMM and MODIS satellite with socio-economic vulnerability for monitoring drought risk over a tropical region of India. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 83, 14-27.
- YUAN, X.-C., ZHOU, Y.-L., JIN, J.-L. & WEI, Y.-M., 2013. Risk analysis for drought hazard in China: a case study in Huaibei Plain. *Natural hazards*, 67, 879-900.

بررسی خصوصیات شیمیایی و کانی‌شناسی گرد و غبار ورودی به شمال شرق ایران و پتانسیل بیماری‌زایی آن

ملیحه باغی - دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
علیرضا راشکی^۱ - استادیار بیابان‌زدایی، گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
محمد حسین محمودی قزایی - دانشیار ژئوشیمی رسوبی و محیط زیست، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۷/۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۲/۱۹

چکیده

پدیده گرد و غبار یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی جهان بخصوص در حاشیه بیابان‌ها و اقلیم خشک و نیمه خشک است. در فصل تابستان، طوفان‌های گرد و غبار ناشی از وزش بادهای صدمو بیست که از بیابان قره‌قوم در جنوب ترکمنستان و بعضاً بستر خشک دریاچه آرال سرچشمه می‌گیرند، بخش شمال شرقی ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهند و شرایط زیست ساکنان این مناطق را به مخاطره می‌اندازند. به‌منظور درک تأثیر گردوغبار بر سلامت، خصوصیات شیمیایی گردوغبار ورودی به این مناطق مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور اقدام به نصب نمونه بردار در مرز ایران و ترکمنستان (سرخس) و ایران و افغانستان (تایباد) گردید و نمونه برداری از تیر تا مهرماه ۱۳۹۶ به صورت ماهانه انجام گرفت و خصوصیات کانی‌شناسی و شیمیایی گرد و غبار با استفاده از روش‌های ICP و XRD انجام گرفت. نتایج نشان داد که در بین عناصر اصلی کلسیم، آلومینیم و سیلیسیم به ترتیب درصد بیشتری داشته و مقدار قابل توجهی از عناصر کمیاب B، S، Ba و Sr نسبت به دیگر عناصر در منطقه وجود دارند. کانی‌های کوارتز، کلسیت، دولومیت و مونت-موریلونیت درصد بیشتری را نسبت به کانی‌های دیگر در بین نمونه‌های مورد مطالعه به خود اختصاص داده‌اند. وجود عناصر سنگین نظیر آرسنیک، سرب، تنگستن، کادمیوم و آهن در نمونه‌های گرد و غبار در غلظت‌های بالا احتمال بروز سینوزیت، برونشیت، آسم و آلرژی و صدمه به عملکرد دفاعی ماکروفاژها که منجر به افزایش عفونت‌های بیمارستانی می‌گردد را افزایش می‌دهد.

کلیدواژه‌ها: گرد و غبار، شمال شرق ایران، سرخس، خصوصیات شیمیایی، XRD، سلامت

۱- مقدمه

انتقال و رسوب گذاری گردوغبار یک مسئله مهم در رابطه با اقلیم، سلامت انسان و اکوسیستم شناخته می شود. گردوغبار منتقل شده تأثیر قابل توجهی در اکوسیستم و چرخه های بیوژئوشیمیایی زمین دارد (لاورنس و نف^۱، ۲۰۰۹). فرسایش بادی ترجیحاً ذرات ریز خاک را که اغلب غنی از عناصر کمیاب می باشند از خاک حذف می کند (لی^۲ و همکاران ۲۰۰۸). برآورد شده است که سالانه ۱۰۰۰ تا ۳۰۰۰ تن آئروسل معدنی در داخل جو در سراسر جهان منتشر می شود (المیدا^۳، ۱۹۸۷؛ جونز^۴ و همکاران، ۱۹۹۵) که می تواند در مسافت های طولانی منتقل شود (پروسیرو^۵، ۱۹۹۹). این انتقال می تواند درون یک قاره و یا بین قاره ای باشد بطوریکه گرد و غبار می تواند از شمال آفریقای به خاورمیانه و به آسیای شرقی نیز برسد (تناکا^۶، ۲۰۰۵).

نقش گردوغبار در فرایندهای اتمسفری به انواع پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، توزیع اندازه، منابع گردوغبار و ترکیب فرایندها در اتمسفر بستگی دارد (راشکی و همکاران، ۲۰۱۳). ترکیب شیمیایی مواد معلق تابعی از منابع انتشار و واکنش های شیمیایی است که در اتمسفر صورت می گیرد. ترکیب کانی شناسی ذرات گرد و غبار ترسیب یافته در شهر اهواز عمدتاً شامل کلسیت، کوارتز و فلدسپات است (کریمیان، ۱۳۹۵). بر اساس بررسی های کانی شناسی غبار مناطق مختلف شهر کرمان، کانی های کوارتز، کلسیت، فلدسپات، پیرکسن، میکا، زئولیت، سیلیکات های کلسیم آبدار و کانی های رسی بیشترین میزان ذرات غبار را به خود اختصاص می دهند (رضایی و همکاران، ۱۳۹۲). سیلیکات (کوارتز) و کربنات (کلسیت) بیشترین فراوانی ذرات گرد و غبار در بیرجند را دارند (دنیایی و پورخباز، ۲۰۱۷). گرد و غبار روی عوامل متعددی چون سلامت بشر، اقتصاد، کشاورزی و ... تأثیرگذار است، برخی از آلاینده های گردوغبار زمانی که از روی مناطق مسکونی عبور می کنند بر سلامت انسان تأثیر منفی می گذارند (لارنی^۷، ۱۹۹۹). این گردوغبارها شامل مقادیر زیادی نمک، مواد معدنی و آلی و از همه مهم تر پاتوژن ها و آلاینده های انسانی شامل آفت کش ها، فلزات سنگین، ایزوتوپ های رادیواکتیو می باشد (زادی^۸ و همکاران، ۲۰۰۱).

مناطق وسیعی از جنوب ترکمنستان، شرق ایران و غرب افغانستان تحت جریان های بادی تحت عنوان بادهای صدوبیست روزه می باشد که عمدتاً در از اواخر فصل بهار تا انتهای فصل تابستان وزش دارند. این بادهای در اثر یک مرکز کم فشار نسبتاً قوی در جنوب شرق ایران و همچنین دو مرکز پرفشار یکی بر روی دریای خزر و دیگری در

1 Lawrenc and Neff

2 Li

3 Almeida

4 Jones

5 Prospero

6 Tanaka

7 Larney

8 Zaady

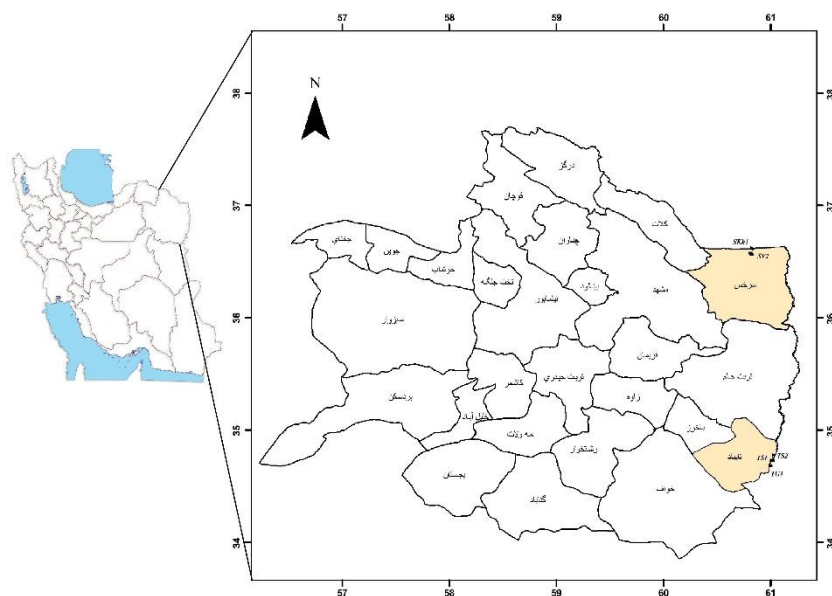
ارتفاعات کوه‌های هندوکش می‌باشد که در این میان نقش فرابار روی دریای خزر از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد و این جریان‌ها باعث وقوع گردوغبار می‌گردند. (اورلوسکی^۱، ۲۰۰۴؛ راشکی و همکاران، ۲۰۱۵، ۲۰۱۸؛ کاسکوتیس^۲ و همکاران، ۲۰۱۶؛ حسین زاده، ۱۳۷۶). طوفان‌های وسیع گردوغبار منشأ گرفته از بیابان قره‌قوم در جنوب ترکمنستان و بستر خشک دریاچه آرال، عمدتاً بخش شمال شرقی ایران تا مرزهای افغانستان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (معصومی و همکاران ۲۰۱۳؛ اورلوسکی، ۲۰۰۲، راشکی و همکاران، ۲۰۱۵). این گرد و غبار سلامت ساکنین مناطق شرقی ایران را تحت تأثیر قرار می‌دهد بخصوص اینکه ممکن است این گرد و غبار از مناطق بسیار آلوده از جمله دریاچه آرال (معصومی و همکاران ۲۰۱۳، اورلوسکی، ۲۰۰۲) سرچشمه گرفته باشد. در این مطالعه هدف بررسی خصوصیات شیمیایی و کانی شناسی گرد و غبار و در نهایت بررسی اثرات احتمالی آن بر ساکنین منطقه است. در منطقه مورد مطالعه تا کنون مطالعه‌ای در زمینه خصوصیات شیمیایی گرد و غبار ورودی به کشور انجام نشده و با توجه به موقعیت استراتژیک منطقه این بررسی ضروری به نظر می‌رسد.

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شرق خراسان بزرگ تحت تأثیر جریان‌های بادی شدیدی است که معمولاً به بادهای ۱۲۰ روزه و یا باد لوار معروف هستند. این بادهای معمولاً در فصل بهار و مخصوصاً فصل تابستان از جهت شمال به جنوب وزش دارند و در انتها منجر به وقوع طوفان‌های گرد و غبار بخصوص در منطقه سیستان می‌گردند اما بیابان‌هایی که در کشور ترکمنستان وجود دارد بخصوص بیابان قره‌قوم یکی از مناطق عمده انتشار گرد و غبار در شرق خراسان معرفی گردیده‌است (معصومی و همکاران ۲۰۱۳) اما در کنار آن منابع محلی دیگری در کشور افغانستان و همچنین در کشور ایران از جمله مناطق غبار خیز هستند. شهرستان سرخس به عنوان شرقی‌ترین شهرستان خراسان رضوی اولین منطقه‌ای می‌باشد که تحت تأثیر این گرد و غبار ورودی از کشور ترکمنستان قرار می‌گیرد و بعد از آن شهرستان تایباد به دلیل همجواری با کشور افغانستان نیز می‌تواند گرد و غبار کشور افغانستان را دریافت کند. بدلیل ذکر شده این دو منطقه به عنوان مناطق مورد مطالعه و نمونه برداری گرد و غبار انتخاب شدند.

1 Orlovsky

2 Kaskaoutis



شکل ۱- نقشه موقعیت نصب نمونه گیرها

۲- مواد و روشها

۲-۱- گلبادها

گلباد مدل و نموداری برای تشکیل وضعیت سرعت^۱ و جهت باد^۲ در زمانهای مختلف است. با این روش ما می توانیم به یک دید کلی از شرایط باد منطقه مورد نظر برسیم. برای تشخیص جهت و فراوانی بادهای حامل گرد و غبار منطقه و رسم گلباد آنها، ابتدا داده های گردوغباری در دوره آماری ۳۲ ساله از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۶ مربوط به ایستگاه هواشناسی سرخس و ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۵ مربوط به ایستگاه هواشناسی تایباد به صورت ساعتی از سازمان هواشناسی ایران دریافت شد و مورد پردازش قرار گرفت. گلباد ایستگاهها در روزهای گرد و غباری در هشت جهت جغرافیایی رسم گردیدند و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

۲-۲- مسیریابی گرد و غبار با استفاده از مدل HYSPLIT

طوفانهای قوی می توانند شنهای نرم را از سطوح خشک برداشت کنند. شن و غبار بلند شده بسته به ویژگیهای باد (سرعت و جهت) به مناطق دیگر منتقل می شوند. با توجه به گرد و غبار به عنوان یک جسم در حال حرکت در فضا و زمان، محاسبه مسیر حرکت آن می تواند جهت تعیین مسیری که در ادامه طی می کند مورد استفاده قرار بگیرد. یکی از مدل های شبیه سازی پراکنش و نشست کاربردی در زمینه مدل سازی گرد و غبار منطقه ای و جهانی، مدل HYSPLIT

1 Wind Speed(FF)

2 Wind Direction(DD)

است، این روش برای تخمین خط سیر طوفان‌ها بکار می‌رود (اشرفی و همکاران ۲۰۱۴) در هواشناسی دینامیک و در مکانیک سیالات دو رهیافت اصلی در مطالعه سیالات وجود دارد: رهیافت اویلری و رهیافت لاگرانژی (لاگرانژی) در چارچوب لاگرانژی بسته هوا به مثابه یک حباب فرضی است که در هنگام حرکت در اتمسفر دنبال می‌شود. از آنجایی که در رهیافت لاگرانژی هر ذره در زمان‌های مختلف موقعیت‌های متفاوتی خواهد داشت، بنابراین رهیافت لاگرانژی این امکان را فراهم می‌کند که مدل‌های پایه لاگرانژی پس از انتخاب ذره در موقعیت مکانی و زمانی خاص، حرکت آن را در گام‌های زمانی دلخواه به سمت آینده روش Forward یا به سمت زمان‌های گذشته Backward ردیابی کنند (کیخسروی و میرزایی، ۱۳۹۴). جهت ردیابی حرکت توده‌های هوا در زمان وقوع طوفان‌های گرد و غبار در منطقه مدل لاگرانژی HYSPLIT به کار گرفته شد. برای این منظور، بعد شناسایی روزهای گرد و غبار در ایستگاه مورد بررسی، با استفاده از مدل پسگرد (HYSPLIT (Backward)، خط سیر حرکت توده‌های هوا در سه ارتفاع اولیه ۵۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۵۰۰ متر بالاتر از سطح ایستگاه تا ۷۲ ساعت قبل از وقوع طوفان‌های گرد و غبار با گام‌های زمانی ۶ ساعته، از جولای تا اکتبر (از ۹ تیر تا ۳۰ مهر) ۲۰۱۷ محاسبه و نقشه آن‌ها در بازه نمونه‌برداری تهیه و ترسیم گردید. به طور کلی، در استفاده از مدل لاگرانژی HYSPLIT، برای نمونه‌های سال ۲۰۰۶ و بالاتر از داده‌های GDAS^۱ (سامانه یکپارچه‌سازی داده‌های جهانی)، و برای نمونه‌های قبل از سال ۲۰۰۶ علت در دسترس نبودن داده‌های GDAS از داده‌های Reanalysis global data استفاده شده است. داده‌های خروجی مدل آنلاین هیسپلیت از سایت (http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php) دانلود گردید.

۲-۳- نمونه برداری ریزگرد

برای تعیین خصوصیات شیمیایی گرد و غبار، تجهیزات نمونه برداری مناسب در جهت باد غالب در مرزهای شمال شرقی کشور، نزدیک مرز ترکمنستان و افغانستان در تابستان که فراوانی وقوع پدیده گردوغبار بالاست طراحی و ساخته شد که شامل ۴ دستگاه نمونه بردار عبوری (تله‌های رسوب‌گیر سیفونی شکل) و ۵ دستگاه نمونه بردار ته نشینی (نمونه‌بردارهای قیفی شکل) می‌باشد. برداشت نمونه‌های جمع آوری شده از تجهیزات در طول یک دوره ۴ ماهه از تیر ماه ۱۳۹۶ به صورت ماهانه انجام گردید. در پایان مهر ماه تعداد ۲۶ نمونه جمع آوری شد. در نهایت تعداد ۷ نمونه که از لحاظ مقدار و دانه بندی برای آنالیز مناسب بودند انتخاب و جهت آنالیز به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی ارسال گردید.

1 Global Data Assimilation System

جدول ۱- نمونه‌های ارسال شده به آزمایشگاه

شماره نمونه	کد نمونه	مشخصات نمونه
1	TP	نمونه عبوری تایباد
2	TD	نمونه ته نشینی تایباد
3	SPA	نمونه عبوری سرخس A
4	TG	نمونه گمرک تایباد
5	SDB	نمونه ته نشینی سرخس B
6	SDA	نمونه ته نشینی سرخس A
7	SPB	نمونه عبوری سرخس B

۲-۴- مطالعات آزمایشگاهی

۲-۴-۱- آزمایش (ICP)

آنالیز شیمیایی ذرات گرد و غبار می‌تواند فلزات سنگین و همچنین عناصر کمیاب که معمولاً برای سلامتی انسان‌ها مضر هستند را شناسایی کند (راشکی و همکاران ۲۰۱۳). تعیین ترکیب شیمیایی ذرات گرد و غبار برای مشخص شدن منابع احتمالی گرد و غبار، مدل سازی کیفیت آب و هوا و درک اثرات احتمالی گرد و غبار بر سلامت، خاک، بارش، بیوشیمی اقیانوس و پدیده هوازدگی مهم است (گودی و میدلتون^۱، ۲۰۰۶). برای تعیین خصوصیات شیمیایی نمونه‌های گرد و غبار، تعداد ۳ نمونه عبوری و ۴ نمونه ته‌نشینی جهت آنالیز ICP و مشخص شدن عناصر اصلی و فرعی موجود در نمونه‌ها به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی ارسال شد.

۲-۴-۲- آزمایش کانی شناسی (XRD)

آنالیز کانی‌ها توسط XRD^۲ یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های غیرمخرب برای کانی‌ها است که بر خصوصیات کانی‌ها از قبیل کوارتز، فلدسپات، کلسیت، دولومیت، رس، نمک و اکسیدهای آهن بی‌اثر می‌باشد (راشکی ۲۰۱۳). تعداد ۳ نمونه جهت آنالیز XRD و مشخص شدن نوع کانی‌های موجود به آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی منتقل شد.

۳- نتایج و بحث

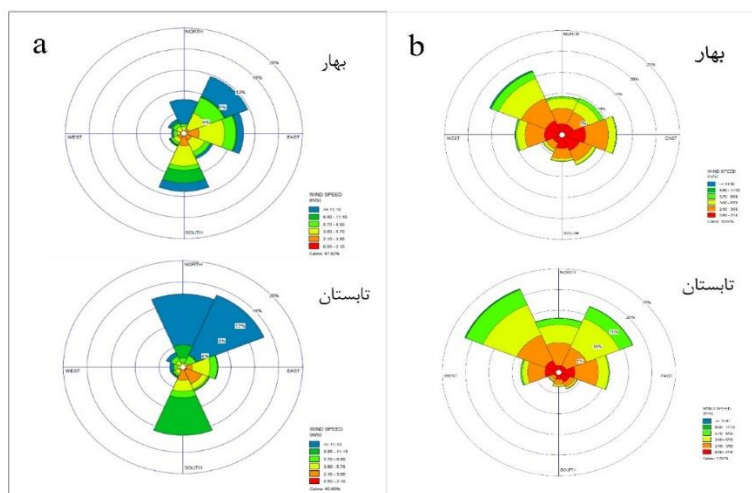
۳-۱- بررسی باد منطقه

از آنجایی که رخدادهای گرد و غبار بیشتر در فصول بهار و تابستان منطقه را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد و در تایباد این پدیده در این فصول از مرزهای شرقی وارد منطقه می‌شود در نتیجه گلباد فصل بهار و تابستان مورد بررسی

1 Goudie & Middleton

2 X-ray Diffraction

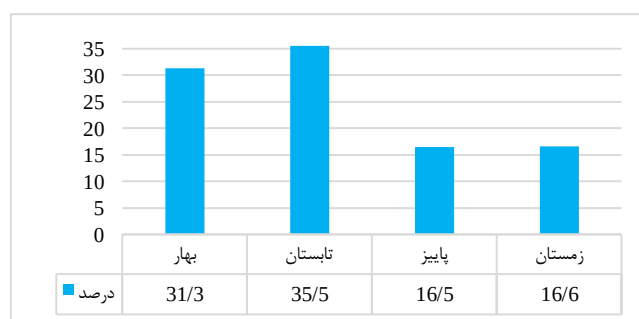
قرار گرفت. گلباد سرخس نشان می‌دهد که باد غالب در تمام طول سال از شمال غرب می‌وزد و بیشترین سرعت باد مربوط به فصل تابستان است. در تایباد باد غالب در بهار از سمت شمال شرق می‌وزد، در فصل تابستان نیز باد غالب شمال شرقی است اما باد شمالی نیز مقدار قابل توجهی را به خود اختصاص داده است که هر دو این جهات سرعت بیش از 11m/s است.



شکل ۳- گلباد تایباد در فصل بهار و تابستان از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۵ (a) و گلباد سرخس در فصل بهار و تابستان از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷ (b)

۳-۲- بررسی گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه

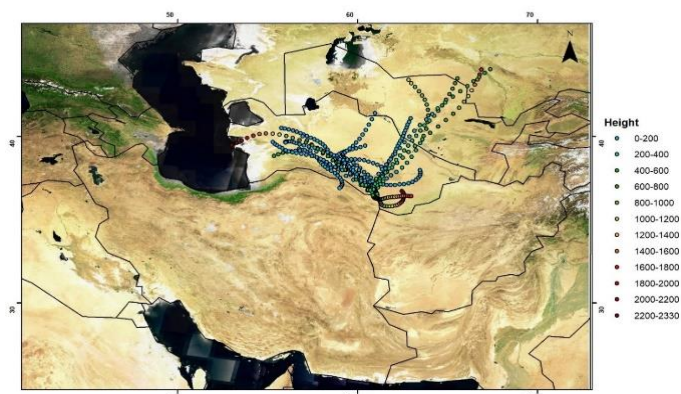
قابلیت دید در فصل تابستان کاهش بیشتری نسبت به سایر فصل‌ها دارد به طوری که روزهای همراه با گرد و غبار در این ماه‌ها درصد بالایی را نشان می‌دهد. در مقابل فصل پاییز کمترین روزهای گردوغباری را دارد. با توجه به اینکه بادهای غالب منطقه و سرعت باد در این زمان بیشترین مقدار است انتظار می‌رود که روزهای گرد و غباری بیشتر در تابستان رخ دهد.



شکل ۵- نمودار بررسی فصلی گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه در طی دوره آماری ۳۲ ساله (۱۹۸۴ تا ۲۰۱۶)

۳-۳- پایش ذرات گرد و غبار با استفاده از مدل HYSPLIT

شکل ۸ مدل HYSPLIT روزهای گرد و غباری در بازه نمونه برداری بر اساس ارتفاع را نشان می‌دهد. بخش عمده ذرات منتقل شده از ترکمنستان و بخش کوچکی نیز از ازبکستان به سمت سرخس حرکت کرده‌اند. با توجه به مسیر حمل ذرات براساس ارتفاع که در محدوده ترکمنستان پایین‌ترین ارتفاع را دارا است و به صفر می‌رسد احتمال می‌رود که ذرات گرد و غبار از این منطقه بارگیری شده به سمت سرخس حرکت کرده است.

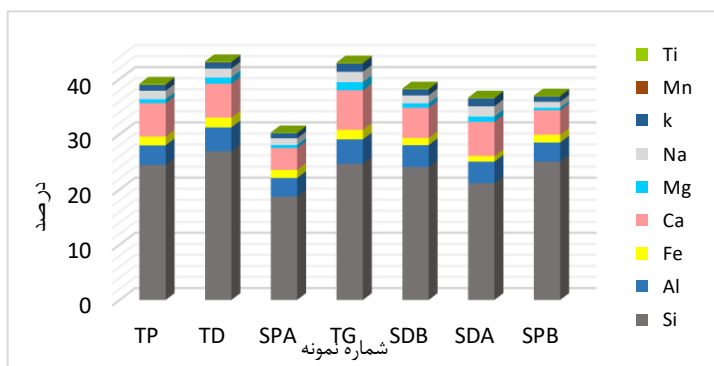


شکل ۸- مدل HYSPLIT روزهای گرد و غباری در بازه نمونه برداری

۳-۴- ترکیب شیمیایی

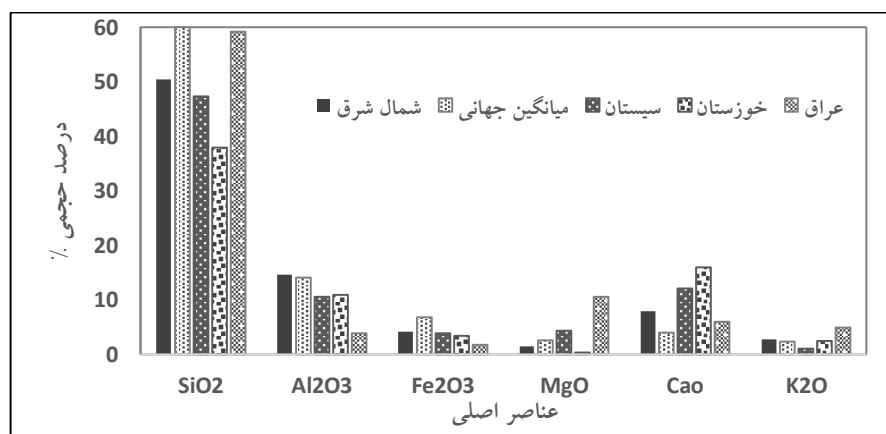
۳-۴-۱- عناصر اصلی

مطالعات دانشمندان نشان‌دهنده است که ترکیب عناصر اصلی گردوغبار جهانی شامل SiO_2 (۵۹/۹۹٪)، Al_2O_3 (۱۴/۱۳٪)، Fe_2O_3 (۶/۸۵٪)، CaO (۳/۹۴٪)، MgO (۲/۶۰٪) و K_2O (۲/۳۵٪) می‌باشد (گودی و میدلتون، ۲۰۰۶). طی آنالیز شیمیایی نمونه‌های گرد و غبار جمع‌آوری شده از تیر تا مهر ۱۳۹۶ در منطقه سرخس و تایباد، ۹ عنصر اصلی شناسایی شد. در شکل ۹ درصد عناصر اصلی حاصل از آنالیز ICP گرد و غبار قرار داده شده است.



شکل ۹- نمودار ستونی درصد عناصر اصلی موجود در نمونه‌های گرد و غبار

شکل ۱۰ مقایسه شش عنصر اصلی SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO و K_2O منطقه مورد مطالعه را با سیستان واقع در جنوب شرقی ایران، منطقه خوزستان در جنوب غربی ایران، عراق و همچنین با میانگین جهانی نشان می‌دهد (راشکی و همکاران ۲۰۱۳- زراسوندی و همکاران ۲۰۱۱- اواد^۱، ۲۰۱۲). مقدار SiO_2 در منطقه مورد مطالعه (۵۰/۴۳) می‌باشد که از سیستان در جنوب شرق ایران (۴۷٪) و خوزستان در جنوب غرب ایران (۳۸٪) بیشتر و از میانگین جهانی (۵۹/۹۹٪) و عراق (۵۹/۲٪) کمتر می‌باشد؛ بنابراین مقدار کانی کوارتز در گرد و غبار ایران کمتر میانگین جهانی است. Al_2O_3 در شمال شرق بیشترین مقدار را دارد (۱۴/۵۸٪) و میانگین جهانی آن ۱۴/۱۳٪ است، این مقدار تقریباً با میانگین جهانی برابر است ولی از سایر مناطق بیشتر است. میانگین جهانی Fe_2O_3 (۶/۸٪) بیشتر از مقدار آن در شمال شرق، سیستان و خوزستان و عراق می‌باشد. مقدار MgO (۱/۴۴٪) منطقه از میانگین جهانی (۲/۶۰٪)، سیستان (۴/۳٪) و خوزستان (۱۰/۵۷٪) کمتر و از عراق (۰/۳٪) بیشتر است. مقدار CaO در منطقه (۷/۸۶٪) می‌باشد که از مقدار جهانی و خوزستان بیشتر است، تقریباً ۲ برابر درصد جهانی است و از سیستان و عراق کمتر است. میانگین جهانی CaO کمتر از مناطق ذکر شده در ایران و عراق است. دلیل این امر می‌تواند منشاء بیابانی اکثر ذرات گرد و غبار در ایران باشد. بارندگی در بیابان و در فصل تابستان جداسازی ترکیبات کلسیم‌دار را تسهیل می‌کند و باعث افزایش Ca در گرد و غبار منشاء گرفته از بیابان می‌شود (وو^۲ و همکاران، ۲۰۰۹). K_2O در شمال شرق (۲/۷۷٪) تقریباً با مقدار جهانی و عراق برابر است، از سیستان (۱٪) بیشتر و از خوزستان (۴/۸۷٪) کمتر است. این عنصر در این مناطق کمتر از ۵٪ را به خود اختصاص داده‌اند.



شکل ۱۰- مقایسه برخی از عناصر اصلی منطقه مورد مطالعه با منطقه سیستان، خوزستان و میانگین جهانی و عراق

1 . Awadh

2 . Wu

مقایسه عناصر اصلی گرد و غبار منطقه مورد مطالعه با مطالعه اوپ^۱ و همکاران، ۲۰۱۶ نشان می‌دهد که میزان عناصر (Ca (% ۱۷-۱۱)، Mg (% ۶-۳)، Na (% ۹-۶)، K (% ۲-۱) در ازبکستان در مقایسه با منطقه مورد مطالعه بسیار بالا بوده و تنها میزان پتاسیم با منطقه مورد مطالعه هم‌خوانی دارد.

۳-۴-۲- عناصر کمیاب

درصد زیادی از عناصر کمیاب بواسطه هوازدگی و فرسایش سنگ‌های آذرین و دگرگونی بوجود می‌آیند (کاسپر^۲، ۲۰۰۸). آنالیز عناصر کمیاب خاک می‌تواند در ارزیابی منشأ رسوبات گرد و غبار به ما کمک کند (وو^۳ و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج نشان می‌دهد که مقدار قابل توجهی از عناصر کمیاب Ba، S، B و Sr نسبت به دیگر عناصر در بین ایستگاه‌های نمونه‌برداری در منطقه وجود دارند؛ غبار استرانسیم موجود در هوا در اثر فعالیت‌های انسانی مانند سوختن زغال و نفت حاصل می‌شود؛ بعلاوه این عنصر در اثر هوازدگی سنگ‌ها نیز بوجود می‌آید. داده‌های ایزوتوپ‌های استرانسیم نشان می‌دهد که ۵۰-۷۰ درصد مقادیر موجود در سیلیکات‌های موجود در ۲۵ سانتی‌متری بالایی پروفیل خاک به اتمسفر منتقل می‌شود؛ بنابراین افزایش سیلیکات‌ها در خاک منجر به افزایش استرانسیم موجود در جو می‌شود (اسمعیل زاده حسینی و همکاران ۱۳۹۷). زیرکونیم در طبیعت به صورت آزاد یافت نمی‌شود و منبع مهم آن کانی‌های سیلیکاتی می‌باشد (موچان^۴ و همکاران، ۱۹۶۹) و عنصر SiO₂ علت حضور آن در منطقه است. در بین عناصر کمیاب دو عنصر تنگستن و مولیبدن تنها در نمونه‌گیر ته‌نشینی خانگیران سرخس (SDA) مشاهده شده است. طبق بررسی‌های آزمایشگاهی و تکرار آزمایش مشخص شد که وجود این دو عنصر در نمونه حاصل خطای آزمایشی نبوده و جزئی از عناصر نمونه هستند. از آنجایی که نمونه‌گیر عبوری (SPA) با فاصله یک متر و نمونه‌گیر دیگری (نمونه‌گیر B) با فاصله حدود یک کیلومتری این نمونه‌گیر قرار داشته است و فاصله زیادی از هم ندارند احتمالاً منشأ گردوغبار که در این نمونه‌گیر ته‌نشین شده با سایر نمونه‌گیرها متفاوت است و منشأ محلی ندارد.

وجود مقادیر زیاد عناصر در نمونه‌های ته‌نشینی هر دو منطقه نسبت به عبوری به دلیل این است که نمونه‌گیرهای عبوری در جهت باد غالب قرار دارند و تنها ذرات گردوغباری که توسط باد غالب حمل می‌شوند را دریافت می‌کنند و اینکه نمونه‌گیرهای عبوری ذرات گرد و غبار را از ارتفاع کمتر دریافت می‌کنند ولی نمونه‌گیرهای ته‌نشینی ذرات از ارتفاعات زیاد ته‌نشین می‌شود و گرد و غبار از همه جهات وارد آن می‌شود. این مسئله کارایی نمونه‌گیرهای ته‌نشینی نسبت به عبوری در منطقه را نشان می‌دهد.

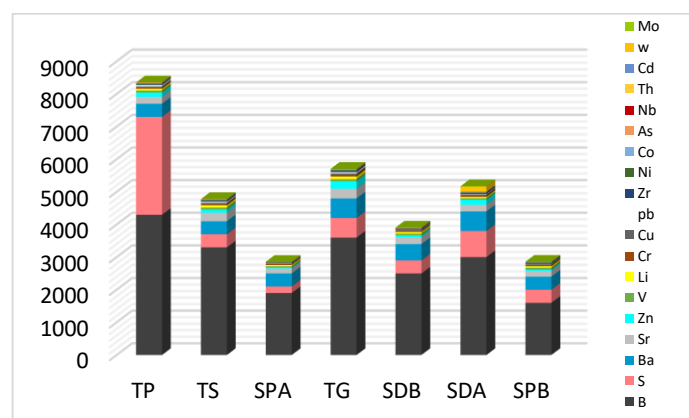
1 Opp

2 Kasper

3 Wu

4 Movchan

وجود عناصر بیشتر در نمونه‌های گمرک نسبت به دو نمونه‌گیری که در تایباد نصب شده به این علت است که گمرک محل ترانزیت است ولی محل نصب نمونه‌گیرهای دیگر یک منطقه حفاظت شده است که تردد در آن خیلی کم است. دلیل دیگر اینکه عناصر موجود در نمونه گمرک به مرور زمان در یک بازه زمانی طولانی ته‌نشین شده‌اند در حالی که نمونه‌گیرهای نصب شده در منطقه تنها ۴ ماه نمونه‌گیری کرده‌اند و طبیعتاً میزان عناصر آن نسبت به نمونه‌های دیگر بیشتر خواهد بود.



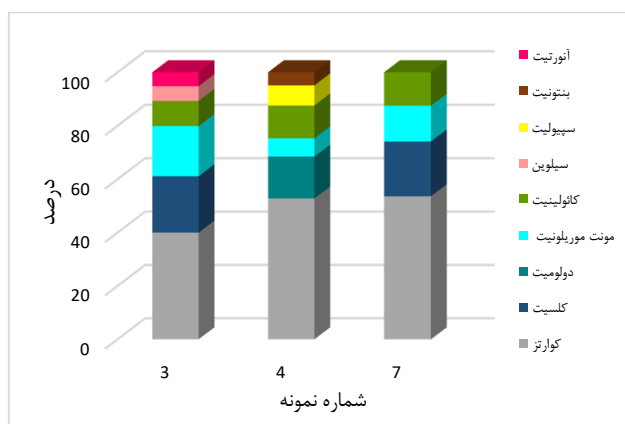
شکل ۱۱- نمودار میزان عناصر کمیاب موجود در نمونه‌های ریزگرد بر حسب ppm

مقایسه عناصر کمیاب منطقه با مطالعه راشکی و همکاران ۲۰۱۳ در جنوب شرق ایران نشان می‌دهد که عناصر S, Cr, Zr, V در جنوب شرق بیشتر از شمال شرق است و عناصر Sr, Ba, Zn, Ni, Pb و Cu در شمال شرق بیشتر است. مطالعه رضایی و همکاران ۱۳۹۲ نشان می‌دهد که عناصر As, Cr, Zn, Mg, Ca و Fe در کرمان بیشتر از شمال شرق و عناصر Na, K و Cd در شمال شرق بیشتر است. در مطالعه زراسوندی و همکاران ۲۰۱۱، عناصر Mo, Zr, Nb, Co, S, Zn, Cu, Cr و Th بیشتر از منطقه مورد مطالعه و عناصر Sr, Pb, Ni, Ba و W کمتر از منطقه مورد مطالعه است. وجود عناصر Cr, Zn, Cu, Pb, Ni, As, Cd در ازبکستان (اوپ و همکاران، ۲۰۱۶) و شمال شرق ایران مشابه است ولی میزان این عناصر در ازبکستان کمتر است. دو عنصر لیتیم و بور در منطقه مورد مطالعه وجود دارد در حالی که در سایر مناطق حضور نداشته است.

۳-۵- کانی‌شناسی نمونه‌ها

بر اساس نتایج آنالیز XRD نمونه‌های گرد و غبار ۹ کانی در نمونه‌های گرد و غبار شناسایی شده است. شکل ۱۲ نشان می‌دهد که کوارتز، کلسیت، دولومیت و مونت‌موریلونیت درصد بیشتری را نسبت به کانی‌های دیگر در بین نمونه‌های مورد مطالعه به خود اختصاص داده‌اند. کانی کوارتز، مونت‌موریلونیت و کائولینیت در همه نمونه‌های گرد

و غبار موجود می‌باشد. دو نمونه شماره ۳ و ۷ مربوط به سرخس هستند در این نمونه‌ها کانی‌های کلسیت، سیلین و آنورتیت حضور دارد در حالی که در نمونه شماره ۴ مربوط به تایباد کانی دولومیت، بنتونیت و سیپولیت حضور دارند که در سایر نمونه‌ها نیست.



شکل ۱۲- درصد کانی‌های موجود در نمونه‌های گرد و غبار

کانی کوآرتز نسبت به سایر کانی‌ها فراوانی بیشتری در بین نمونه‌ها دارد. کوآرتز کانی سیلیکاته‌ای که بعد از فلدسپات دومین کانی فراوان پسته زمین است. تجزیه و تحلیل شرایط رسوبگذاری بر اساس فراوانی کوآرتز روش مطمئن‌تری برای درک شرایط محل غبار است؛ زیرا کوآرتز تحت تأثیر فرایندهای هوازدگی و خاکزایی قرار نمی‌گیرد. اندازه و فراوانی کانی کوآرتز در جهت وزش باد همواره کاهش می‌یابد (خواجه و همکاران ۱۳۸۳). آنورتیت نوعی فلدسپات پلاژیوکلاز غنی از کلسیم است. پلاژیوکلازها به طور فراوان در سنگ‌های آذرین و دگرگونی و ماسه‌سنگ‌ها یافت می‌شوند. این کانی‌ها در حرارت‌های بالا و در محیط‌های خشک تشکیل می‌شوند. فلدسپات گسترده‌ترین نوع سیلیکات‌ها در پسته زمین هستند و آن‌ها تقریباً ۵۰ درصد وزن پسته زمین را تشکیل می‌دهند. از تجزیه شیمیایی فلدسپات‌ها کانی‌های رسی به وجود می‌آید. کانی‌های مونت موریلونیت، کائولینیت، بنتونیت و سیپولیت از دسته کانی‌های رسی هستند. بنتونیت از تبدیل توف‌های ولکانیکی و ترکیبات مونت‌موریلونیت حاصل می‌شوند، تجزیه خاکستراتشفشانی عموماً در محیط‌های شور و باتلاقی انجام می‌شود. سیپولیت از طریق انتقال منیزیم در آب‌های قلیایی دریاچه‌های غنی از سیلیس تشکیل می‌شود. کلسیت و دولومیت از جمله کانی‌های کربناته هستند که از واکنش شیمیایی یون‌ها در آب‌های گرم و کم عمق به وجود می‌آیند.

با توجه به جهت باد غالب شمال شرقی، خروجی‌های مدل Hysplit و وجود بیابان‌های رسی در شمال سرخس در ترکمنستان (اورلوسکی و همکاران، ۲۰۰۵)، وجود کانی‌های رسی در این منطقه می‌تواند نشأت گرفته از مناطق بالادست در ترکمنستان باشد.

با مقایسه مطالعه راشکی و همکاران در سال ۲۰۱۳ بر روی ریزگردهای جنوب شرق ایران، با توجه به نتایج XRD ریزگردهای دو منطقه کانی‌های مشابه کوارتز، کلسیت، دولومیت، پلاژیوکلز اما در جنوب شرق از نوع آلیت و در شمال شرق از نوع آنورتیت است. میزان کوارتز در شمال شرق بیشتر از جنوب شرق است. مطالعه رضایی و همکاران در کرمان ۱۳۹۲ بیان گر این است که کانی‌های کوارتز، کلسیت، آنورتیت و کانی‌های رسی در دو منطقه وجود دارد. ترکیب کانی شناسی در عراق (اواد، ۲۰۱۲) کوارتز ۴۹٫۲، فلدسپات ۴٫۹، کلسیت ۳۸ دولومیت ۰٫۸ درصد در مقایسه کوارتز و فلدسپات تقریباً برابر و کلسیت بیشتر و دولومیت کمتر از شمال شرق است. نتایج حاصل از بررسی‌های زراسوندی و همکاران نشان داد که ترکیب کانی شناسی ذرات گرد و غبار خوزستان را می‌توان در سه گروه خلاصه کرد. کربنات (بیشتر کلسیت)، سیلیکات (بیشتر کوارتز) و گروه رس‌ها (کانی غالب کائولن) طبقه بندی کرد. در مطالعه شتار و همکاران ۲۰۱۴ کانی‌های شناسایی شده در آسیای میانه شامل فیلسیلیکات ۴۱٪، کانی‌های رسی ۲۲٪، میکا و کلریت ۱۹٪، کربنات ۱۴٪، کلسیت ۱۳٪، دولومیت ۱٪، کوارتز ۹٪ و فلدسپات ۶٪ است که با کانی‌های موجود در نمونه‌های شمال شرق مشابهت دارد با توجه به مسیر حرکت ذرات گرد و غبار با توجه به خروجی‌های مدل Hysplit می‌توان این احتمال را در نظر گرفت که منشأ کانی‌های موجود در منطقه از آسیای میانه نشأت گرفته باشد.

۳-۶- بررسی عناصر موجود در زیرگردها و پتانسیل بیماری‌زایی آن

از آنجایی که میزان عناصر سرب (۱۹/۵۱ppm)، مس (۲۹/۹۱ppm) و منگنز (۴۰۰ppm) بیشتر از حد مجاز اعلام شده است در نتیجه وجود سرب می‌تواند باعث بروز مشکلات رفتاری، عقب ماندگی ذهنی، کاهش باروری زنان و کم خونی شود، مس افسردگی و التهاب چشم و منگنز باعث عفونت و اختلال در حرکت دست و انگشتان ساکنین منطقه شود.

۴- نتیجه‌گیری

بررسی ارتفاعی مسیر حرکت ذرات در بازه نمونه برداری بر اساس خروجی‌های مدل HYSPLIT نشان دهنده این است که احتمالاً ذرات منتقله توسط باد از ترکمنستان و بخش کوچکی از ازبکستان به منطقه مورد مطالعه وارد شده است. عناصر موجود در گرد و غبار منطقه مورد مطالعه در مقایسه گرد و غبار جهانی نشان می‌دهد که CaO تقریباً ۲ برابر درصد جهانی است و سایر اکسیدها تقریباً با درصد‌های جهانی تطابق دارد. عناصر موجود در نمونه‌های تایباد بیشتر از سرخس است و همچنین میزان عناصر موجود در نمونه‌گیرهای ته‌نشینی بیش از عبوری است که این کارایی بیشتر این نمونه‌گیرها را در منطقه نشان می‌دهد. ترکیب کانی‌شناسی ذرات گرد و غبار نشان می‌دهد که کانی‌های تشکیل دهنده نمونه‌های بیشتر شامل کوارتز، کانی‌های رسی و کلسیت است. تشابه کانی‌شناسی بین آسیای میانه،

شمال شرق ایران و سیستان با توجه به مسیر حرکت گرد و غبار در جهت باد غالب و بر اساس مدل Hysplit نشان دهنده حرکت ذرات از آسیای میانه به سمت جنوب تا منطقه سیستان است. با توجه به نتایج آزمایش میزان عناصر سرب، مس و منگنز بیشتر از حد مجاز اعلام شده است و سلامت ساکنین منطقه را تحت تأثیر قرار می دهد.

کتابنامه

- اسمعیل زاده حسینی، میترا سادات. عظیم زاده، حمیدرضا. سودایی زاده، حمید؛ ۱۳۹۷. بررسی مقدار و توزیع مکانی آلانیده استرانسیم در غبار ریزشی بر سطح شهر یزد. محیط زیست طبیعی. منابع طبیعی ایران. دوره ۷۱. شماره ۱. صص ۱۱-۲۴.
- امیدوار، کمال. نکونام، زری؛ ۱۳۹۰. کاربرد گلباد و گل غبار در تحلیل گرد و خاک و تعیین رژیم فصلی بادهای همراه با این پدیده مطالعه موردی شهر سبزوار. پژوهش های جغرافیای طبیعی. ۱۰۴-۷۶:۸۵.
- حسین زاده، سیدرضا. محمدی مرادیان، جمیله؛ ۱۳۹۴. پایش ماهواره ای و تحلیل همدید پدیده گرد و غبار در کلان شهر مشهد طی دوره آماری (۲۰۱۳-۲۰۰۹). جغرافیا و مخاطرات محیطی. شماره ۱۴. صص ۵۷-۳۵.
- حسین زاده، سید رضا؛ ۱۳۷۶. بادهای ۱۲۰ روزه سیستان. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره پیاپی ۴۶. صص ۱۰۳-۱۲۷.
- دوستان، رضا؛ ۱۳۹۵. تحلیل فضایی گرد و غبار در شمالشرق ایران. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه ای. سال چهارم. شماره ۲. پاییز و زمستان ۱۳۹۵. شماره پیاپی ۲۷. صص ۶۷-۹۰.
- رضایی، سمیه. عباس نژاد، احمد. ذاکرین پور، زینب؛ ۱۳۹۲. بررسی ویژگی های کانی شناختی و شیمیایی غبار مناطق مختلف شهر کرمان. مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران. سال بیست و یکم. شماره ۲. صص ۲۸۹-۳۰۲.
- رئیس پور، کوهزاد. طاووسی، تقی و خسروی، محمود؛ ۱۳۸۷. تحلیل آماری همیدی پدیده گرد و غبار در استان خوزستان. پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی. زاهدان. دانشگاه سیستان و بلوچستان. ص ۱۵۷.
- کریمیان، بهناز. لندی، احمد. حجتی، سعید. احدیان، جواد؛ ۱۳۹۵. بررسی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و کانی شناسی گرد و غبار شهر اهواز. تحقیقات آب و خاک ایران. دوره ۴۷. شماره ۱. صص ۱۵۹-۱۷۳.
- کیخسروی، قاسم. میرزائی، سهام؛ ۱۳۹۴. شناسایی و شبیه سازی پدیده گرد و غبار با استفاده از تصاویر ماهواره ای. دومین کنفرانس بین المللی مهندسی محیط زیست. تهران: مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار. تهران
- لشکری، حسن. کیخسروی، قاسم؛ ۱۳۸۷. تحلیل آماری سینوپتیکی توفان های گرد و غباری استان خراسان رضوی در فاصله زمانی (۱۹۹۳-۲۰۰۵). پژوهش های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۵. صص ۳۳-۱۷.

Ashrafi, K. Shafipour-Motlagh, M. Aslemand, A. Ghader, S., 2014. Dust storm simulation over Iran using HYSPLIT. Journal of Environmental Health Science & Engineering 5, 51-62.

- Awadh S. M. 2012. Geochemistry and mineralogical composition of the airborne particles of sand dunes and dust storms settled in Iraq and their environmental impacts. *Environ Earth Sciences* 66:2247–2256. DOI 10.1007/s12665-011-1445-6
- Donyaei, A. Pourkhabbaz, A., 2017. A Comparative Study of the Physico-Chemical Characteristics of Dust-Full Particles in Three Stations of Birjand City in Eastern Iran. *Journal of Climatology & Weather Forecasting*, 5(2) DOI: 10.4172/2332-2594.1000207.
- GuangJian, W., TanDong, Y., BaiQing, X., LiDe, T., Zhen, L. DuanKeqin, D., 2008. Seasonal variations of dust record in the Muztagata ice cores. *Chinese Science Bulletin*, Science in china press Springer. *Chinese Science Bulletin*. 53: 2506–2512.
- Kaskaoutis, D. Rashki, A. Francois, P. Dumka, U. Houssos, E. Legrand, M., 2015. Meteorological regimes modulating dust outbreaks in southwest Asia: *Aeolian Research* 18: 83–97.
- Kasper-Zubillaga, J.J., 2008. Rare earth elements of the Altar Desert dune and coastal sands, Northwestern Mexico. *Chemie der Erde-Geochemistry*, 68(1): 45-59.
- Lawrence, C.R., Neff, J.C., 2009. The contemporary physical and chemical flux of aeolian dust: a synthesis of direct measurements of dust deposition. *Chemical.Geology*. 267, 46–63.
- Li, J., G. S. Okin, L. Alvare and H. Epstein., 2008. Effects of wind erosion on the spatial heterogeneity of soil nutrients in two desert grassland communities. *Biogeochemi*. 88: 73-88.
- Liu, G. Park, S.-U., 2007. The Logarithm-Linear relationship of the occurrence frequency to the duration of sand-dust storms: Evidencee from observational data in China. *Journal of Arid Environments*, 71: 243-249.
- Opp, C. Groll, M. Aslanov, I. Lotz, T. Vereshagina, N., 2016. Aeolian dust deposition in the southern Aral Sea region (Uzbekistan). *Quaternary International* 429: 86-99.
- Orlovsky, L. 2004. Dust storms in Turkmenistan, *Journal of Arid Environments*, 60: 83-97.
- Rashki, A. Eriksson, P. G., Rautenbach, C. J. d. W. Kaskaoutis, D. G., Grote, W., & Dykstra, J., 2013. Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region, Iran. *Chemosphere*, 90: 227-236.
- Schettler, G. Shabunin, A. Kemnitz, H. Knoeller, K. Imashev, S. Rybin, A. Wetzels, H., 2014. Seasonal and diurnal variations in dust characteristics on the northern slopes of the Tien Shan – Grain-size, mineralogy, chemical signatures and isotope composition of attached nitrate. *Journal of Asian Earth Sciences* 88: 257–276.
- Tanaka, T. Y., 2005. Possible transcontinental dust transport from North Africa and the Middle East to East Asia, *Atmospheric Environment*. 39: 3901-3909.
- Wu, G. Xu, B. Zhang, C. Gao, S. Yao, T., 2009. Geochemistry of dust aerosol over the Eastern Pamirs. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 73(4): p. 977-989.
- Zarasvandi, A., E.J.M. Carranza, F. Rastmanesh., 2011. Spatio-temporal occurrences and mineralogical–geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran). *Journal of Geochemical Exploration* 111:138–151.

اثر فعالیت‌های آنتروپوژنیک بر مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از آلودگی فلزات سنگین در اکوسیستم‌های کشاورزی

امیر محسنی - دکترای علوم خاک، گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

ندا محسنی^۱ - استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

سید رضا حسین زاده - دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۷/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۲۷

چکیده

آلودگی‌های زیست‌محیطی از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تخریب و تنزل کیفیت بیوسفر و اجزای آن محسوب شده و در این میان فلزات سنگین از دیدگاه‌های زیستی، اکولوژیکی و سلامتی بشر از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. این پژوهش با هدف بررسی روند تغییرات غلظت عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی در خاک‌های تحت کشت اطراف معدن سرب و روی زنجان و همچنین احتمال خطرپذیری (HQ) به بیماری‌های مرتبط با این عناصر از طریق مصرف محصول مورد نظر صورت پذیرفت. بدین منظور ۴ فاصله مکانی مختلف انتخاب (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ کیلومتر فاصله از معدن) و از هر محدوده ۳ نمونه خاک و ۱۰ نمونه گیاه گندم برداشت شد. عصاره‌های نمونه‌های خاک با استفاده از DTPA و اسید نیتریک ۴ مولار و عصاره‌های گیاه با استفاده از اسید نیتریک ۶۵٪ استخراج و غلظت فلزات با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد غلظت کل و قابل دسترس هر چهار عنصر در خاک و همچنین غلظت این عناصر در دانه گندم با افزایش فاصله از معدن کاهش یافت. بیش‌ترین غلظت سرب (۵۹/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، کادمیوم (۱/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، مس (۴۸/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و روی (۷۹/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از دانه برداشت شده از فواصل ۱۰ کیلومتری از معدن و کمترین غلظت این عناصر از دانه برداشت شده از فاصله ۴۰ کیلومتری از معدن و به ترتیب برابر ۳۱/۸، ۰/۲، ۲/۷ و ۳۷/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. نتایج احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی برای هر یک از عناصر با فاصله از معدن نشان داد که مقادیر احتمال خطرپذیری به بیماری برای عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی با افزایش فاصله از معدن کاهش یافت. همچنین به استثناء عنصر سرب، مقادیر خطرپذیری در هر چهار

منطقه مورد مطالعه کمتر از ۱ بود. این نتایج نشان‌دهنده این است مصرف‌کنندگان این محصولات در محدوده امن از نظر تأثیرات سوء بیماری‌های غیرسرطانی ناشی از غلظت بالای سرب قرار نخواهند گرفت. همچنین علی‌رغم پایین بودن مقادیر HQ عناصر روی، مس و کادمیوم، احتمال افزایش این مقادیر در سال‌های آتی برای این عناصر، به‌ویژه عناصر کادمیوم و مس وجود خواهد داشت؛ بنابراین می‌بایست توجه زیادی به مصرف و کشت در اطراف مناطق صنعتی، صورت گیرد.

کلیدواژه‌ها: ضریب خطر، فلز سنگین، مخاطره زیست‌محیطی، اکوسیستم‌های کشاورزی.

۱- مقدمه

از مهم‌ترین عوامل محیطی که تأثیر زیادی بر رشد گیاهان و کمیت و کیفیت آن‌ها دارد، می‌توان به اقلیم، عناصر غذایی و فلزات سنگین اشاره نمود (استریت^۱، ۲۰۱۲). فلزات سنگین از مهم‌ترین و شناخته‌شده‌ترین آلاینده‌ها هستند که به دلیل ماندگاری زیاد، عدم تجزیه توسط ریزجانداران خاک و ورود به چرخه غذایی انسان معروف هستند (آلوی^۲، ۲۰۱۳). فلزات سنگین موجود در خاک یا به شکل طبیعی و از مواد مادری خاک منشأ می‌گیرند و یا از طریق آلاینده‌های محیطی وارد خاک می‌شوند. آلودگی محیط‌زیست به فلزات سنگین عمدتاً به فناوری‌های نوظهور نسبت داده می‌شود که معمولاً از فعالیت کارخانه‌ها و کارگاه‌های صنعتی، فرونشست‌های اتمسفری، استفاده از فاضلاب‌های شهری و صنعتی در آبیاری، کودهای حیوانی، کودهای شیمیایی، سموم دفع آفات، آهک‌دهی و غیره سرچشمه می‌گیرد (کاباتا-پندیاس و پندیاس^۳، ۲۰۱۰). فلزات را از نظر تغذیه گیاه می‌توان به دو دسته تقسیم‌بندی کرد. دسته اول شامل برخی از عناصر مانند مس (Cu)، نیکل (Ni)، سلنیم (Se) و روی (Zn) که در غلظت‌های کم برای سلامت، رشد و تولید ریزجانداران، گیاهان، حیوانات و همچنین انسان‌ها ضروری می‌باشند. گروه دیگر از عناصر مانند سرب (Pb)، آرسنیک (As)، کادمیوم (Cd) و جیوه (Hg) جزء عناصر ضروری نبوده و ممکن است که در غلظت‌های کم نیز در گیاهان و جانوران ایجاد سمیت کنند (یادو^۴، ۲۰۱۰). آلودگی خاک‌ها با فلزات سنگین به دلیل خطرات آن بر اکوسیستم از جمله خاک، آب، گیاهان، حیوانات و حیات بشر به یک نگرانی جهانی تبدیل شده است (عبدالکدیر^۵ و همکاران، ۲۰۱۳). در سراسر جهان، بیش از ۱۰ میلیون مکان آلوده گزارش شده است که بیش از ۵۰ درصد این مکان‌ها، آلوده به فلزات سنگین هستند (آژانس حفاظت از محیط‌زیست آمریکا^۶، ۲۰۰۶). در ایران نیز با توسعه شهرنشینی و صنعتی شدن، نگرانی قابل‌ملاحظه‌ای در مورد آلودگی خاک‌ها توسط فلزات سنگین وجود

1 Street

2 Alloway

3 Kabata-Pendias and Pendias

4 Yadav

5 Abdel-Kader

6 United states environmental protection agency (USEPA)

دارد. استان زنجان به واسطه دارا بودن معادن زیاد فلزات سنگین، یکی از صنعتی‌ترین شهرهای ایران به‌شمار می‌رود. به‌طور کلی وجود سایت‌های فلزی بزرگ در این استان و انتشار ضایعات ایجاد شده آن‌ها توسط باد و رواناب به مناطق دیگر می‌تواند از جمله دلایل اصلی افزایش غلظت آلاینده‌های فلزی در خاک‌های برخی از مناطق این استان باشد^۱ به‌طوری که در فواصل دور از این سایت‌های معدنکاری آلودگی خاک‌ها نیز دور از اجتناب نخواهد بود. محصولات کشاورزی که در مناطق آلوده کشت می‌شوند به روش مستقیم از طریق ریشه و به‌صورت غیر مستقیم نیز از طریق فرونشست‌های اتمسفری آلوده می‌شوند. همچنین گزارش شده است که محصولات کشاورزی استان زنجان در برخی از مناطق به‌شدت آلوده به فلزات سنگین می‌باشند و این عناصر می‌توانند وارد چرخه غذایی انسان شده و از این طریق سلامتی انسان و دام را تحت تأثیر قرار دهند (چه‌رگانی و همکاران، ۲۰۰۹؛ تابنده و طاهری، ۱۳۹۵). خطر حاصل از جذب فلزات سنگین توسط گیاه و مصرف آن توسط انسان با احتمال خطرپذیری^۱ زیستی (HQ) ارزیابی می‌شود. دامنه امن برای HQ مقادیر کمتر از ۱ می‌باشد، هر چه این مقدار به ۱ نزدیک‌تر و یا بیشتر از واحد شود، نشان‌دهنده خطر فزاینده آن فلز سنگین برای سلامتی انسان است (کاین^۲ و همکاران، ۲۰۱۰). افشاری و همکاران (۱۳۹۴) احتمال خطرپذیری از مصرف محصولات کشاورزی مناطق شهری و صنعتی زنجان را مورد ارزیابی قرار دادند. آن‌ها غلظت بالای فلزات سنگین را در خاک و برخی گیاهان را به فعالیت‌های صنعتی موجود در منطقه نسبت دادند و مقدار پتانسیل خطرپذیری برای عنصر سرب از مصرف محصولات کشاورزی در این منطقه را بزرگ‌تر از ۱ گزارش کردند. بقائی و کشاورزی (۱۳۹۸) در ارتباط با ارزیابی خطر سلامتی کادمیوم در محصولات گلخانه‌ای برداشت شده از گلخانه‌های اطراف معدن ایرانکوه نشان دادند که احتمال خطرپذیری برای عناصر کادمیوم از مصرف سبزیجات گلخانه‌ای بزرگ‌تر از ۱ بوده و توجه به مصرف محصولات گلخانه‌ای تولید شده در اطراف معدن ایرانکوه باید بیشتر مورد توجه قرار گیرد. صالحی‌پور و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی خطرپذیری عناصر سنگین از مصرف گندم کشت شده در استان همدان گزارش کردند که احتمال خطرپذیری به بیماری‌های غیرسرطانی برای عناصر مس و کروم کمتر از ۱ بوده و ساکنان مصرف کننده این محصول در محدوده امن از نظر تأثیرات سوء بیماری‌های غیرسرطانی قرار دارند. از آنجاکه در استان زنجان به‌رغم دارا بودن معادن بسیار، مطالعه جامعی بر روی پتانسیل خطرپذیری آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های تحت کشت گیاه (به ویژه گیاهان زراعی) صورت نگرفته است، لذا این مطالعه با هدف ارزیابی تغییرات غلظت عناصر سرب، مس، روی و کادمیوم در خاک و دانه گندم با فاصله از معدن سرب و روی زنجان و ارزیابی خطرپذیری این عناصر بر سلامت انسان انجام شد.

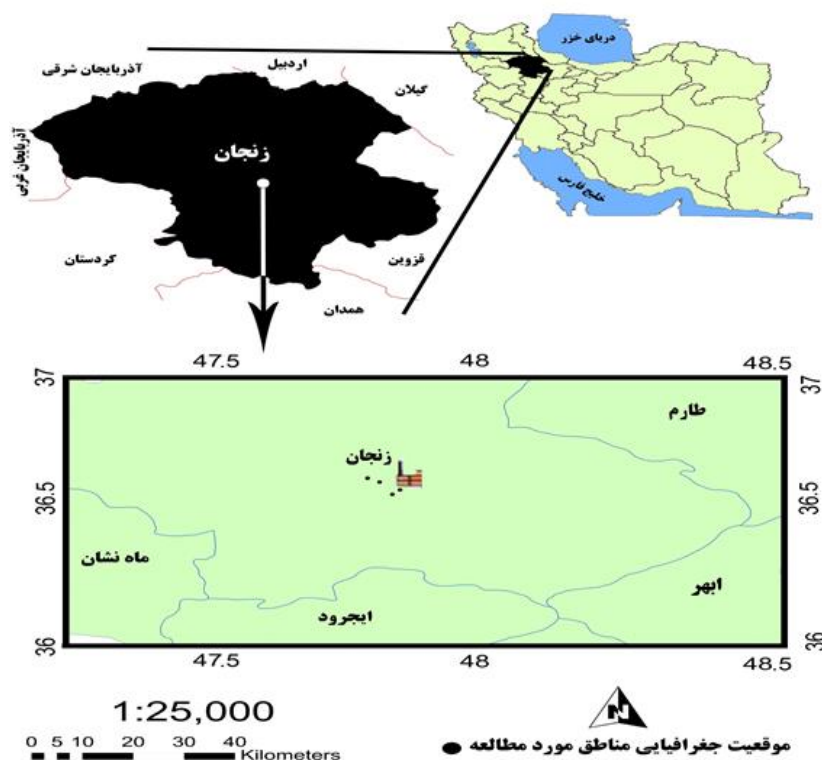
1 Hazard quotient

2 Qian

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی در جنوب شهر زنجان و در اطراف شهرک صنعتی روی واقع شده است (شکل ۱). این شهرک در سال ۱۳۷۵ تأسیس شده و دارای ۴۲ واحد بهره‌برداری روی است. در این شهرک سالانه با مصرف بیش از یک میلیون تن سنگ خام روی، ۰/۱۹ میلیون تن فلز روی تولید می‌شود (دلاور و صفری، ۱۳۹۴). در محدوده این شهرک، بیش از ۲/۵ میلیون تن پسماند حاوی فلزات سنگین انباشته شده است و فعالیت‌های صنعتی انجام گرفته در آن، احتمال تجمع فلزات سنگین مختلف در خاک‌های اطراف را فراهم نموده است. مساحت منطقه مورد مطالعه، بالغ بر ۵۰۰۰ هکتار است. کاربری‌های عمده اراضی موجود در این ناحیه شامل مناطق صنعتی، کشاورزی، مرتع و مخلوط مرتع و کشت دیم است (دلاور و صفری، ۱۳۹۴). این منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک، ارتفاع ۱۶۵۹ متر می‌باشد. همچنین متوسط بارش، دما و رطوبت سالیانه منطقه به- ترتیب ۲۹۵ میلی‌متر، ۱۰/۹ درجه سلسیوس و ۵۴٪ است.



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری

۲-۲- نمونه‌برداری و آماده‌سازی نمونه‌های خاک و گیاه

این مطالعه به صورت توصیفی-مقطعی بر روی نمونه‌های خاک و گیاه گندم کشت شده در اطراف شهرک روی زنجان به صورت تصادفی انجام شد؛ به نحوی که نمونه‌ها بتواند گویای وضعیت پراکنش آلودگی سرب، کادمیوم، مس و روی منطقه باشند. بدین منظور ۱۰ نمونه گیاه گندم در فصل برداشت از شعاع ۱۰ تا ۴۰ کیلومتری (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ کیلومتری از معدن) شهرک روی زنجان به صورت تصادفی برداشت شد. پس از جدا کردن دانه گیاه از سایر بخش‌ها، نمونه‌ها در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس عصاره‌های گیاه با استفاده از هضم با اسید نیتریک ۶۵٪ استخراج و غلظت سرب، کادمیوم، مس و روی با استفاده از دستگاه جذب اتمی قرائت گردید (لوزانو-رودریگز^۱ و همکاران، ۱۹۹۵). همچنین به منظور بررسی تغییرات غلظت سرب، کادمیوم، مس و روی خاک با فاصله از معدن تعداد ۳ نمونه خاک از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر در هر فاصله مشخص از معدن (۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ کیلومتری از معدن) برداشت گردید. غلظت قابل دسترس و کل عناصر سرب، مس، روی و کادمیوم در نمونه‌های مورد مطالعه پس از هواخشک و انتقال آن‌ها از الک ۲ میلی‌متر به ترتیب با روش DTPA-TEA^۲ (لیندزی و نورول^۳، ۱۹۷۸) و اسید نیتریک ۴ مولار (اسپوزیتو^۴ و همکاران، ۱۹۸۲) استخراج و با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید.

۳-۲- محاسبه احتمال خطرپذیری

به منظور محاسبه شاخص خطرپذیری و مواجهه با بیماری‌ها، در ابتدا مقدار ورود عناصر سنگین به دستگاه گوارش انسان (Intake) بر حسب mg kg day^{-1} محاسبه گردید (رابطه ۱).

$$\text{Intake} = \frac{C_F \times E_F \times E_D \times F_I \times I_R}{B_W \times A_T} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه C_F ، E_F ، E_D ، F_I ، I_R ، B_W و A_T به ترتیب نشان دهنده غلظت فلزات سنگین دانه گندم (mg kg^{-1})، دفعات مصرف دانه گندم در سال، تعداد سال‌های مصرف دانه (۳۰ سال برای بزرگسالان)، مقدار جذب فلز سنگین در بدن از طریق مصرف دانه (استفاده از ضریب ۰/۴ برای این تحقیق)، میزان مصرف روزانه برای افراد بالغ (g day^{-1}) (مصرف روزانه گندم ۳۰۰ گرم در نظر گرفته شد)، وزن بدن (kg) (متوسط ۶۰ کیلوگرم برای افراد بالغ) و حاصل ضرب تعداد سال مصرف دانه در تعداد روزهای سال (days) می‌باشد (راتان^۵ و همکاران، ۲۰۰۵).

1 Lozano-Rodríguez

2 Diethylenetriamine pentaacetic acid

3 Lindsay and Norvell

4 Sposito

5 Rattan

بعد از محاسبه مقدار روزانه جذب فلزات سنگین، احتمال خطرپذیری (HQ) به بیماری‌های غیرسرطانی در اثر مصرف محصولات آلوده با فلزات سنگین با استفاده از رابطه زیر مشخص شد (رابطه ۲).

$$HQ = \frac{Intake}{RfD} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه RfD^1 حداکثر غلظتی از فلز سنگین است که برای انسان مشکلی ایجاد نمی‌کند. مقدار آن برای سرب، کادمیوم، مس و روی به ترتیب ۰/۰۰۴، ۰/۰۰۱، ۰/۰۴ و ۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در روز می‌باشد (وانگ^۲ و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۴- تجزیه و تحلیل آماری

در ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^۳ بررسی شد. پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، آزمون اختلاف آماری بین غلظت فلزات در خاک و بافت‌های گیاهی با تجزیه واریانس یک‌طرفه و مقایسه میانگین غلظت فلزات در خاک و گیاه و همچنین مقایسه میانگین احتمال خطرپذیری به بیماری در عناصر مورد مطالعه نیز با آزمون توکی انجام شد. کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار R-3.4.0 انجام پذیرفت.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- غلظت فلزات سنگین در خاک‌های مناطق مطالعاتی

نتایج مقایسه میانگین غلظت کل و قابل جذب سرب، کادمیوم، مس و روی خاک‌های برداشت شده از شعاع ۱۰ تا ۴۰ کیلومتری معدن در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان داد که غلظت کل و قابل جذب هر چهار عنصر با افزایش فاصله از معدن به‌طور معناداری کاهش یافت؛ به‌طوری که بیشترین غلظت کل سرب، کادمیوم، روی و مس از خاک برداشت شده در فاصله ۱۰ کیلومتری (S1) معدن به ترتیب برابر با ۱۶۸/۹، ۵/۶، ۴۳۴/۵ و ۹۷/۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. کمترین غلظت کل این عناصر نیز در نمونه خاک‌های برداشت شده از فاصله ۴۰ کیلومتری معدن (S4) و به ترتیب برابر با ۵۹/۱، ۱/۱، ۸۸/۵ و ۲۸/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. غلظت قابل دسترس هر چهار عنصر نیز با افزایش فاصله از معدن کاهش یافت؛ به‌طوری که بیشترین غلظت قابل دسترس سرب، کادمیوم، روی و مس از خاک برداشت شده در فاصله ۱۰ کیلومتری معدن و به ترتیب برابر با ۴۵/۶، ۱/۷، ۵۲/۴ و ۲۴/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. کمترین غلظت قابل دسترس این عناصر نیز در نمونه خاک‌های برداشت شده از فاصله ۴۰ کیلومتری معدن و به ترتیب برابر با ۹/۶، ۰/۲، ۱۴/۳ و ۱/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم به دست آمد. با این حال اختلاف معناداری بین غلظت قابل دسترس سرب خاک برداشت شده از فاصله ۳۰ (S3) و فاصله ۴۰ (S4) کیلومتری از معدن

1 Oral dose reference

2 Wang

3 Kolmogorov-Smirnov test

مشاهده نشد. بخش قابل دسترس یا زیست‌فراهم فلزات سنگین بخشی از مقدار کل عنصر در خاک است که می‌تواند توسط گیاهان جذب گردد (بلک^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). فلزات سنگین در بین فازهای مختلف در خاک توزیع می‌شوند که شامل محلول در آب، تبادلی، آلی، کربنات، اکسیدها و کانی‌های ثانویه و باقیمانده در داخل شبکه اولیه کانی می‌باشند. اجزای محلول و تبادلی به آسانی متحرک و فراهم می‌باشند؛ در صورتی که اجزای دیگر به‌ویژه جزء باقیمانده با پیوند سخت و بدون تحرک می‌باشند و انتظار نمی‌رود در شرایط طبیعی رهاسازی شوند (کامپین^۲ و همکاران، ۲۰۰۸). درجه پیوند فلزات با فازهای ژئوشیمیایی مختلف به شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها شامل pH، مقدار کربنات کلسیم معادل، CEC، گونه‌های رقابتی در محلول خاک، مقدار مواد آلی و بافت خاک بستگی دارد (لیر^۳ و همکاران، ۲۰۰۷). به‌طور کلی وجود سایت‌های فلزی بزرگ در منطقه مورد مطالعه و انتشار ضایعات ایجاد شده آن‌ها توسط باد و رواناب به مناطق دیگر می‌تواند از جمله دلایل اصلی افزایش غلظت آلاینده‌های فلزی در خاک‌های این منطقه باشد. به‌طوری که در فواصل دور از این سایت‌های معدنکاری آلودگی خاک‌ها دور از اجتناب نخواهد بود.

جدول ۱- مقایسه میانگین غلظت کل و قابل جذب سرب، کادمیوم، مس و روی خاک با فاصله از معدن

غلظت قابل دسترس (mg kg ⁻¹)				غلظت کل (mg kg ⁻¹)				خاک
Cu	Zn	Cd	Pb	Cu	Zn	Cd	Pb	
۲۴/۸±۳/۹ ^a	۵۲/۴±۵/۳ ^a	۱/۷±۰/۰۴ ^a	۴۵/۶±۲/۹ ^a	۹۷/۶±۷/۴ ^a	۴۳۴/۵±۹/۸ ^a	۵/۶±۰/۰۸ ^a	۱۶۷/۹±۱۳/۱ ^a	S1
۱۹/۳±۲/۶ ^b	۴۳/۲±۴/۳ ^b	۱/۲±۰/۰۵ ^b	۳۸/۸±۴/۳ ^b	۸۲/۴±۵/۳ ^b	۲۱۵/۹±۱۱/۳ ^b	۴/۸±۰/۰۶ ^b	۱۱۳/۴±۴/۳ ^b	S2
۶/۶±۲/۹ ^c	۲۱/۵±۲/۹ ^c	۰/۶±۰/۰۴ ^c	۱۱/۴±۲/۶ ^c	۳۵/۳±۶/۶ ^c	۱۳۲/۳±۸/۷ ^c	۲/۶±۰/۰۸ ^c	۹۳/۲±۵/۷ ^c	S3
۱/۹±۰/۰۸ ^d	۱۴/۳±۱/۱ ^d	۰/۲±۰/۰۳ ^d	۹/۶±۲/۹ ^c	۲۸/۹±۳/۷ ^d	۸۷/۵±۹/۱ ^d	۱/۱±۰/۰۵ ^d	۵۹/۱±۴/۴ ^d	S4
S1: خاک برداشت شده از فاصله ۱۰ کیلومتری از معدن؛ S2: خاک برداشت شده از فاصله ۲۰ کیلومتری از معدن؛ S3: خاک برداشت شده از فاصله ۳۰ کیلومتری از معدن؛ S4: خاک برداشت شده از فاصله ۴۰ کیلومتری از معدن.								

۳-۲- غلظت فلزات سنگین مورد مطالعه در دانه گندم

نتایج مقایسه میانگین غلظت سرب، کادمیوم، مس و روی دانه گندم برداشت شده از خاک‌های اطراف معدن در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به دست آمده غلظت سرب، کادمیوم، روی و مس دانه با افزایش فاصله از معدن کاهش یافت. به‌طوری که بالاترین غلظت سرب (۵۹/۳ میلی گرم بر کیلوگرم)، کادمیوم (۱/۳ میلی گرم بر کیلوگرم)، روی (۷۹/۷ میلی گرم بر کیلوگرم) و مس (۴۸/۸ میلی گرم بر کیلوگرم) در نمونه‌های دانه برداشت شده

1 Black

2 Kumpiene

3 Lair

از فاصله ۱۰ کیلومتری (GS1) از معدن به دست آمد. به دنبال آن دانه‌های برداشت شده از فواصل ۲۰ (GS2)، ۳۰ (GS3) و ۴۰ (GS4) کیلومتری معدن بالاترین غلظت فلزات سنگین را داشتند. همچنین بر خلاف عناصر روی، مس و کادمیوم، اختلاف معناداری در غلظت سرب دانه‌های GS3 و GS4 مشاهده نشد.

غلظت روی در نمونه‌های دانه GS1 و GS2 بالاتر از حدود ارائه شده توسط WHO^۱ (۱۹۹۹) (۶۰ میلی گرم بر کیلوگرم) بود. هانگ^۲ و همکاران (۲۰۰۸) و جیا^۳ و همکاران (۲۰۱۰) غلظت روی در دانه گندم کشته شده در مناطق آلوده کانشان و شاندانگ کشور چین را به ترتیب بین ۱۲ تا ۸۰ میلی گرم بر کیلوگرم و ۲۴/۲ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش کردند. ژائو^۴ و همکاران (۲۰۰۹) دامنه روی در گندم نان را در این کشور بین ۱۳/۵ تا ۵۰/۸ با میانگین ۳۸/۲ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش کردند. هودجی و جلالیان (۱۳۸۳) میزان روی را در گندم کشت شده در اطراف منطقه فولاد مبارکه را ۵۴/۴ میلی گرم بر کیلوگرم خشک گزارش کردند.

دامنه طبیعی مس در بافت گیاه ۴ تا ۱۵ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است (کاباتا-پندیاس و پندیاس، ۲۰۱۰). همچنین حد مجاز مس برای غلات توسط WHO (۱۹۹۹) ۴۰ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است که بر این اساس نمونه‌های دانه گندم GS1 و GS2، بالاتر از این حد می‌باشند. کرمی و همکاران (۲۰۰۹) در بررسی غلظت مس گندم کشت شده در سه استان فارس، قم و اصفهان میانگین غلظت مس در گندم را حداقل ۲/۴ و حداکثر ۹/۳ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش کردند.

با توجه به حد استاندارد ارائه شده توسط WHO (۱۹۹۹) (۵ میلی گرم بر کیلوگرم) برای غلظت مس در غلات، نمونه‌های گندم برداشت شده از هر چهار منطقه در دامنه آلودگی قرار دارند. عدم اختلاف معنادار غلظت سرب دانه گندم در گیاهان GS3 و GS4 می‌تواند ناشی از کاهش غیرمعنادار غلظت قابل دسترس این عنصر در خاک منطقه GS4 در مقایسه با خاک GS3 باشد. دلیل احتمالی دیگر از عدم کاهش معنادار غلظت سرب دانه GS4 نسبت به GS3 می‌تواند مربوط به فرونشست‌های اتمسفری بیشتر این عنصر نسبت به سایر عناصر باشد. با توجه به موقعیت نمونه برداری گیاهان، یکی از بزرگ‌ترین عواملی که در افزایش غلظت برخی فلزات در دانه گیاهان شرکت می‌کند فرونشست‌های اتمسفری است (لو^۵ و همکاران، ۲۰۱۱). در مطالعه انجام شده توسط بای^۶ و همکاران (۲۰۰۹) جذب اتمسفری سرب توسط برگ گیاه ذرت، به عنوان عامل اصلی افزایش سرب در داخل بافت‌های برگ و دانه گیاهان کشت شده در اطراف کارخانه ذوب روی گزارش شد.

1 World Health Organization

2 Huang

3 Jia

4 Zhao

5 Luo

6 Bi

حد مجاز کادمیوم برای غلات توسط WHO (۱۹۹۹) ۰/۲ میلی گرم بر کیلوگرم گزارش شده است که به استثناء GS4، غلظت کادمیوم دانه گندم برداشت شده از سایر فواصل از معدن در دامنه آلودگی قرار دارند. کادمیوم فلزی با تحرک و قابلیت جذب بالا در گیاه معرفی شده است که به راحتی از طریق ریشه جذب و سپس از طریق آپوپلاستی و یا سیمپلاستی به اندامهای فوقانی انتقال می یابد (ترابیان و مهجوری، ۲۰۰۲). در مطالعه انجام شده توسط یارقلی (۱۳۹۴) افزایش غلظت کادمیوم در دانه گندم در اثر افزایش غلظت کادمیوم خاک گزارش شد.

جدول ۲- مقایسه میانگین غلظت سرب، کادمیوم، مس و روی دانه گندم برداشت شده از خاکهای اطراف معدن

غلظت فلز در دانه (mg kg ⁻¹)				نمونه گیاه
Cu	Zn	Cd	Pb	
۴۸/۸±۳/۷ ^a	۷۹/۷±۶/۴ ^a	۱/۳±۰/۰۶ ^a	۵۹/۳±۴/۵ ^a	GS1
۴۳/۳±۳/۳ ^b	۶۶/۵±۴/۱ ^b	۰/۹±۰/۰۷ ^b	۵۱/۴±۳/۶ ^b	GS2
۱۰/۱±۱/۶ ^c	۴۸/۳±۴/۷ ^c	۰/۴±۰/۰۲ ^c	۳۳/۵±۱/۹ ^c	GS3
۲/۷±۰/۹ ^d	۳۷/۲±۱/۸ ^d	۰/۲±۰/۰۲ ^d	۳۱/۸±۲/۴ ^c	GS4
GS1: دانه های برداشت شده از فاصله ۱۰ کیلومتری از معدن؛ GS2: دانه های برداشت شده از فاصله ۲۰ کیلومتری از معدن؛ GS3: دانه های برداشت شده از فاصله ۳۰ کیلومتری از معدن؛ GS4: دانه های برداشت شده از فاصله ۴۰ کیلومتری از معدن.				

۳-۳- پتانسیل مواجهه با بیماری عناصر مورد مطالعه در دانه گندم

احتمال خطرپذیری (HQ) عناصر سرب، کادمیوم، روی و مس در گندم برای مصرف کننده در جدول ۳ بیان شده است. مقادیر پتانسیل خطرپذیری آلودگی هر عنصر خاص از طریق مصرف گندم با افزایش فاصله از معدن به طور معناداری کاهش پیدا کرد (به استثناء HQ سرب GS3 و GS4). مقادیر HQ آلودگی هر عنصر در تمامی فواصل از معدن زیر ۱ است (به استثناء عنصر سرب). این موضوع نشان می دهد که احتمال مواجهه با بیماری های غیرسرطانی ناشی از آن عنصر مورد نظر در تمام طول زندگی برای مصرف کننده وجود نخواهد داشت. اگر مقدار HQ بزرگتر از ۱ شود سمیت آن عنصر ممکن است اثرات سوء بر سلامت مصرف کننده بگذارد؛ بنابراین عنصر سرب دارای چنین ویژگی است و اعداد مقادیر HQ این عنصر در فواصل ۱۰ (۶/۱۷)، ۲۰ (۵/۳۵)، ۳۰ (۳/۸۴۸) و ۴۰ (۳/۳۱) کیلومتری از معدن بالا و خطرناک است. به طور کلی مقدار HQ برای مصرف کنندگان از طریق مصرف گندم به این صورت به دست آمد: $Pb > Cd > Cu > Zn$ ؛ این موضوع نشانده این است که علی-رغم پایین بودن مقادیر HQ عناصر روی، مس و کادمیوم، احتمال افزایش این مقادیر در سال های آتی برای این عناصر، به ویژه عنصر کادمیوم و مس وجود خواهد داشت. افشاری و همکاران (۱۳۹۴) احتمال خطرپذیری از مصرف گندم برداشت شده از مناطق شهری و صنعتی زنجان را مورد ارزیابی قرار دادند. آن ها بالاترین مقدار HQ

را به ترتیب برای عناصر سرب، مس، روی، نیکل و کروم به دست آوردند. بیگی هرچگانی و بنی طالبی (۱۳۹۲) در بررسی خطرپذیری انباشت کادمیوم و سرب در دانه‌های گندم آبیاری شده با پساب شهری، غلظت Cd و Pb را در دانه‌های گندم بیشتر از ۱ گزارش کردند. فرهاگوت^۱ و همکاران (۲۰۰۸) در ارزیابی خطر آرسنیک از مصرف برنج در کاتالونیا اسپانیا مقادیر HQ بیشتر از ۱ را با افزایش غلظت آرسنیک خاک گزارش نمودند.

جدول ۳- مقایسه میانگین احتمال خطرپذیری بیماری‌های غیرسرطانی از عناصر سرب، کادمیوم، مس و روی دانه گندم برداشت شده از خاک‌های اطراف معدن

احتمال خطرپذیری (HQ)				نمونه گیاه
Cu	Zn	Cd	Pb	
0.48 ± 0.08^a	0.12 ± 0.04^a	0.054 ± 0.009^a	6.17 ± 1.1^a	GS1
0.42 ± 0.03^b	0.09 ± 0.03^b	0.37 ± 0.05^b	5.35 ± 0.8^b	GS2
0.10 ± 0.05^c	0.06 ± 0.03^c	0.16 ± 0.03^c	3.48 ± 0.9^c	GS3
0.02 ± 0.07^d	0.04 ± 0.06^d	0.08 ± 0.01^d	3.31 ± 0.3^c	GS4
GS1: دانه‌های برداشت شده از فاصله ۱۰ کیلومتری از معدن؛ GS2: دانه‌های برداشت شده از فاصله ۲۰ کیلومتری از معدن؛ GS3: دانه‌های برداشت شده از فاصله ۳۰ کیلومتری از معدن؛ GS4: دانه‌های برداشت شده از فاصله ۴۰ کیلومتری از معدن.				

۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از مطالعه خاک‌ها و گیاهان اطراف معدن سرب و روی زنجان نشان داد که غلظت عناصر سرب، روی، مس و کادمیوم در خاک و دانه گندم با افزایش فاصله از ۱۰ کیلومتر تا ۴۰ کیلومتر نسب به معدن کاهش یافت. مقدار پتانسیل خطر برای سلامتی (HQ) هر عنصر خاص از طریق مصرف گندم با افزایش فاصله از معدن نیز کاهش یافت و مقادیر آن برای تمامی عناصر به جز عنصر سرب زیر ۱ به دست آمد. این موضوع نشان دهنده این است که مصرف کنندگان گندم کشت شده در نواحی اطراف معدن مورد مطالعه، بیشتر در معرض تأثیرات غیرسرطانی عنصر سرب هستند.

کتابنامه

- افشاری، علی؛ خادمی، حسین؛ ایوبی، شمس اله؛ ۱۳۹۴. ارزیابی خطرپذیری آلودگی عناصر سنگین در خاک‌ها و برخی محصولات کشاورزی در اطراف شهر و مناطق صنعتی زنجان. نشریه آب و خاک. شماره ۴. ۱۵۱-۱۶۳.
- بقائی، امیر حسین؛ کشاورزی، مهران؛ ۱۳۹۸. ارزیابی خطر سلامتی فلزات سنگین (کادمیوم و سرب) در محصولات گلخانه‌ای برداشت شده از گلخانه‌های اطراف معدن ایرانکوه در سال ۱۳۹۶. مجله دانشگاه علوم پزشکی سبزوار. شماره ۳. ۲۹۳-۳۰۲.
- بیگی هرچگانی، حبیب اله؛ بنی طالبی، گلنوش؛ ۱۳۹۲. اثر بیستوسه سال آبیاری سطحی با پساب شهری بر انباشت بعضی فلزات سنگین در خاک، انتقال به دانه‌های گندم و ذرت و خطرات بهداشتی مرتبط. نشریه آب و خاک. شماره ۳. ۵۷۰-۵۸۰.
- تابنده، لیلا؛ طاهری، مهدی؛ ۱۳۹۵. ارزیابی مواجهه با فلزات سنگین مس، روی، کادمیوم و سرب در سبزیجات کشت شده در مزارع استان زنجان. مجله سلامت و محیط زیست. فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران. شمار ۱. ۴۱-۵۶.
- دلاور، محمد امیر؛ صفری، یاسر؛ ۱۳۹۴. منشأیابی فلزات سنگین در خاک‌های اطراف شهرک روی زنجان با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره. نشریه آب و خاک. شماره ۳. ۶۲۷-۶۳۷.
- هودجی، مهران؛ جلالیان، احمد؛ ۱۳۸۳. پراکنش نیکل، منگنز و کادمیوم در خاک و محصولات کشاورزی در منطقه استقرار مجتمع فولاد مبارکه. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. شماره ۸. ۵۵-۶۷.
- یارقلی، بهمن؛ ۱۳۹۴. بررسی مقدار جذب و تجمع کادمیم در اندام‌های مختلف چهار گیاه زراعی (گندم، اسفناج، خیار و هویج). مجله آب و فاضلاب. شماره ۶. ۱۰۷-۱۱۴.

- Abdel-Kader NH, Shahin R, Khater HA., 2013. Assessment of Heavy Metals Immobilization in Artificially Contaminated Soils Using Some Local Amendments. Open Journal of Metal 3:68-76.
- Alloway BJ., 2013. Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. Springer: Netherlands.
- Bi XY, Feng XB, Yang YG, Li XD, Shin GPY, Li FL, Qiu GL, Li GH, Liu TZ, Fu ZY., 2009. Allocation and source attribution of lead and cadmium in maize (Zeamays L.) impacted by smelting emissions. Environmental Pollution 157: 834-839.
- Black A, McLaren RG, Reichman SM, Speir TW, Condron LM., 2011. Evaluation of soil metal bioavailability estimates using two plant species (L. perenne and T. aestivum) grown in a range of agricultural soils treated with biosolids and metal salts. Environmental Pollution 159(6): 1523-1535.
- Chehregani A, Noori M, Lari Yazdi H., 2009. Phytoremediation of heavy-metal-polluted soils: Screening for new accumulator plants in Angouran mine (Iran) and evaluation of removal ability. Ecotoxicology and Environmental Safety 72: 1349-1353.

- Ferre-Huguet N, Marti-Cid R, Schuhmacher M, Domingo JL., 2008. Risk assessment of metals from consuming vegetables, fruits and rice grown on soils irrigated with waters of the Ebro River in Catalonia, Spain. *Biol Trace Elem Res* 123: 66-79.
<http://www.epa.gov/iris/subst>.
- Huang M, Zhou S, Sun B, Zhao Q., 2008. Heavy metals in wheat grain: assessment of potential health risk for inhabitants in Kunshan, China. *Science of the Total Environment* 405: 54-61.
- Jia L, Wang W, Li Y, Yang L. 2010. Heavy metals in soil and crops of an intensively Farmed area: A case study in Yucheng city, Shandong province, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 7: 395-412.
- Joint FAO/WHO expert committee on food additives. Summary and conclusions, 53rd meeting. Rome: Joint FAO/WHO, 1999. Technical Report.
- Karami M, Afyuni M, Rezainejad Y, Schulin R., 2009. Heavy metal uptake by wheat from a sewage sludge-amended calcareous soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 83: 51-61.
- Kumpiene J, Lagerkvist A, Mauri C., 2008. Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendments—a review. *Waste Management* 28(1): 215-225.
- Lair GJ, Gerzabek MH, Haberhauer G., 2007. Retention of copper, cadmium and zinc in soil and its textural fractions influenced by long-term field management. *European Journal of Soil Science* 58:1145-1154.
- Lindsay WL, Norvell W. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal* 42(3):421-428.
- Lozano-Rodríguez E, Luguera M, Lucena J, Carpena-Ruiz R., 1995. Evaluation of two different acid digestion methods in closed systems for trace element determinations in plants. *Quimica Analitica-Bellaterra* 14: 27-27.
- Luo C, Liu C, Wang Y, Liu X, Li F, Zhang G, Li X. 2011. Heavy metal contamination in soils and vegetable near an e-waste processing site, south China. *Journal of Hazardous Materials* 186: 481-490.
- Qian YZ, Chen C, Zhang Q, Li Y, Chen Zh, Li M., 2010. Concentration of cadmium, lead, mercury and arsenic in Chinese market milled rice and associated population health risk. *Food Control* 21: 1757-1763.
- Rattan RK, Datta Sp, Chhonkar PK, Suribabu K, Singh AK., 2005. Long term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater- a case study. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 109:3-4: 310-22.
- Salehipour M, Ghorbani H, Kheirabadi H, Afyuni M., 2015. Health risks from heavy metals via consumption of cereals and vegetables in Isfahan Province, Iran. *Human and ecological risk assessment: an international journal* 21(7):1920-1935.
- Sposito G, Lund L, Chang A., 1982. Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in solid phases. *Soil Science Society of America Journal* 46(2):260-264.
- Street R., 2012. Heavy metals in medicinal plant products—An African perspective. *South African Journal of Botany* 82: 67-74.
- Torabian A, Mahjouri M., 2002. Heavy metals uptake by vegetable crops irrigated with wastewater in south Tehran. *Journal of Environmental Study Science* 16:255-263.
- USEPA, IRIS., 2006. United States Environmental Protection Agency, Integrated Risk Information System.
- Wang X., Sato T., Xing B., and Tao S., 2005. Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via

- Yadav S., 2010. Heavy metals toxicity in plants: an overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. *South African Journal of Botany* 76(2): 167-179.
- Zhao FJ, Su YH, Dunham SJ, Rakszegi M, Bedo Z, McGrath SP, Shewry PR., 2009. Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of Cereal Science* 49: 290-295.

ارزیابی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شی‌گرا و مدل زنجیره مارکوف (مورد مطالعه: شهر بیرجند و پیرامون آن)

سعید حسین‌آبادی - استادیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه بزرگمهر قائنات، قائن، ایران.
ابراهیم اکبری^۱ - کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
افسانه نقد بیشی - کارشناس ارشد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۱۹ تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۶/۱۷

چکیده

برای استفاده بهینه از زمین، آگاهی از تغییرات کاربری اراضی و نوع استفاده از آن ضروری است؛ که این امر با ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی امکان‌پذیر می‌گردد. مقاله حاضر به ارزیابی و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی شهر بیرجند با استفاده از تصاویر چندزمانه ماهواره‌ای در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۶ و پیش‌بینی تغییرات آن‌ها تا سال ۱۴۰۴ پرداخته‌است. تحقیق حاضر به لحاظ ماهیت توصیفی-تحلیلی و از نظر هدف کاربردی است. در این نوشتار با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده ETM و OLI و روش طبقه‌بندی شی‌گرا به طبقه‌بندی کاربری‌ها در بازه زمانی پرداخته‌شده‌است. در ادامه به‌منظور ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی (محدوده‌های ساخته شده، باغات و اراضی کشاورزی، اراضی بایر و مراتع) از مدل زنجیره مارکوف استفاده شده است. بر اساس مدل زنجیره مارکوف طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ مساحت محدوده ساخته‌شده، کشاورزی و باغات افزایش یافته است و از مساحت اراضی بایر و مراتع کاسته شده است. تغییرات مساحت کاربری‌ها در سال ۱۴۰۴ نسبت به ۱۳۹۶ نیز به همین صورت است. بیش‌ترین تغییرات مربوط به کاربری محدوده ساخته‌شده است؛ به‌طوری که تا سال ۱۴۰۴ مساحت محدوده ساخته شده ۱۷/۱۳ درصد، کاربری باغات و کشاورزی ۹/۸ درصد، افزایش و در مقابل مساحت اراضی بایر ۱/۸۱ درصد و مساحت مراتع ۲/۳۲ درصد کاهش خواهد یافت.

کلیدواژه‌ها: تغییرات کاربری اراضی، طبقه‌بندی شی‌گرا، زنجیره مارکوف، بیرجند.

۱- مقدمه

یکی از مهم‌ترین مفاهیم در برنامه‌ریزی و مدیریت زمین، اصطلاح پوشش و کاربری زمین است. اصطلاح پوشش زمین^۱ و کاربری زمین^۲ اغلب گیج‌کننده است. طبق تعریف فائو (۱۹۹۷ و ۱۹۹۹) و Unep (۱۹۹۹) پوشش زمین «پوشش فیزیکی و بیولوژیکی سطح زمین، به عنوان پوشش گیاهی و یا ویژگی‌های انسان‌ساخت است» در مقابل، کاربری زمین «مجموع تدارکات، فعالیت‌ها و ورودی‌هایی است که مردم در نوع پوشش خاص زمین انجام می‌دهند» (WWW.grida.no).

گسترش جهانی شهرنشینی باعث ایجاد انگیزه برای تبدیل فضاهاى سبز و طبیعی به مناطق شهری / انسان‌ساخت شده است (باگنان، یاماگاتا^۳، ۲۰۱۴). تقاضای روزافزون برای زمین و مسکن از یک طرف و محدودیت اراضی در محدوده شهرها از طرف دیگر، ساکنان را برای یافتن مکان جایگزین سکونت به مناطق پیرامونی تحت فشار قرار می‌دهد. این امر با فرآیند تبدیل زمین از فضای سبز به منطقه ساخته شده همراه است و در نتیجه تبدیل و تغییر پوشش و کاربری زمین در منطقه پیرامونی شهرها به‌طور فزاینده‌ای گسترش می‌یابد (کاهیا و همکاران^۴، ۲۰۱۸). این تغییرات ممکن است در زمین‌های زراعی و باغات صورت پذیرد و یا مراتع و جنگل‌ها و دامنه‌های کم‌ویش شیب‌دار کوه‌ها و تپه‌ها را در برگیرد. (قادرمزی^۵، ۱۳۸۳). در تعریف تغییر کاربری زمین می‌توان آن را فرایندی دانست که طی آن فعالیت‌های انسانی چشم‌انداز طبیعی را دگرگون می‌سازد و معمولاً بر نقش عملکردی زمین برای فعالیت‌های اقتصادی اشاره دارد. تغییرات کاربری زمین اغلب غیرخطی است و مواد و روش ممکن است بازخوردهایی برای سیستم داشته باشد بر شرایط زندگی فشار وارد کند و زندگی افراد آسیب‌پذیر را تهدید نماید (پائول^۶، ۲۰۱۷).

تغییرات کاربری اراضی بر طیف گسترده‌ای از ویژگی‌های محیط‌زیست و منابع طبیعی مانند کیفیت آب، منابع زمینی و هوایی، فرآیندها و توابع اکوسیستم‌ها و سیستم‌های آب‌وهوایی تأثیرگذار است (شنانی هویزه و زارعی^۷، ۱۳۹۵) برای مثال تغییر کاربری زمین، بر خواص خاک نیز تأثیر منفی می‌گذارد (اسکلو^۸، ۲۰۱۸). از طرف دیگر همراه با انتشار کربن (C) در قالب دی‌اکسید کربن، منبع اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای است که به تغییر آب‌وهوا منجر می‌شود (رازافیندراکاتو و همکاران^۹، ۲۰۱۸).

بنابراین درک دقیق از پویایی تغییرات شهرنشینی که موجب تغییر سطح پوشش زمین در مناطق شهری شده؛ برای مقابله با تغییرات محیطی و تسهیل پایداری ضروری است. این امر به ویژه به دلیل آن است که اکثر مناطق شهری

1 Land cover

2 Land use

3 Bagan& Yamagata

4 Cahya et al,2018

5 Paul

6 Escolano

7 Razafindrakoto

جهان طی سال‌های متمادی تغییرات قابل توجهی در پوشش زمین را تجربه کرده‌اند. علاوه بر این، این مناطق شهری بیشتر انرژی جهانی را مصرف می‌کنند و باعث ایجاد مشکلات جدی زیست‌محیطی و تخریب اکوسیستم‌ها از طریق آلودگی هوا، آب و زمین می‌شوند (پاترا و همکاران^۱، ۲۰۱۸).

در همین راستا تشخیص به‌موقع و دقیق این نوع تغییرات، پایه و اساس درک بهتر روابط و تعاملات میان انسان و پدیده‌های طبیعی است و در نتیجه مدیریت بهتر و استفاده مناسب‌تر از منابع طبیعی را فراهم می‌کند. (شنایی هویزه و زارعی، ۱۳۹۵)؛ بنابراین یکی از مخاطرات محیطی و بحران‌های اکولوژیکی که امروزه جهان با آن روبرو است پدیده تغییر کاربری اراضی است. (موسوی و همکاران، ۱۳۹۵) و به دلیل پیامدهای گسترده تغییر کاربری زمین، آینده برنامه‌ریزی کاربری زمین شهری بیشتر تحت تسلط زمینه‌های پایداری محیطی خواهد بود تا رفاه اقتصادی (استارک و همکاران^۲، ۲۰۱۸). با توجه به اهمیت فرایند تغییر کاربری اراضی، نیاز به برآورد نرخ و میزان تغییرات کاربری / پوشش اراضی در منطقه و محرک‌های اصلی این تغییرات ضروری است. سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تکنیک‌های سنجش‌ازدور ابزارهای مؤثری در مطالعه و نظارت بر تغییر کاربری اراضی / پوشش سطح زمین در فضا و زمان ارائه می‌دهند (آدائه و اوپلت^۳، ۲۰۱۹). به‌طور کلی طبقه‌بندی اطلاعات ماهواره‌ای به جداسازی مجموعه‌های طیفی مشابه و تقسیم‌بندی طبقاتی آن‌ها که دارای رفتار طیفی یکسانی است، گفته می‌شود. به‌عبارتی دیگر طبقه‌بندی پیکسل‌های تشکیل‌دهنده تصاویر، اختصاص دادن یا معرفی کردن هر یک از پیکسل‌ها به کلاس یا پدیده خاصی را بیان می‌کند. (علوی پناه، ۱۳۸۴) و یکی از مهم‌ترین روش‌ها برای استخراج اطلاعات کاربردی محسوب می‌شود و با استفاده از دو روش امکان‌پذیر است. روش پیکسل پایه که مبتنی بر طبقه‌بندی ارزش‌های عددی تصاویر است و روش جدید شیء‌گرا که علاوه بر ارزش‌های عددی از اطلاعات مربوط به محتوا و بافت و زمینه نیز در فرایند طبقه‌بندی تصاویر استفاده می‌نماید (فیضی زاده و حاجی میر رحیمی، ۱۳۸۷).

به عبارت دیگر طبقه‌بندی پیکسل پایه، جداسازی پدیده‌ها براساس بازتاب امواج الکترومغناطیس یا ویژگی‌های طیفی پدیده‌ها صورت می‌گیرد. در این طبقه‌بندی پدیده‌های دارای ارزش عددی یکسان در یک گروه قرار می‌گیرند و طبقه‌بندی بر اساس ارزش عددی پیکسل‌هاست اما در طبقه‌بندی شیء‌گرا علاوه بر ویژگی‌های طیفی، ویژگی‌های هندسی پدیده‌ها نیز مدنظر قرار می‌گیرد (غفاری و همکاران: ۱۳۹۷). پس از فرایند طبقه‌بندی، هر یک از اشیاء تصویری به یکی (یا هیچ‌کدام) از کلاس‌ها اختصاص می‌یابند (فیضی زاده و حاجی میر رحیمی، ۱۳۸۷). سگمنت یا اشیا به معنی گروهی از پیکسل‌های همسایه در داخل یک ناحیه است که شباهت (نظیر ارزش عددی و بافت)

1 Patraa et al

2 Stürck, et al

3 Addae&Oppelt

مهم‌ترین معیار مشترک آن‌هاست. (فیضی زاده و همکاران، ۱۳۸۷) ازجمله تحقیقات انجام گرفته در این زمینه پردازش شیء‌گرا می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

در این زمینه پژوهش‌های متعددی انجام شده است. دکلی^۱ و همکاران (۲۰۰۶) نیز برای بررسی تغییرات جنگل از روش شیء‌گرا با استفاده از تصویر چند زمانه اسپات در بازه زمانی ۱۰ ساله استفاده کردند. در این روش، تقسیم‌بندی با استفاده از روش ادغام منطقه، اشیاء چندگانه‌ای را بررسی می‌کند که با تفاوت‌های بازتابی و آماری آن‌ها مشخص می‌شود. اشیاء ای که در طول زمان به‌عنوان اشتباه مشخص می‌شوند (مقادیر غیرطبیعی یا همان مقادیر تفاوت‌های بازتابی)، به‌وسیله یک روش آماری به‌عنوان مثال بر اساس آزمون فرضیه کای مربع، شناسایی شده و به‌عنوان تغییر نام‌گذاری می‌شوند (دکلی و همکاران، ۲۰۰۶)

ایم^۲ و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند تجزیه و تحلیل همبستگی تصویر بر اساس این واقعیت است که مقادیر روشنایی هر شیء از منطقه جغرافیایی بین داده‌های دو زمان، هنگامی که تغییرات کم رخ می‌دهد و زمان نیز تغییر می‌کند تمایل به همبستگی بسیار زیاد دارد. پنج روش مختلف برای تشخیص تغییرات وجود دارد که شامل (۱) طبقه‌بندی تغییرات مبتنی بر شیء شامل تصاویر مربوط به همبستگی شیء^۳ (OCI)، (۲) طبقه‌بندی تغییرات شیء با استفاده از روابط همسایگی بین تصاویر (NCI)^۴، (۳) طبقه‌بندی تغییرات شیء بدون ویژگی‌های متنی، (۴) دسته‌بندی تغییر پیکسل و NCI ها و (۵) طبقه‌بندی تغییرات مرسوم در هر پیکسل با استفاده از داده‌های تصویر دو زمان است. نتیجه بررسی‌ها نشان می‌دهد رویکرد مبتنی بر شیء‌گرا می‌تواند با تجزیه و تحلیل در پیکسل در مقایسه با بقیه طبقه‌بندی‌های تغییرات بهتر عمل کند (ایم و همکاران، ۲۰۰۸).

ژو^۵ و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از دو روش طبقه‌بندی مبتنی بر پیکسل و طبقه‌بندی شیء‌گرا تغییرات در پوشش زمین و تغییر در مناطق شهری برای تصمیم‌گیری در زمینه مدیریت شهری، نظارت بر اکوسیستم و برنامه‌ریزی شهری استفاده کردند. در این بررسی طبقه‌بندی شیء‌گرا بر اساس طبقه‌بندی تصاویر چند زمانه حوضه آبخیز گوانز فالز (مریلند، ایالات متحده آمریکا)^۶ از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۴ برای تشخیص تغییرات زمین مورد استفاده قرار گرفت. مقایسه پس از طبقه‌بندی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل ما نشان داد که طبقه‌بندی شیء‌گرا ابزار بهتری برای تشخیص تغییرات از روش مبتنی بر پیکسل فراهم می‌کند دقت کلی نقشه تغییرات تولید شده توسط روش مبتنی بر شیء ۹۰٪ بود، (ضریب کاپا ۰٫۸۵۴)، درحالی‌که دقت کلی و ضریب کاپا آن با روش مبتنی بر پیکسل به ترتیب ۳٫۸۱٪ و ۰٫۷۱۲ بود (ژو و همکاران، ۲۰۰۸).

1 Desclée

2 IM

3 Object Correlation Images (OCIs)

4 Neighbourhood Norrelation Images (NCIs)

5 Zhou

6 Gwynns Falls watershed (Maryland, USA)

بلاشک^۱ (۲۰۱۰) تحقیق با تأکید بر تجزیه و تحلیل پیکسل و یا حتی تجزیه و تحلیل زیر پیکسل برای مسیرهای جایگزین را دنبال کرده است، که هدف آن‌ها ایجاد اشیا ساخته شده از چند پیکسل است. این بررسی خلاصه‌ای از توسعه شیوه‌های مبتنی بر شیء را ارائه می‌دهد که هدف آن راحتی اشیا قابل استفاده از تصاویر است در حالی که در عین حال ترکیب تصویر پردازش شده و قابلیت‌های GIS به منظور استفاده از اطلاعات طیفی و متنی در یکپارچه‌سازی مسیر را نیز فراهم می‌کند. رایج‌ترین روش برای ساخت اشیا، تقسیم‌بندی تصویر است و به‌طور کلی نتایج این بررسی نشان می‌دهد الگوهای مبتنی پیکسل شروع به نشان دادن اشکالات و روش‌های OBIA در حال پیشرفت قابل توجهی در زمینه استخراج اطلاعات مکانی صریح هستند (بلاشک، ۲۰۱۰).

درناوا^۲ و همکاران (۲۰۱۱) از تجزیه و تحلیل مبتنی بر شیء گرا برای تشخیص تغییر انواع پوشش‌های عمده تالاب و طبقه‌بندی عدم قطعیت آن‌ها در طول دوره آب کم در دریاچه پویانگ^۳، چین استفاده کردند. کلاس‌های اولیه آب، ماسه مرطوب^۴، گیاه و ماسه بر اساس حداکثر مقدار عضویت طبقه‌بندی شده‌اند. دقت طبقه‌بندی فازی به عنوان فرکانس‌های مطابقت بین طبقه‌بندی‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این بررسی نشان داد مقدار آستانه فازی در نوامبر ۲۰۰۷ برای ماسه مرطوب نسبت به کلاس‌های دیگر در همه صحنه‌ها همواره بالاتر است کلاس گیاه به‌طور عمده از نوامبر ۲۰۰۷ تا فوریه ۲۰۰۸ کاهش یافت و تنها در ماه فوریه-مارس ۲۰۰۸ قابل ملاحظه است و احتمالاً منعکس‌کننده شرایط فصل رشد و نشان‌دهنده افزایش مقدار بخار آب موجود در هوا در طول دوره مطالعه است که این امر منجر به بارش و رویدادهای هیدرولوژیکی می‌شود. نتایج به‌دست آمده می‌تواند برای هدایت نمونه‌برداری از کلاس‌ها و تجزیه و تحلیل منظر از بالا به پایین در این تالاب استفاده شود (درناوا و همکاران^۵، ۲۰۱۱).

چن^۶ و همکاران (۲۰۱۲) ظهور تصاویر سنجش از دور با وضوح بالا در فضاها، مختلف، فرصت‌هایی را برای تحلیل تغییر با تحلیل تصویر مبتنی بر شیء (OBIA^۷) فراهم می‌کند، به عبارت دیگر، تشخیص تغییرات مبتنی بر شیء (OBIA^۷) است. در مقایسه با الگوهای تغییر مبتنی بر پیکسل سنتی، تغییرات مبتنی بر شیء توانایی بهبود شناسایی را دارد به‌طور کلی این مقاله به دنبال انگیزه‌های استفاده از تغییرات مبتنی بر شیء نسبت به روش‌های مبتنی بر پیکسل است؛ و به‌طور خاص، تغییرات مبتنی بر شیء روش بهره‌برداری از تصاویر با وضوح بالا فضایی و روش‌های منحصربه‌فرد ارائه می‌دهد (چن و همکاران^۸، ۲۰۱۲).

1 Blaschke

2 Dronova

3 Poyang

4 mudflat

5 Dronova

6 Chen

7 Object Based Image Analysis

8 Object based Change Detection

راویندر و کاشیک (۲۰۱۴) در مقاله‌ای با استفاده از تکنیک‌های GIS تغییرات در الگوی کاربری اراضی شهری در شهر کیتال هندوستان را طی یک دوره ۳۶ ساله مورد بررسی قرار داده‌اند. از داده‌ها و نقشه‌های چند منبع برای دستیابی به اهداف استفاده شد. نتایج تحقیق حاکی از آن است که عوامل بالقوه باعث رشد فیزیکی و تغییر در شهر، طی دوره‌های زمانی مختلف می‌شوند. این مطالعه نشان می‌دهد که در طی سال‌های ۱۹۷۴-۱۹۹۰ مساحت شهر به‌طور قابل توجهی افزایش نیافته است، در حالی که روند پیشرفت شهری با افزایش درجه‌بندی اداری این شهر پس از سال ۱۹۹۰ افزایش یافته است. تأثیر قابل توجه تغییرات کاربری زمین باعث از دست رفتن زمین‌های غنی کشاورزی و آب‌های طبیعی شده است (راویندر و کاشیک، ۲۰۱۴).

یو^۱ و همکاران (۲۰۱۶) اطلاعات دقیق در مورد کاربری زمین و پوشش زمین (LULC^۲) برای نظارت بر اکوسیستم و مطالعات تغییر آب‌وهوا بسیار مهم است. بیشتر روش‌های به‌روزرسانی برای طبقه‌بندی LULC و تجزیه و تحلیل تغییرات، بر اساس پیکسل‌ها هستند در این بررسی یک رویکرد جدید مبتنی بر شیء ارائه داده شد که به‌روزرسانی را با روش شیء‌گرا مرتبط می‌کند. رویکرد جدید با استفاده از داده‌های TM لندست در سال ۲۰۰۱ و سال ۲۰۰۹ در منطقه شهری پکن^۳ طراحی شد و نتایج آن نشان داد به‌روزرسانی که مبتنی بر روش شیء به‌دست آمده است دقت بالاتری برای تشخیص تغییر، طبقه‌بندی LULC و تجزیه و تحلیل تغییرات نسبت به روش مبتنی بر پیکسل دارد (یو و همکاران، ۲۰۱۶).

آیتال و همکاران (۲۰۱۹) در مقاله خود اجرای روش یکپارچه LU کاربری زمین، پویایی دمای سطح زمین و الگوبرداری شهری برای چهار شهر اصلی پیشنهاد شده است: دهلی، بمبئی، کلکاتا و حیدرآباد از میان چهار شهر، دهلی، پایتخت هند، تغییرات عظیمی در زمینه افزایش سطح آسفالت از ۲۱٫۶۳٪ در سال ۲۰۰۳ به ۳۱٫۵۶٪ در سال ۲۰۱۷ با میانگین افزایش دمای سطح مربوط به ۲۵٫۹۳ درجه سانتیگراد و ۳۶٫۵۱ درجه سانتیگراد نشان داده است و یکی از بدترین شهرها در این رابطه قلمداد می‌شود. پیش‌بینی LU نشان می‌دهد که امکان جهش ناگهانی و بدون برنامه در حاشیه شهر وجود دارد که مانع از توسعه امکانات اساسی افزایش عدم آسایش حرارتی در بین ساکنان می‌شود. این امر از طریق تجزیه و تحلیل دمای سطح زمین در رابطه با تغییر کاربری اراضی درک شده است، که نشانگر لزوم اجرای استراتژی‌های توسعه پایدار برای جلوگیری از سناریوی معمول تجارت (آیتال و همکاران، ۲۰۱۹).

در تحقیقات داخلی نیز به نمونه‌های متعددی از بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با GIS و سنجش از دور وجود دارد که در ذیل فقط به مواردی که از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا که در این تحقیق نیز از آن استفاده شده، پرداخته می‌شود.

1 Yu

2 Land Use Land Change

3 Beijing

4 H. Aithal

خلاق (۱۳۸۵) با استفاده از تصاویر TM و ETM+ لندست و بهره‌گیری از روش‌های طبقه‌بندی شیء‌گرا و پیکسل پایه نقشه آشکارسازی تغییرات ساحل دریای خزر را تهیه نمود. فیضی زاده و حاجی میر رحیمی (۱۳۸۶) از تصاویر TM لندست و HDR ماهواره اسپات استفاده نموده و تغییرات فضای سبز شهر تبریز را با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا مورد مطالعه قرار دادند. بر اساس تحقیق این مشخص شد که بیش از ۴۶ درصد فضای سبز شهر تبریز در یک دوره زمانی ۱۶ ساله تخریب شده است.

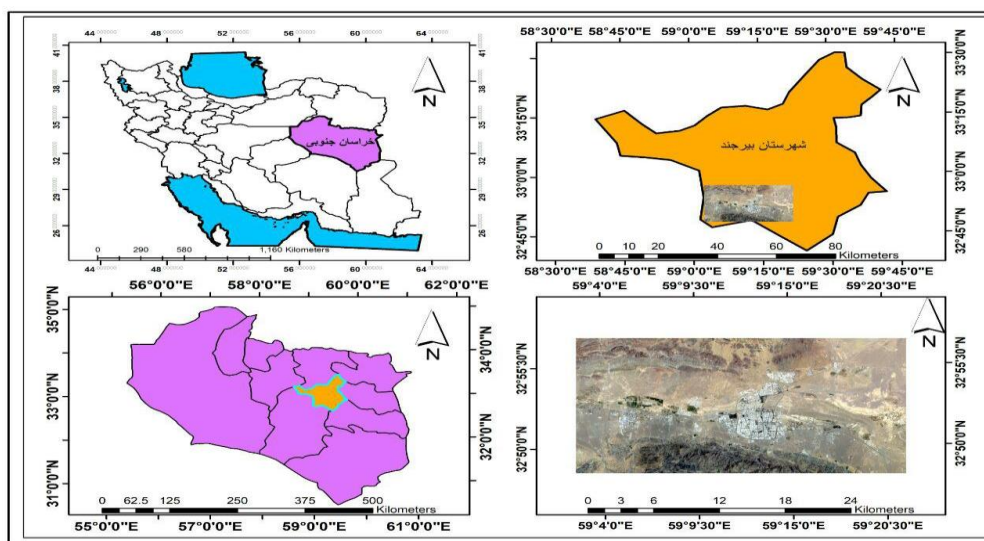
محرمی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و تکنیک‌های شیء‌گرای پردازش تصاویر ماهواره‌ای به تأثیرات پس‌روی دریاچه ارومیه بر روستاهای ساحل شرقی دریاچه ارومیه بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۵ پرداختند جهت پردازش تصاویر ماهواره‌ای از روش‌های شیء‌گرا استفاده شده و کاربری‌های مورد نظر استخراج گردیدند. در ادامه نیز با استفاده از مدل زنجیره مارکوف به پیش‌بینی وضعیت آبی در منطقه پرداخته شده است. نتایج نشان‌دهنده افزایش سطح باغات، نمک‌های مرطوب، پهنه‌های گلی-نمکی (خاک‌های نمکی)، اراضی کشاورزی، نمک‌های جدید و کاهش مساحت دریاچه ارومیه در بازه مورد مطالعه است. ارخی (۱۳۹۴) با استفاده از تصاویر آشکارسازی تغییرات پوشش کاربری اراضی منطقه آبدانان در طی دوره زمانی ۲۵ ساله استفاده نموده است. بدین منظور از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا جهت طبقه‌بندی نظارت‌شده تصاویر مربوط به سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۴ برای پایش تغییرات استفاده گردیده است.

غفاری و همکاران (۱۳۹۷) نیز به مقایسه روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و شیء‌گرا در دشت‌های اصفهان-برخوار، نجف آباد و چادگان و بررسی تغییر کاربری اراضی در طول دوره آماری با استفاده از تصاویر لندست (TM 1985) و (OLI 2015) پرداخته‌اند. طبقه‌بندی کاربری اراضی شامل قطعه‌بندی داده‌های تصویری با استفاده از الگوریتم قطعه‌بندی چندمقیاسه در محیط نرم‌افزار eCognition انجام شده است. سپس این قطعات انتخاب شده و با استفاده از الگوریتم نزدیک‌ترین همسایه شیء‌گرا طبقه‌بندی شدند. طبقه‌بندی پیکسل پایه نظارت شده شامل انتخاب نمونه‌های تعلیمی با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال انجام شد. ارزیابی صحت در هر دو روش انجام شد. نتایج نشان داد که طبقه‌بندی شیء‌گرا با صحت کلی بالای ۹۰ درصد نسبت به طبقه‌بندی پیکسل پایه از دقت بالاتری برخوردار است. نقشه‌های کاربری اراضی نشان داد به ترتیب در دشت‌های اصفهان-برخوار، نجف آباد و چادگان مساحت کاربری مسکونی برابر با ۲،۰۹، ۹،۶۶، ۳،۷۴ درصد افزایش و کاربری مرتعی برابر با ۷،۴۸، ۱۰،۹۴ و ۱۷،۷۳ درصد کاهش در طول دوره مورد مطالعه داشته‌اند. همچنین در دشت چادگان سطح اراضی زراعی و تحت آیش به ترتیب به میزان ۸،۳۱ و ۵،۶۴ درصد افزایش داشته‌اند. در این تحقیق نیز سعی شده است تغییر کاربری اراضی شهر بیرجند با استفاده از دو مدل طبقه‌بندی شیء‌گرا و مدل زنجیره مارکوف بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ مورد تحلیل قرار گیرد و روند آن برای آینده پیش‌بینی گردد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

بیرجند شهری در شرق ایران و مرکز شهرستان بیرجند است. این شهر در ۵۹ درجه و ۱۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۵۳ دقیقه عرض جغرافیایی و در ارتفاع ۱۴۷۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است. جمعیت این شهر از ۸۱۷۸۹ نفر در سال ۱۳۶۵ به حدود ۲۰۳۶۳۶ نفر در سال ۱۳۹۵ رسیده است. در واقع جمعیت این شهر در این دوره ۳۰ ساله (۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵) حدود ۲/۵ برابر شده است. این آمار و ارقام گویای رشد قابل توجه جمعیتی این شهر است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه. منبع: نگارندگان

۲-۲- روش‌ها

در تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۱۷ استفاده شده است که به شرح جدول شماره ۱ است. پس از انجام تصحیح رادیو متریک و هندسی برای کاهش خطاها بر روی تصاویر، محدوده مورد مطالعه را توسط نرم‌افزار ArcGIS از تصاویر اصلی جدا شد.

جدول ۱- تصاویر مورد استفاده

ماهواره	سنجنده	زمان تصویربرداری
لندست ۷	ETM	1379/6/13 (2000)
لندست ۷	ETM	1389/5/24 (2010)
لندست ۸	OLI	1396/6/17 (2017)

منبع: نگارندگان

برای طبقه‌بندی تصاویر در این پژوهش، از روش شی گرا استفاده گردید؛ به دلیل اینکه روش مذکور علاوه بر اطلاعات طیفی از اطلاعات دیگر پیکسل‌ها (اندازه، شکل، بافت و ...) برای طبقه‌بندی استفاده می‌کند. تصاویر برش خورده برای انجام طبقه‌بندی وارد نرم‌افزار Ecogonation شده است. سگمنت‌سازی مهم‌ترین مرحله در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای در Ecogonation است، شی‌های تصویر بر اساس پارامترهایی مانند مقیاس، شکل شیء موردنظر، رنگ، ضریب فشردگی شکل که توسط مفسر تعیین می‌شود ایجاد می‌شوند. در این بررسی برای ساخت سگمنت، پارامتر مقیاس ۱۰، پارامتر رنگ ۰٫۸ و فشردگی ۰٫۱ و شکل ۰٫۴ در نظر گرفته شده است. برای افزایش دقت کلاس‌های طبقه‌بندی برای هر کلاس زیر کلاس‌های دیگری که در انتها با طبقات اصلی ادغام شدند نیز ایجاد شد. نتیجه نهایی سگمنت‌سازی ۴ کلاس کلی شامل اراضی بایر، مرتع، پوشش گیاهی و محدوده ساخته شده است. در این تحقیق تصاویر به ترتیب سال آن‌ها مورد طبقه‌بندی قرار گرفتند که نتایج این طبقه‌بندی‌ها در شکل‌های ۴ تا ۶ نشان داده شده است. پس از طبقه‌بندی تصویر برای ارزیابی دقت روش انجام شده، ماتریس خطا^۱ ایجاد و دقت کلی محاسبه شد. دقت کلی، میانگینی از دقت طبقه‌بندی است که نسبت شی‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل شی‌های مرجع را نشان می‌دهد. در این پژوهش، نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی با دقت کلی بیش از ۸۰ درصد و ضریب کاپای بالاتر از ۰٫۸۵ توسط ماتریس خطا محاسبه گردید. این مقادیر نشان می‌دهد طبقه‌بندی و انواع طبقات کاربری زمین با یکدیگر توافق خوبی دارند. جدول ۲ ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را نشان می‌دهد.

جدول ۲- ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای

سال	تصویر	شاخص کاپا	دقت کلی
۲۰۰۰	ETM	۰/۸۸	۹۰/۵۴
۲۰۱۰	ETM	۰/۸۹	۹۲/۴۶
۲۰۱۷	OLI	۰/۸۷	۸۹/۶۵

منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای

همچنین از مدل زنجیره مارکوف نیز برای پیش‌بینی تغییرات آتی استفاده شده است. زنجیره مارکوف یک روش ریاضی و احتمالاتی است. درواقع مدل زنجیره‌ای مارکوف به صورت یک فرایند تصادفی عمل می‌کند که در آن وضعیت آینده یک پیکسل تنها به وضعیت قبلی آن بستگی دارد و بر اساس آن پیش‌بینی می‌شود. نتیجه مستقیم حاصل از این مدل، ماتریس احتمال انتقال است؛ اما در این مدل هیچ درک جغرافیایی به دست نمی‌آید و در پایان به مدل‌سازی نقشه واحدی که نشان‌دهنده توزیع مکانی کلاس‌ها باشد، تولید نمی‌گردد. برای رفع این مشکل در دهه ۱۹۵۰ مدل

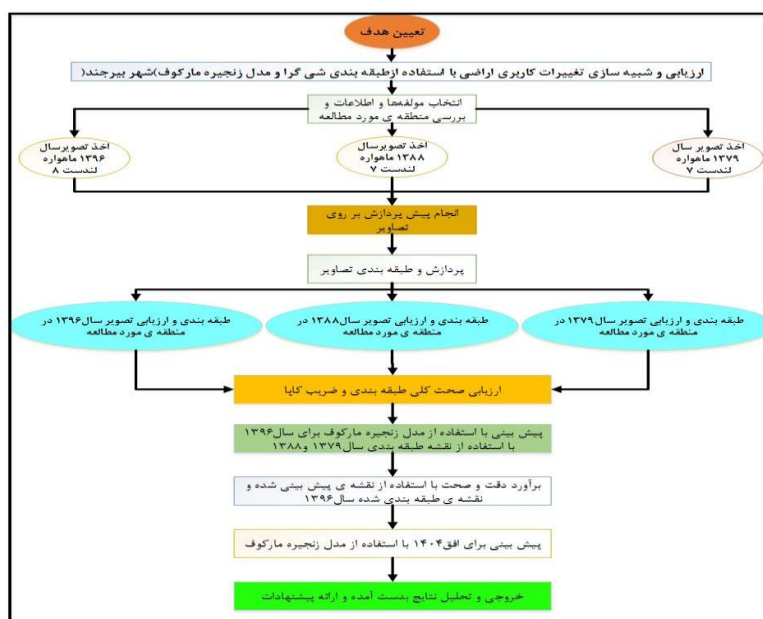
CA مارکوف توسط جان وان نیومن برای اضافه کردن مشخصه مکانی به مدل مارکوف طراحی شد (فن و همکاران، ۲۰۰۸).

پیش بینی در مدل مارکوف با استفاده از رابطه ۳ محاسبه می شود. (فن و همکاران، ۲۰۰۸).

رابطه (۳) $S(t+1) = P_{ij} * s(t)$

در این رابطه؛ $S(t)$ ، $S(t+1)$ حالت های سیستم در زمان t و $t+1$ هستند و p_{ij} ماتریس احتمال انتقال در یک حالت است که از طریق رابطه ۴ محاسبه می شود.

$$p_{ij} = \begin{matrix} & \begin{matrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \end{matrix} \\ \begin{matrix} P_{21} \\ P_{31} \\ \dots \\ P_{n1} \end{matrix} & \begin{matrix} P_{22} & P_{23} & \dots & P_{2n} \\ P_{32} & P_{33} & \dots & P_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n2} & P_{n3} & \dots & P_{nn} \end{matrix} \end{matrix} \quad \text{رابطه (۴)}$$

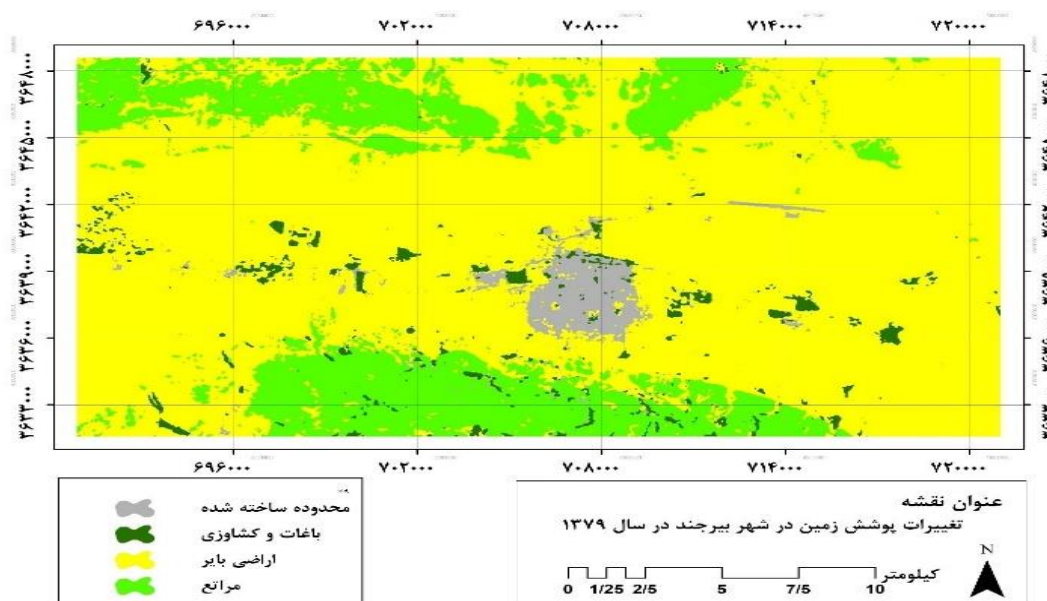


شکل ۲- فلوچارت مراحل تحقیق منبع: نگارندگان

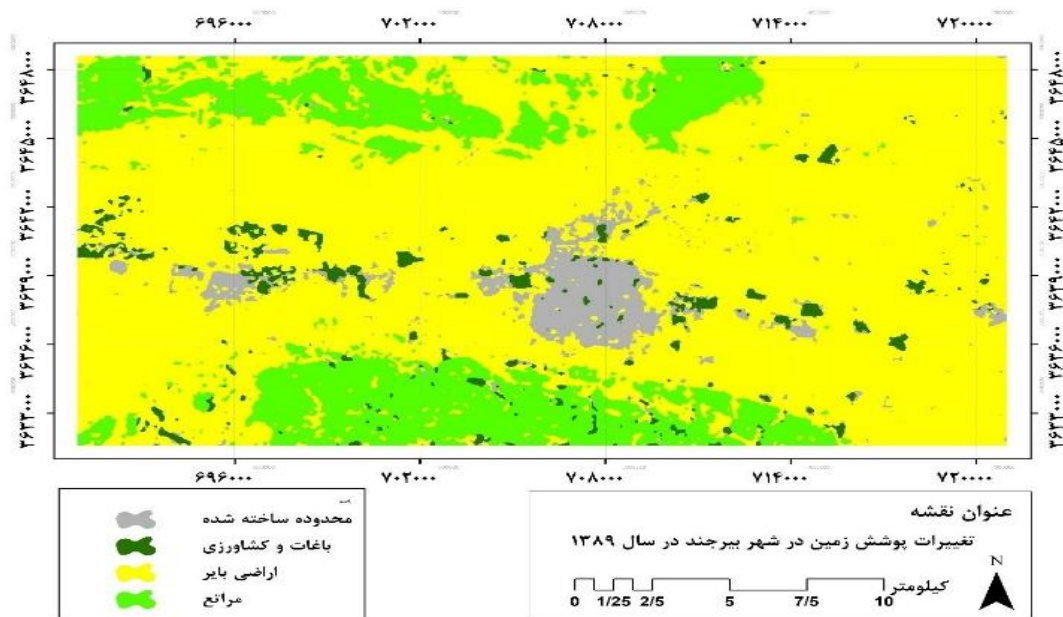
۳- نتایج و بحث

هدف پژوهش حاضر بررسی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی شهر بیرجند و پیرامون آن در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ و شبیه سازی روند تغییرات کاربری را تا سال ۱۴۰۴ با استفاده از روش زنجیره مارکوف است. در همین راستا،

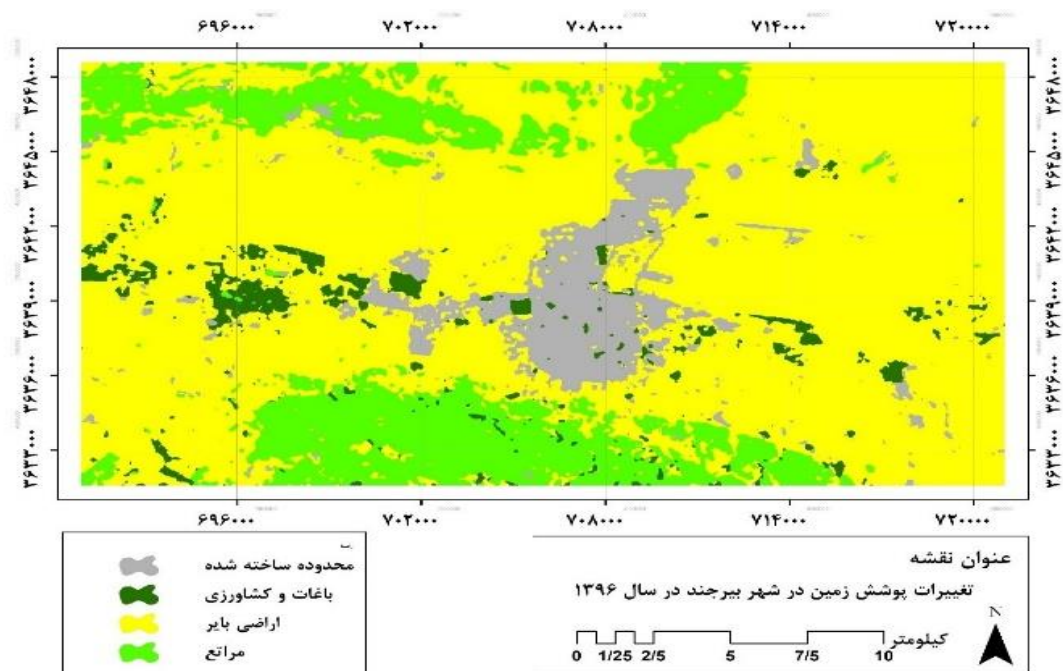
شکل شماره ۳ تا ۵ تغییرات پوشش زمین شامل کاربری‌های باغات، زمین‌های کشاورزی، محدوده‌های ساخته‌شده، اراضی بایر و مراعات شهر بیرجند را به ترتیب برای سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۶ نشان می‌دهند. همانطور که در نقشه‌ها قابل مشاهده است؛ سال ۱۳۸۹ نسبت به سال ۱۳۷۹ محدوده‌های ساخته‌شده به صورت ناپیوسته به سمت شمال و شمال شرق و همچنین به سمت غرب و تا حدی نیز به سمت شرق کشیده شده است که بیانگر پیروی رشد فیزیکی شهر از الگوی پراکنده‌رویی (اسپرال) در این دوره است. مقایسه شکل (۵) با شکل (۴) نشان می‌دهد که رشد فیزیکی شهر بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ در جهات فوق‌الذکر ادامه یافته و شکل پیوسته‌تری به خود گرفته است. مخصوصاً جهت شمال و شمال شرق برتری نسبی نسبت به جهات دیگر توسعه فیزیکی دارد. مخصوصاً در دوره دوم (۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶) رشد ساخت و ساز شهری نسبت به دوره اول مورد نظر بیشتر می‌باشد. همچنین با نگاهی اجمالی به نقشه‌ها دریافته می‌شود که بیشتر ساخت و ساز شهری بر روی اراضی بایر صورت پذیرفته است.



شکل ۳- تغییرات پوشش زمین در سال ۱۳۷۹ منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای



شکل ۴- تغییرات پوشش زمین در سال ۱۳۸۹ منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای



شکل ۵- تغییرات پوشش زمین در سال ۱۳۹۶ منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای

۳-۱- تغییر مساحت کاربری‌های محدوده مورد مطالعه (۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶)

کل مساحت محدوده مورد مطالعه در این تحقیق حدود ۵۱۱۸۳ هکتار است. برای سهولت بررسی، در جدول شماره ۳ به جای مساحت هر کاربری، سهم آن کاربری از کل مساحت محدوده، درج شده است. همچنین نرخ سالیانه تغییر مساحت کاربری‌ها با استفاده از روش رشد نمایی محاسبه گردید. بر این اساس بیشترین سهم کاربری‌ها از کل محدوده مربوط به اراضی بایر و کمترین مربوط به باغات و کشاورزی است. روند تغییرات به گونه‌ای بوده است که از سهم کاربری بایر و مراتع کاسته شده است. به طوری که در دوره ۱۷ ساله مورد مطالعه به طور سالانه ۰/۴۸ درصد از مساحت مراتع و ۰/۳۸ درصد از اراضی بایر کاسته شده است. در مقابل بیشترین افزایش مربوط به کاربری محدوده ساخته شده است به طوری که سالانه ۶/۱۲ درصد به این کاربری افزوده شده است. باغات و زمین‌های کشاورزی نیز با نرخ رشد ۲/۶۱ درصد در سال، افزایش مساحت داشته‌اند.

جدول ۳- مساحت هر کاربری در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۹ و ۱۳۹۶ (بر حسب مترمربع)

ردیف	پوشش زمین	سهم کاربری از کل محدوده مورد مطالعه (درصد)			نرخ تغییر سالانه تا ۱۳۸۹ (۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶)	نرخ تغییر سالانه تا ۱۳۸۹ (۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶)	نرخ تغییر سالانه کل دوره (۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶)
		۱۳۷۹	۱۳۸۹	۱۳۹۶			
۱	محدوده ساخته شده	۲/۸۸	۵/۱۱	۷/۹۲	۵/۸۸	۶/۴۳	۶/۱۲
۲	باغات و کشاورزی	۲/۲۱	۲/۶۹	۳/۴۳	۱/۹۸	۳/۴۹	۲/۶۱
۳	اراضی بایر	۷۵/۷۹	۷۴/۱۳	۷۱/۰۴	-۰/۲۲	-۰/۶	-۰/۳۸
۴	مراتع	۱۹/۱۱	۱۸/۰۷	۱۷/۶۱	-۰/۵۶	-۰/۳۶	-۰/۴۸
	جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	-	-	-

منبع: محاسبات نگارندگان بر اساس داده‌های تصاویر ماهواره‌ای

۳-۲- ماتریس‌های تبدیل وضعیت

ماتریس تبدیل وضع روشی برای نشان دادن روند تبدیل هر طبقه کاربری به طبقات دیگر در یک دوره زمانی خاص است.

در این پژوهش داده‌های خام اولیه مستخرج از تصاویر ماهواره‌ای، برای گویایی بهتر بحث، تبدیل به شاخص‌های دیگری شده است. از جمله اینکه در داده‌های اولیه ماتریس، اعداد به صورت نسبت (بین صفر تا ۱) بوده که برای وضوح بهتر به درصد تبدیل شد. در محور عمودی (ستون‌ها) کاربری اولیه (وضعیت کاربری در آغاز دوره) و در محور افقی (سطرها)، کاربری ثانویه (وضعیت کاربری در پایان دوره) ذکر شده است. در محل تقاطع دو کاربری،

عددی به صورت درصد است که بیانگر نسبت وقوع آن حالت به مجموع حالت‌های مختلف (تغییر و عدم تغییر) اتفاق افتاده بین تمام کاربری‌هاست. در واقع با دو حالت مختلف روبرو هستیم. اول: ثبات کاربری‌ها (عدم تغییر) دوم: تبدیل یک کاربری به کاربری دیگر. در حالت دوم یک کاربری به کاربری دیگر تغییر می‌کند که خروج از یک حالت (کاربری) و ورود به حالت دیگر (کاربری دیگر) اتفاق می‌افتد. در این جدول مجموع ورودی‌ها و خروجی‌های کاربری‌ها نشان داده شده است. همچنین سهم ورودی هر کاربری (از طریق تبدیل کاربری‌های دیگر) از طریق تقسیم نمودن میزان ورودی آن کاربری به کل تغییر کاربری‌ها محاسبه شده است. نسبت خروجی نیز حاصل تقسیم خروجی یک کاربری به کل تغییرات به صورت درصد است.

در جدول شماره ۴ ماتریس تبدیل وضعیت پوشش زمین بین سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول، تغییر پوشش/کاربری زمین ۸/۸۶ درصد می‌باشد. از کل تغییرات حدود ۱ درصد مربوط به اراضی بایر، ۳۱/۸۳ درصد مربوط به مراتع، ۸/۹ درصد متعلق به اراضی کشاورزی و باغات و کمترین سهم تغییرات (۶،۹ درصد) مربوط به محدوده ساخته شده است.

محصول نهایی اکثر تبدیل کاربری‌ها اراضی بایر است. به طوری که در ۷۷/۳۵ تغییر کاربری‌ها، اراضی بایر شکل گرفته است. ۲/۷۸ درصد تبدیل کاربری‌ها به سکونتگاه‌های انسانی (بافت‌های شهری و روستایی) ختم می‌شود. منبع عمده شکل‌گیری کاربری ساخته شده، اراضی بایر می‌باشد. بیش‌ترین رقم تبدیل یک کاربری به کاربری دیگر، از مرتع به اراضی بایر بوده است (۲/۷۵ درصد). این مطلب تا حدودی بیانگر بیابان‌زایی و تخریب مراتع منطقه است.

جدول ۴- ماتریس احتمال انتقال وضعیت کاربری‌های محدوده مورد مطالعه در دوره ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹

نسبت ورودی کاربری به کل ورودی‌ها	نسبت ورودی کاربری به کل حالات	کاربری اولیه (۱۳۷۹)					
		مراتع	اراضی بایر	باغات و کشاورزی	محدوده ساخته شده		
۲/۷۸	۲/۷۱	۰/۰۵	۲/۴۵	۰/۲۶	۲/۵۳	محدوده ساخته شده	کاربری ثانویه (۱۳۸۹)
۱/۵۶	۱/۲۸	۰/۰۷	۱/۱۱	۱/۴۲	۰/۱	باغات و کشاورزی	
۷۷/۳۵	۳/۵۴	۲/۷۵	۷۰/۵	۰/۴	۰/۳۹	اراضی بایر	
۱۸/۳۲	۱/۳۳	۱۶/۷	۱/۱۵	۰/۱۳	۰	مراتع	
-	۸/۸۶	۲/۸۲	۴/۷۱	۰/۷۹	۰/۵۴	تغییر کاربری (خروجی)	
-	۹۱/۱۵	۱۶/۷	۷۰/۵	۱/۴۲	۲/۵۳	ثبات کاربری	
۱۰۰	-	۳۱/۸۳	۵۳/۱۶	۸/۹۲	۶/۰۹	نسبت خروجی کاربری به کل خروجی‌ها	

محاسبات نگارندگان بر اساس داده‌های تصاویر ماهواره‌ای

با توجه به خروجی‌های جدول (۵) مشخص گردید که بین سال‌های ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶ احتمال تغییر پوشش/کاربری زمین در کل ۱۲/۵۴ درصد می‌باشد. از کل تغییرات حدود ۵۷/۱۸ درصد مربوط به اراضی بایر، ۱۷/۷ درصد مربوط به مراتع، ۱۷/۳ درصد متعلق به محدوده ساخته شده می‌باشد و کمترین سهم تغییرات (۷/۸ درصد) مربوط به تغییر اراضی کشاورزی و باغات صورت گرفته است.

همچنین ۳۶/۶۸ درصد تبدیل کاربری‌ها به ساخت محیط ساخته شده (شهری و روستایی) ختم می‌شود. منبع عمده شکل‌گیری کاربری ساخته شده، اراضی بایر می‌باشد.

ضمن اینکه ۳۵/۶۵ درصد تغییرات کاربری‌ها به شکل‌گیری اراضی بایر ختم شده که متأسفانه منبع عمده چنین تغییری، مراتع است و از این رو نیاز است که حفاظت بیشتری برای حفظ مراتع اطراف شهر بیرجند صورت گیرد.

جدول ۵- ماتریس احتمال انتقال وضعیت بین کاربری‌ها در دوره ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۶

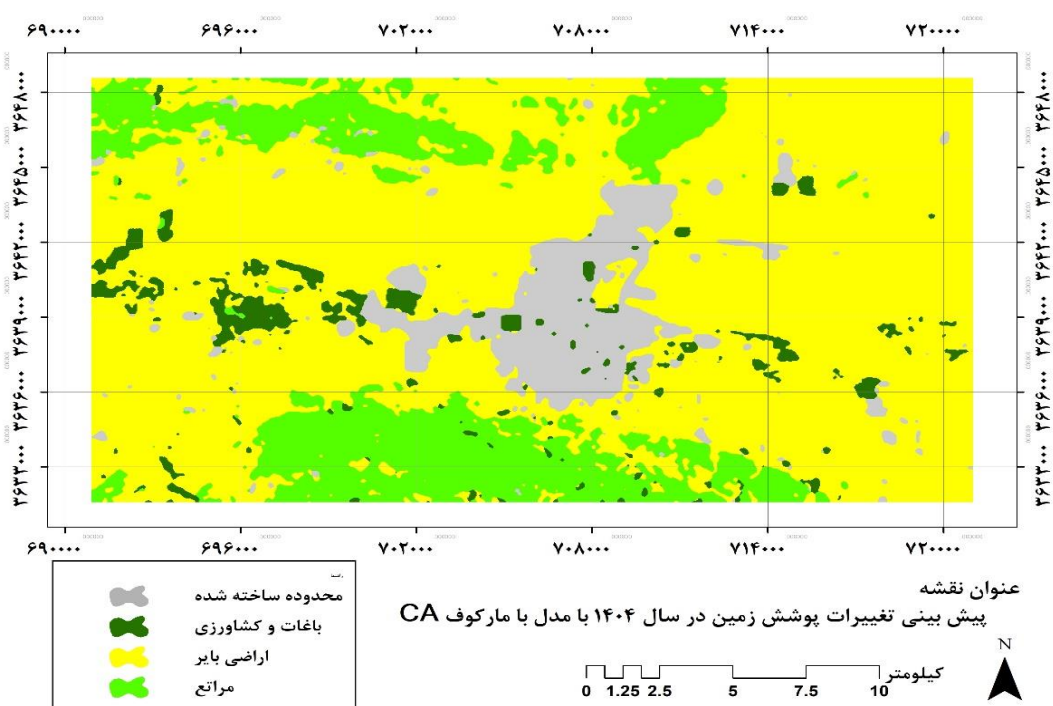
نسبت ورودی کاربری به کل تغییرات	شکل‌گیری کاربری ثانویه از کاربری دیگر (درصد)*	کاربری اولیه (۱۳۸۹)				
		مراتع	اراضی بایر	باغات و کشاورزی	محدوده ساخته شده	
۳۶/۶۸	۴/۶	۰/۰۹	۴/۴۶	۰/۰۵	۳/۳۲	محدوده ساخته شده
۱۳/۶۴	۱/۷۱	۰/۰۷	۱/۱	۱/۷	۰/۵۴	باغات و کشاورزی
۳۵/۶۵	۴/۴۷	۲/۰۶	۶۶/۵۹	۰/۸۴	۱/۵۷	اراضی بایر
۱۴/۰۴	۱/۷۶	۱۵/۸۵	۱/۶۱	۰/۰۹	۰/۰۶	مراتع
-	۱۲/۵۴	۲/۲۲	۷/۱۷	۰/۹۸	۲/۱۷	احتمال تغییر کاربری اولیه*
-	۸۷/۴۶	۱۵/۸۵	۶۶/۵۹	۱/۷	۳/۳۲	احتمال عدم تغییر کاربری اولیه*
۱۰۰	-	۱۷/۷	۵۷/۱۸	۷/۸۱	۱۷/۳	نسبت خروجی کاربری به کل خروجی‌ها

منبع: یافته‌های نگارندگان از تصاویر ماهواره‌ای

۳-۳- پیش‌بینی کلاس‌های کاربری در سال ۱۴۰۴

با بررسی تغییرات صورت گرفته در کاربری اراضی محدوده شهر بیرجند که شامل کاربری‌های محدوده ساخته شده، باغات و کشاورزی، مراتع و اراضی بایر است؛ برای ارزیابی و شبیه‌سازی آینده محدوده از مدل زنجیره مارکوف استفاده شد. زنجیره مارکوف تغییرات کاربری زمین را از یک دوره به دوره دیگر بیان کرده و از آن به عنوان پایه‌ای برای نقشه‌سازی تغییرات آینده استفاده می‌کند. در اینجا با در نظر گرفتن مساحت انتقال‌یافته بین بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ و مدل زنجیره مارکوف، مساحت ۴ طبقه پوشش زمین در کاربری‌های موردنظر در سال ۱۴۰۴

ارزیابی و شبیه‌سازی شد، که در قالب شکل شماره ۶ قابل مشاهده است. نمایش داده شده است. جدول ۶ نیز وسعت کاربری‌ها در سال ۱۳۹۶ و پیش‌بینی تغییرات آن‌ها در سال ۱۴۰۴ را نشان می‌دهد. بر این اساس، بیش‌ترین تغییرات مربوط به کاربری محدوده ساخته شده می‌باشد به‌طوری که اگر همین روند تغییرات تداوم داشته باشد، مساحت محدوده ساخته شده از ۴۰۵۲ هکتار در سال ۱۳۹۶ به ۴۷۴۷ هکتار در سال ۱۴۰۴ خواهد رسید؛ یعنی مساحت آن ۱/۱۷ برابر خواهد شد (رشد ۱۷/۱۳ درصدی). مساحت و سهم کاربری باغات و کشاورزی نیز در افق طرح رشدی مثبت خواهد داشت و ۱/۰۹ برابر خواهد شد (رشد ۹/۰۸ درصدی). در مقابل مساحت دو کاربری اراضی بایر و مراتع کاهش خواهد یافت به‌طوری که مساحت اراضی بایر از ۳۶۳۶۱ هکتار به ۳۵۷۰۴ هکتار و سهم آن در محدوده مورد مطالعه از ۷۱/۰۴ درصد به ۶۹/۷۶ درصد تنزل می‌یابد (رشد ۱/۸۱- درصد) و مساحت مراتع از ۹۰۱۴ هکتار به ۸۸۰۵ هکتار کاهش می‌یابد (رشد ۲/۳۲- درصد) یعنی حدود ۲۰۹ هکتار از اراضی مرتعی به کاربری‌های دیگر تغییر می‌یابد که رقم قابل توجهی است و با توجه به پیامدهای زیست‌محیطی و اقتصادی تخریب مراتع نیازمند جدیت بیشتر در مهار بیابان‌زایی و تغییر کاربری مراتع است.



شکل ۶- پیش‌بینی وضعیت پوشش زمین در محدوده مورد مطالعه سال ۱۴۰۴

جدول ۶- پیش‌بینی وسعت پوشش زمین محدوده مورد مطالعه برای سال ۱۴۰۴

نوع پوشش/کاربری	۱۳۹۶		۱۴۰۴		نسبت مساحت ۱۴۰۴ به ۱۳۹۶	میزان تغییر (درصد)*
	مساحت (هکتار)	نسبت کاربری به کل مساحت محدوده (درصد)	مساحت (هکتار)	نسبت کاربری به کل مساحت محدوده (درصد)		
محدوده ساخته‌شده	۴۰۵۲/۹۷	۷/۹۲	۴۷۴۷/۴۱	۹/۲۸	۱/۱۷	۱۷/۱۳
باغات و کشاورزی	۱۷۵۴/۱۹	۳/۴۳	۱۹۲۶/۰۹	۳/۷۶	۱/۰۹	۹/۸
اراضی بایر	۳۶۳۶۱/۶۲	۷۱/۰۴	۳۵۷۰۴/۳۵	۶۹/۷۶	۰/۹۸	-۱/۸۱
مراعات	۹۰۱۴/۳۱	۱۷/۶۱	۸۸۰۵/۲۴	۱۷/۲	۰/۹۷	-۲/۳۲
کل	۵۱۱۸۳/۰۹	۱۰۰	۵۱۱۸۳/۰۹	۱۰۰	-	-

*میزان تغییر کل دوره است و رشد سالانه مد نظر نیست.

۴- نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در دوره زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ تغییرات کاربری‌های باغات و زمین‌های کشاورزی، محدوده ساخته‌شده، زمین‌های بایر و مراعات بررسی شد. برای ارزیابی این تغییرات از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا در نرم‌افزار Ecogonation و برای ارزیابی و شبیه‌سازی آینده از روش زنجیره مارکوف استفاده گردید. با استفاده از مدل زنجیره مارکوف الگوی تغییرات کاربری اراضی برای سال ۱۴۰۴ پیش‌بینی و مدل‌سازی گردید. این مدل شامل سه مرحله: ۱- محاسبه احتمالات تبدیل با استفاده از آنالیز زنجیره مارکوف ۲- محاسبه نقشه‌های شایستگی پوشش و کاربری زمین بر اساس ارزیابی چندمعیاره ۳- اختصاص مکانی پوشش کاربری زمین بر اساس عملگر مکانی CA است. این مدل بر اساس تغییرات صورت گرفته در سال‌های گذشته به محاسبه احتمال تغییرات در آینده و تخصیص مکانی این تغییرات می‌پردازد و صرفاً روند کلی تغییرات را در نظر نمی‌گیرد بلکه روند تمامی سال‌ها را در نظر می‌گیرد. در روش زنجیره مارکوف از کلاس‌های تعیین‌شده و مقدار وسعتی که از هر کاربری به کاربری دیگر در بازه زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۶ تبدیل شده است به‌عنوان حالت‌های زنجیره استفاده شد. بر اساس مدل زنجیره مارکوف طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۹ و ۱۳۹۶ مساحت محدوده ساخته‌شده، کشاورزی و باغات افزایش یافته است و از مساحت اراضی بایر و مراعات کاسته شده است. تغییرات مساحت کاربری‌ها در سال ۱۴۰۴ نسبت به ۱۳۹۶ نیز به همین صورت است، به‌طوری‌که باغات و زمین‌های کشاورزی (۱/۰۹ برابر)، محدوده‌های ساخته‌شده (۱/۱۷ برابر) اراضی بایر (۰/۹۸ برابر)، مراعات (۰/۹۷ برابر) خواهد شد.

در کل این الگوی تغییر کاربری، بیانگر افزایش دخالت‌های انسانی و غلبه چشم‌اندازهای انسانی (سکونتگاه‌ها، باغات و اراضی کشاورزی) بر محیط طبیعی (مخصوصاً مراعات) است. در این بین کاهش اراضی مرتعی با توجه به

تبعات مختلف زیست محیطی ناشی از بین رفتن پوشش گیاهی مثل افزایش ریزگردها، افزایش احتمال سیلاب، کاهش نفوذپذیری آب به سفره های زیر زمینی و... و نیز پیامدهای اقتصادی- اجتماعی مثل آسیب به بخش های دامداری و کشاورزی، بیکاری و مهاجرت را به همراه خواهد داشت؛ از اهمیت بیشتری برخوردار است. نکته بعدی که از مقایسه نقشه ها قابل درک است، توسعه و رشد فیزیکی پراکنده سکونتگاه ها است که بخشی از اراضی مرتعی و حتی کشاورزی و باغات را به زیر ساخت و ساز می برد و از آنها می کاهد. نکته مهم دیگر این است که علی رغم افزایش مساحت باغات و اراضی کشاورزی، درصد قابل توجهی از تغییر کاربری ها، مربوط به این کاربری مهم است به طوری که در دوره ۱۳۸۹-۱۳۷۹ حدود ۸٫۹۲ درصد و در دوره ۱۳۹۶-۱۳۸۹ حدود ۷٫۸۱ درصد از تغییر کاربری ها به کاربری دیگر مربوط به این کاربری است. در کل باید با یک نگرش سیستمی به منطقه مورد مطالعه با در نظر گرفتن ابعاد شهری- روستایی، زیست محیطی و اقتصادی- اجتماعی در برنامه ریزی ها، تلاش شود روند نابینجار تغییر کاربری ها کنترل شود. به طوری که از دست اندازی به زمین های مرغوب کشاورزی، باغات و مراتع کاسته شود. یکی از مهم ترین اقدامات در این زمینه می تواند پیروی از الگوی رشد فشرده و درونزای شهری با محوریت استفاده از اراضی بایر درون شهری و بافت های فرسوده باشد.

کتابنامه

- ارخی، صالح؛ ۱۳۹۴، آشکارسازی تغییرات پوشش/ کاربری اراضی با پردازش شیء گرای تصاویر ماهواره ای با استفاده از نرم افزار Idrisi selvi مطالعه موردی: منطقه آبدانان. *فصلنامه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، شماره ۲۴، صفحه ۱-۱۲.
- خلیقی، سام؛ ۱۳۸۵. پایش تغییرات خط ساحل دریای خزر. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه تبریز.
- رضویان، محمد تقی؛ ۱۳۸۱. برنامه ریزی کاربری اراضی شهری. نشر منشی. تهران.
- شریفی، لیلا؛ رسولی، علی اکبر؛ حجازی، میر اسدا...؛ رستم زاده، هاشم؛ ۱۳۹۱. آشکارسازی تغییرات کاربری/ پوشش اراضی با پردازش شیء گرای تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی: شهرستان تبریز). *نشریه جغرافیا و برنامه ریزی*. مقاله ۱۰. دوره ۱۷. شماره ۴۴. تابستان ۱۳۹۲. صفحه ۲۰۳-۲۱۴.
- شنانی هویزه، سیده مائده؛ زراعی، حیدر؛ ۱۳۹۵. بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دو دهه دوره زمانی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز ابوالعباس). *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*. سال هفتم، شماره ۱۴، صفحه ۲۴۴-۲۳۷.
- علوی پناه، سید کاظم؛ ۱۳۸۴. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- غفاری، صدیقه؛ مرادی، حمید رضا؛ رضا، مدرس؛ ۱۳۹۷. مقایسه روش های طبقه بندی پیکسل پایه و شیء گرا در تهیه نقشه کاربری اراضی (مطالعه موردی: دشت های اصفهان- برخوار، نجف آباد و چادگان). *فصلنامه سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*. ۹(۱). ۴۰-۵۷.

فیضی زاده، بختیار و حاجی میر رحیمی، سید محمود؛ ۱۳۸۷. آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا (مطالعه موردی: شهرک اندیشه). همایش ژئوماتیک ۸۷، تهران: سازمان نقشه‌برداری کشور، صفحه ۱۰-۱.

فیضی زاده، بختیار و حاجی میر رحیمی، سید محمود؛ ۱۳۸۶. آشکارسازی تغییرات فضای سبز شهر تبریز با استفاده از روش‌های شیء‌گرا. /ولین همایش GIS شهری. دانشگاه شمال، صفحه ۱۰-۱.

فیضی زاده، بختیار؛ ۱۳۸۶. مقایسه روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه تبریز.

فیضی زاده، بختیار، جعفری، فیروز و نظم فر، حسین؛ ۱۳۸۷. کاربرد داده‌های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات کاربری‌های اراضی شهری (مطالعه موردی فضای سبز شهر تبریز). نشریه هنرهای زیبا. تابستان ۱۳۸۷. شماره ۳۴ صفحه ۱۷-۲۴

قادرمزی، حامد؛ ۱۳۸۳. نقش روستا شهرها در توسعه روستاهای پیرامونی؛ مطالعه موردی روستا شهر دهگلان. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی. دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

محرمی میثم، رسولی علی اکبر، رستم زاده هاشم؛ ۱۳۹۵. مدل‌سازی تأثیرات پس‌روی دریاچه ارومیه بر روستاهای ساحل شرقی دریاچه ارومیه با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال سوم، شماره ۳، صفحه ۸۱-۹۸

موسوی، سید حجت؛ رنجبر، ابوالفضل، حاصلی، مهدی؛ ۱۳۹۵. پایش و روند یابی تغییرات کاربری اراضی حوضه ابرکوه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۲۰۱۴ - ۱۹۷۶. فصلنامه اطلاعات جغرافیایی سپهر. شماره ۲۵ صفحه ۱۴۶-۱۲۹.

Addae, Bright & Oppelt, Natascha., 2019. Land-Use/Land-Cover Change Analysis and Urban Growth Modelling in the Greater Accra Metropolitan Area (GAMA), Ghana. Urban Science. 3. 26.

Aithal, Bharath., Chandan M C, Nimish G., 2019. Assessing land surface temperature and land use change through spatio-temporal analysis: a case study of select major cities of India. *Arabian Journal of Geosciences*. 12(11):367.

Bagan, Hasi and Yamagata, Yoshiki., 2014. Land-cover change analysis in 50 global cities by using a combination of Landsat data and analysis of grid cells. *Environmental Research Letters*, Volume 9, Number 6.

Blaschke, Thomas., 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 65(1), 2-16.

Cahya, D L., Martini, E., and K M Kasikoen., 2018. Urbanization and Land Use Changes in Peri-Urban Area using Spatial Analysis Methods (Case Study: Ciawi Urban Areas, Bogor Regency). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 123 012035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/123/1/012035>.

Chen, G., Hay, G. J., Carvalho, L. M., & Wulder, M. A., 2012. Object-based change detection. *International Journal of Remote Sensing*, 33(14), 4434-4457.

- Desclée, B., Bogaert, P., & Defourny, P., 2006. Forest change detection by statistical object-based method. *Remote Sensing of Environment*, 102(1), 1-11.
- Escolano, Javier. & Navarro-Pedreño, Jose & Gómez Lucas, Ignacio & Almendro-Candel, M. & Zorpas, Antonis., 2018. Decreased Organic Carbon Associated With Land Management in Mediterranean Environments. 10.1016/B978-0-12-812128-3.00001-X.
- Fan, Fenglei, Wang, Yunpeng, and Wang, Zhishi., 2008. Temporal and spatial change, detecting (1998–2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl pp: 127-147.
- FAO., 1993. Guidelines for Land Use Planning, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Im, J., Jensen, J. R., & Tullis, J. A., 2008. Object-based change detection using correlation image analysis and image segmentation. *International Journal of Remote Sensing*, 29(2), 399-423.
- Patraa, Suman, Satiprasad, Sahoo., Pulak Mishra, Subhash., Chandra, Mahapatra., 2018. Impacts of urbanization on land use /cover changes and its probable implications on local climate and groundwater level. *Journal of Urban Management*. Volume 7, Issue 2, September 2018, Pages 70-84.
- Paul, Bimal, 2017. Chapter Six - Land Use Change and Coastal Management. in Bimal Kanti Paul and Harun Rashid (2017). *Climatic Hazards in Coastal Bangladesh* Butterworth-Heinemann., Pages 183-207.
- Razafindrakoto, Mieja & Andriamananjara, Andry & Razafimbelo, Tantely & Hewson, Jennifer & Andrisoa, Riana & Jones, Julia & van Meerveld, Ilja & Cameron, Alison & Ranaivoson, Ntsoa & Ramifehiarivo, Nandrianina & Ramboatiana, Nantenaina & Razafinarivo, Ravo & Ramananantoandro, Tahiana & Rasolohery, Andriambolantsoa & Razafimanantsoa, Marie & Jourdan, Christophe & Saint-Andre, Laurent & Rajoelison, Gabrielle & Razakamanarivo, Herintsitohaina, 2017. Organic Carbon Stocks in All Pools Following Land Cover Change in Rainforest of Madagascar. *Soil Management and Climate Change*. 25-37.
- Stürck, J., Levers, C., van der Zanden, E. H., Schulp, C. J. E., Verkerk, P. J., Kuemmerle, T., ... & Schrammeijer, E., 2018. Simulating and delineating future land change trajectories across Europe. *Regional Environmental Change*, 18(3), 733-749..
- www.grida.no/climate/ipcc/land_use/045.htm
- Yu, W., Zhou, W., Qian, Y., & Yan, J., 2016. A new approach for land cover classification and change analysis: Integrating backdating and an object-based method. *Remote Sensing of Environment*, 177, 37-47.

تحلیل فضایی تاب‌آوری در محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد

محمد اجزا شکوهی - دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
ساجده باغبان^۱ - کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۷/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۱۸

چکیده

شهر مشهد در پهنه‌ای با میزان آسیب‌پذیری بالا قرار گرفته است که وجود ۶۶۸۸ هکتار بافت ناکارآمد (فرسوده و حاشیه) در این شهر، بر میزان این آسیب‌پذیری افزوده است. در این پژوهش، با رویکرد توصیفی-تحلیلی و با استفاده از روش‌های آمار فضایی (تکنیک خودهمبستگی فضایی و رگرسیون وزنی جغرافیایی)، الگوی تاب‌آوری در محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد مورد ارزیابی قرار گرفته و به مقایسه الگوی فضایی تاب‌آوری اجتماعی-کالبدی با الگوی فضایی تاب‌آوری اجتماعی پرداخته شده است. نتایج حاصل از کاربرد شاخص موران در توزیع فضایی تاب‌آوری اجتماعی، نشان می‌دهد که این ضریب مثبت و برابر ۰,۰۵۱ است. درواقع این مقدار، خوشه‌ای بودن توزیع فضایی تاب‌آوری اجتماعی در این محلات را نشان می‌دهد؛ در صورتی که این شاخص در مورد تاب‌آوری اجتماعی-کالبدی این محلات منفی و برابر ۰,۰۳- است و نشان‌دهنده تصادفی بودن توزیع فضایی این عامل در محلات مورد مطالعه است و این مهم، بیانگر آن است که احیای بافت‌های ناکارآمد به صورت تصادفی و با توجه به شرایط اقتصادی، صورت گرفته و منجر به بهبود شرایط کالبدی این محلات گشته است، درحالی‌که در بافت اجتماعی محلات تغییری ایجاد نشده است. تحلیل آماره G نشان می‌دهد که خوشه‌های اجتماعی بالا در کنار یکدیگر قرار دارند و از الگوی خوشه‌ای با تمرکز بالا پیروی می‌کنند. خوشه‌های گرم و نسبتاً گرم حدود ۳۰ درصد از محلات را شامل می‌شوند که ۱۴ محله از شهر مشهد را تشکیل داده‌اند. همچنین مدل‌سازی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری اجتماعی محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی نشان داد که متغیرهای نرخ باسوادی، سطح تحصیلات، درصد جمعیت شاغل، میانگین سنی و بار تکفل میزان تأثیرگذاری بیشتری بر تاب‌آوری محلات مورد مطالعه دارند. ازاین‌رو می‌توان این متغیرها را مبنای علمی برای افزایش تاب‌آوری اجتماعی این محلات در روند احیای آن‌ها دانست.

کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری، بافت ناکارآمد، خودهمبستگی فضایی، رگرسیون وزنی جغرافیایی، مشهد

۱- مقدمه

مطابق با پیش‌بینی سازمان ملل متحد احتمال می‌رود در سال ۲۰۵۰ حدود ۸۰ درصد جمعیت جهان در شهرها زندگی کنند. این مسئله بدین معنا است که مناطق شهری به مکان اصلی بسیاری از بلایای احتمالی بدل خواهند شد (لئون و مارچ^۱، ۲۰۱۴: ۲۵۱ و آسپرون^۲، ۲۰۱۴: ۹۷)؛ اما در سطح جهانی تغییرات چشمگیری در نگرش به مخاطرات دیده می‌شود به‌طوری که دیدگاه غالب از تمرکز صرف بر کاهش آسیب‌پذیری به افزایش تاب‌آوری در مقابل سوانح تغییر پیدا کرده است. بر اساس این نگرش، برنامه‌های کاهش مخاطرات باید به دنبال ایجاد و تقویت ویژگی‌های جوامع تاب‌آور باشند و در زنجیره مدیریت سوانح به مفهوم تاب‌آوری نیز توجه کنند (کاتر^۳ و همکاران، ۲۰۰۸: ۳). از این‌رو، در سال‌های اخیر، نهادها و آژانس‌های فعال در زمینه کاهش سوانح، بیشتر فعالیت‌های خود را بر دستیابی به جامعه تاب‌آور در برابر سوانح متمرکز ساخته‌اند (زنگنه و همکاران، ۱۳۹۶: ۸۲). در این میان، با توجه به تمرکز سرمایه‌های اقتصادی، مراکز فرهنگی و تاریخی، زیرساخت‌های شهری و تراکم جمعیت در شهرها، این‌گونه اقدامات بیشتر در شهرها به چشم می‌خورد (کوآفی و کلارک^۴، ۲۰۱۵: ۲۵۰). تاب‌آوری در شهرسازی مفهوم نوظهوری است که در سطح جهانی از اوایل دهه ۱۹۹۰ مورد توجه قرار گرفته است (شیرانی و همکاران، ۱۳۹۶: ۵۰). در ادامه در سال ۲۰۰۵، اتحادیه بین‌المللی راهبرد کاهش خطر سوانح، برنامه‌ای را با عنوان «تقویت تاب‌آوری ملت‌ها و جوامع در مقابل سوانح» در چارچوب طرح هیوگو (که در کنفرانس جهانی هیوگو در کوبه ژاپن در مورد کاهش بحران در سال ۲۰۰۵ مطرح شد)، برای سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۵ در پیش گرفته است. این برنامه، علاوه بر کاهش آسیب‌پذیری جوامع در هنگام وقوع بحران‌ها، به سمت افزایش و بهبود تاب‌آوری جوامع گرایش دارد (رضایی و همکاران، ۱۳۹۴: ۶۱۰ و ژو^۵، ۲۰۱۰: ۲۳). در این رویکرد، سیستمی تاب‌آور است که بتواند مخاطرات موقت یا دائم را جذب کرده و بدون این که کارکرد خود را از دست بدهد، به سرعت خود را با شرایط در حال تغییر انطباق دهد و به حالت اولیه بازگردد (غیاثوند و عبدالشاه، ۱۳۹۴: ۱۶۲ و گادشالک^۶، ۲۰۰۳: ۱۳۸ و برونو^۷ و همکاران، ۲۰۰۳: ۷۳۵) که بخشی از فرایند بازگشت تحت تأثیر عوامل اقتصادی و اجتماعی_فرهنگی است (رمضان‌زاده و بدری، ۱۳۹۳: ۱۱۰). درواقع، تاب‌آوری هم مستلزم تمرکز بر ابعاد فیزیکی است و هم طالب تمرکز بر مقیاس‌های متفاوت اجتماعی است (توانا و صوفی نیستانی، ۱۳۹۵: ۳). ایران نیز به دلیل ویژگی‌های اقلیمی، زمین‌شناختی و به ویژه قرارگیری روی کمربند زلزله‌خیز آلپ_هیمالیا، از جمله

1 Leon & March

2 Asprone

3 Cutter et al

4 Coaffee & Clarke

5 Zhou

6 Godshalk

7 Bruneau et al

آسیب‌پذیرترین کشورهای دنیا محسوب می‌شود؛ به‌طوری که معیار ریسک بحران برنامه توسعه سازمان ملل (۲۰۰۴) نشان می‌دهد، بعد از ارمنستان، ایران بالاترین آسیب‌پذیری زلزله را در بین کشورهای جهان دارد و ۳۱ مورد از ۴۰ نوع بلایای طبیعی در ایران رخ داده است (رضایی و همکاران، ۱۳۹۴: ۸۶). نظر به حادثه‌خیز بودن کشور ایران می‌توان گفت که کلان‌شهر زیارتی مشهد نیز به عنوان یکی از مقاصد گردشگری ایران، مشابه بسیاری از شهرهای این کشور در پهنه‌ای با پتانسیل بالای خطر قرار گرفته است. وجود گسل‌های فعال و توانمند در مجاورت شهر و قرارگیری در پهنه تکتونیکی کپه داغ و بینالود و همچنین زلزله‌های بزرگ تاریخی در مجاورت آن گواه بر بالا بودن خطر زلزله در شهر مشهد دارد. کوه‌های بینالود خود بخشی از لرزه زمین‌ساخت ایران مرکزی است. دشت مشهد، دشتی پوشیده از نهشته‌های آبرفتی کواترنری بین ارتفاعات کپه‌داغ (در شمال) و بینالود (در جنوب) است که از سمت جنوب با گسل معکوس جنوب مشهد مشخص می‌شود، علاوه بر این، وجود ۱۷ رودخانه در شهر مشهد و اطراف آن نیز خطر وقوع سیلاب در این شهر را در پی دارد. به‌طورکلی این شهر در مطالعات طرح‌های بالادست از منظر مخاطرات طبیعی در پهنه‌ای با خطر بالا قرار گرفته است (فرهاد، مطالعات پایه کیفیت محیط شهری، ۱۳۸۸: ۱۶)؛ اگرچه بعضی از ابزارهای پیش‌بینی‌کننده در کاهش آثار بحران‌ها مؤثر است، واقعیت این است که نمی‌توان بر اساس شواهد، مخاطرات آتی را پیش‌بینی کرد؛ بنابراین ضروری است برای جلوگیری از افزایش آسیب‌پذیری‌ها میزان تاب‌آوری محلات شهر را بشناسیم و بدانیم که توان ظرفیتی محلات برای ایستادگی و بازیابی در برابر مخاطره‌ها در هنگام وقوع بحران تا چه حدی است؛ اما تاب‌آوری خصوصی نیست که به صورت مساوی بین نقاط مختلف شهر توزیع شده باشد و می‌توان گفت که بافت‌های ناکارآمد شهری عمدتاً به دلیل ویژگی‌های متمایز اجتماعی و کالبدی از تاب‌آوری کمتری نسبت به سایر نقاط شهر برخوردار هستند. در این بافت‌ها علاوه بر فرسودگی شدید و پایین بودن کیفیت بناها، سطح نازل ویژگی‌های اجتماعی و جمعیتی از جمله میزان سواد، سطح تحصیلات و نرخ اشتغال که در بازیابی محلات شهر پس از وقوع بحران مؤثر هستند، منجر به افزایش آسیب‌پذیری این بافت‌ها در برابر مخاطرات طبیعی شده و متعاقباً میزان تاب‌آوری این محلات را کاهش داده است. لذا، این پژوهش با هدف بررسی الگوی فضایی تاب‌آوری در بافت‌های ناکارآمد شهر مشهد (فرسوده و حاشیه) به دنبال یافتن پاسخ به پرسش‌های زیر است:

۱- پهنه‌بندی تاب‌آوری محلات دارای بافت ناکارآمد در شهر مشهد چگونه است؟

۲- چه تفاوتی بین الگوی فضایی تاب‌آوری اجتماعی و تاب‌آوری اجتماعی_کالبدی وجود دارد؟

۳- کدام یک از متغیرهای مورد بررسی تأثیر بیشتری در تبیین تاب‌آوری محلات دارای بافت ناکارآمد دارند؟

مرور مطالعات صورت گرفته در این زمینه نشان می‌دهد که انواع روش‌های تحلیل فضایی از جمله رگرسیون وزنی جغرافیایی در موضوعات مرتبط با علوم شهری در پژوهش‌های داخل و خارج از کشور مورد استفاده قرار

گرفته است. از جدیدترین پژوهش‌های انجام شده با این روش می‌توان به مقاله لی^۱ و همکاران (۲۰۱۹) در مورد متغیرهای تعیین‌کننده شکل شهر در شهرک‌های چینی و پژوهش نادى^۲ و همکاران (۲۰۱۹) در رابطه با مدل سیستم حمل و نقل پایدار در منطقه شهری جاکارتا نام برد. لوکاس^۳ و همکارانش (۲۰۱۸) نیز با همین روش در رابطه با رفتار سفر دو گروه از افراد کم درآمد مرکز و پیرامون شهر در هنگام رانندگی تحقیق نموده‌اند. تأثیر دسترسی‌ها بر قیمت مسکن در شهر دالیان چین نیز توسط جان^۴ و همکارانش (۲۰۱۸) با همین روش، مورد بررسی قرار گرفته‌است. در ایران نیز رفیعان و زاهد (۱۳۹۷) با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی به تحلیل فضایی فرسودگی محله‌های شهر قم پرداخته‌اند. ملکشاهی و وکیلی (۱۳۹۶) نیز با همین روش توزیع خدمات عمومی را بر مبنای عدالت اجتماعی در شهر سقز ارزیابی نموده‌اند. مبحث تاب‌آوری نیز به روش‌های مختلفی در داخل و خارج از کشور مورد بررسی قرار گرفته‌است که نمونه‌ای از آن‌ها در جدول شماره (۱) قابل مشاهده است.

جدول ۱- پیشینه پژوهش

ردیف	پژوهشگر	سال	عنوان	توضیحات
۱	نیل ادگر ^۵ و همکاران	۲۰۰۲	مهاجرت، انتقال پول، راه‌های معیشت و انعطاف‌پذیری اجتماعی	در این پژوهش تأثیر مهاجرت و انتقال پول بر تاب‌آوری اجتماعی مقصد در ویتنام ساحلی، با استفاده از داده‌های طولی مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که مهاجرت و انتقال پول اگر با افزایش نابرابری اقتصادی همراه باشد، تاب‌آوری اجتماعی را تضعیف و در صورتی که با افزایش سطح درآمد مردم بومی همراه باشد، تاب‌آوری اجتماعی را تقویت می‌نماید.
۲	اسپانز و واترهوت ^۶	۲۰۱۶	ایجاد تاب‌آوری در شهرهای جهان، روتردام یکی از ۱۰۰ عضو شرکت کننده در برنامه شهرهای تاب‌آور	آن‌ها در این پژوهش ایده شهرهای تاب‌آور را ارزیابی نموده و تلاش‌های بنیادی راکفلر ^۷ در تاب‌آور کردن شهرهای جهان را معرفی می‌کنند و با به تصویر کشیدن شهر رتردام به عنوان یکی از اولین شهرهای تاب‌آور جهان، مقوله تاب‌آوری شهری را عملیاتی می‌نمایند.
۳	ژانگ و لی ^۸	۲۰۱۸	تاب‌آوری شهری و پایداری شهری: دانسته‌ها و ندانسته‌ها	این دو پژوهشگر بر این باورند که مقوله‌های پایداری شهری و تاب‌آوری شهری در برخی از ابعاد با یکدیگر همپوشانی دارند، ازاین‌رو از سه منظر روند پژوهش، مقیاس پژوهش و خوشه‌های پژوهش به بررسی تفاوت‌های این دو ایده پرداخته و به این نتیجه رسیده‌اند که تاب‌آوری شهری و پایداری شهری نه تنها در ابعاد تئوری با یکدیگر تفاوت دارند، بلکه در ابعاد عملیاتی نیز با یکدیگر متفاوت‌اند. همچنین آن‌ها به این موضوع اشاره کرده‌اند که در یک توسعه شهری مطلوب،

1 Li

2 Nadi

3 Lucas

4 Jun

5 Neil Adger

6 Spaans & Waterhout

7 Rockefeller

8 Zhang & Li

ردیف	پژوهشگر	سال	عنوان	توضیحات
				تاب‌آوری شهری و پایداری شهری باید به یک میزان و به موازات یکدیگر مورد توجه قرار گیرد.
۴	رفعیان و همکاران	۱۳۸۹	تبیین مفهومی تاب‌آوری و معیار سازی آن در مدیریت سوانح اجتماع محور (CBDM)	در این پژوهش به این سؤال پاسخ داده شده است که کدام تعریف، رویکرد نظری و نظام معیار سازی برای تحلیل و ارتقای جوامع تاب‌آور در برابر مخاطرات طبیعی مناسب است؟ نتایج تحقیق نشان داده است که تعریف کارپتر و همکارانش از تاب‌آوری تعریفی قابل تأکید بوده و بر اساس آن معیارهای مطلوب برای سنجش تاب‌آوری پیشنهاد می‌شود.
۵	نیکمرد نمین و همکاران	۱۳۹۳	کاهش خطرات زلزله با تأکید بر عوامل اجتماعی رویکرد تاب‌آوری؛ نمونه موردی: منطقه ۲۲ تهران	نتایج این پژوهش که با استفاده از پرسشنامه و تحلیل‌های نرم‌افزار SPSS به دست آمده است، بیانگر وضعیت نسبتاً مطلوب شاخص‌های سن، سطح آموزش، دبستگی به مکان در سطح منطقه و وجود برنامه‌هایی برای بهبود وضعیت مشارکت، اطلاع‌رسانی مخاطرات، درک و دانش عمومی از خطر است.
۶	حیدریان و همکاران	۱۳۹۶	تحلیل شاخص‌های تاب‌آوری سکونتگاه‌های غیررسمی در برابر زلزله با رویکرد اجتماعی؛ نمونه موردی: محله فرحزاد تهران	ارزیابی‌های این پژوهش که با استفاده از تکنیک AHP انجام شده است، حاکی از این است که شاخص آگاهی و دانش دارای بیش‌ترین تأثیر و شاخص وابستگی اجتماعی دارای کمترین تأثیر در تاب‌آوری اجتماعی محله فرحزاد تهران است.

تاب‌آوری را می‌توان توانایی یک سیستم در تحمل یا سازگاری با عوارض شوک‌هایی مانند سوانح طبیعی تعریف کرد، به گونه‌ای که سیستم همچنان قادر است عملکرد خود را حفظ و به فعالیت‌هایش استمرار بخشد (میر و همکاران^۱، ۲۰۱۶: ۳۹ و دیویس^۲ و ایزدخواه، ۲۰۰۶: ۱۲). مطالعه در زمینه تاب‌آوری از سال ۱۹۷۳ و توسط هولینگ در مقاله‌ای با عنوان «تاب‌آوری و پایداری سیستم‌های اکولوژیکی» با دیدگاه زیست‌محیطی آغاز شد (زنگنه و همکاران، ۱۳۹۵: ۹۴) و پس از آن تعاریف متعدد دیگری توسط سایر اندیشمندان ارائه شد که مهم‌ترین آن‌ها در جدول شماره (۲) قابل مشاهده است.

1 Meerow et al

2 Davis

جدول ۲- تعاریف تاب‌آوری از دیدگاه اندیشمندان مختلف

ارائه دهنده	سال	تعریف
هولینگ	۱۹۷۳	تداوم روابط میان یک سیستم، اندازه‌ای از توانایی یک سیستم برای جذب معیارهای ثابت، محرک، پارامترها و همچنین تداوم داشتن
میلتی ^۱	۱۹۹۹	تاب‌آوری توانایی یک مکان برای تحمل یا غلبه بر آسیب، کاهش بهره‌وری و کاهش کیفیت زندگی در نتیجه وقوع یک حادثه شدید و بدون دریافت کمک‌های فراوان از خارج از آن جامعه است.
مانینا ^۲	۲۰۰۶	تاب‌آوری در برابر سوانح را می‌توان ظرفیت ذاتی سیستم، اجتماع یا جامعه دانست.
UNISDR	۲۰۰۹	توانایی یک سیستم، جامعه یا اجتماع در معرض خطر برای مقاومت، جذب، تطبیق و بهبود از اثرات یک مخاطره به طرز کارآمد و به موقع از جمله از طریق حفاظت و ترمیم ساختارها و کارکردهای ضروری و اساسی خود.

ماخذ: Manyena, 2006: 437 و زنگنه و همکاران، ۱۳۹۶: ۸۴ و کاویان، ۱۳۹۰: ۱۱

با توجه به تعاریف بالا شهر تاب‌آور، شبکه‌ای پایدار از سیستم‌های کالبدی و جوامع انسانی است. سیستم‌های کالبدی مولفه‌های ساخته شده و طبیعی شهراند که شامل جاده‌ها، ساختمان‌ها، زیرساخت‌ها، توپوگرافی و سیستم‌های طبیعی هستند و جوامع انسانی نیز مولفه‌های اجتماعی و نهادی یک شهر هستند که شامل اجتماعات رسمی و غیررسمی، پایدار و منفرداند که در فضای شهری عمل می‌کنند. در واقع این بخش، جوامع را هدایت و نیازهایش را برآورده می‌کند و در حین حوادث هردو بخش باید باقی بمانند (توانا و صوفی نیستانی، ۱۳۹۵: ۳). از آنجایی که یک فضای شهری از دو عامل اصلی کالبد و محتوا (عوامل اجتماعی) تشکیل می‌شود، در تاب‌آوری محلات شهری لازم است دو عامل مذکور، کالبدی و اجتماعی، در محیط تاب‌آور باشند. بررسی انواع مختلف تاب‌آوری مبین آن است که تاب‌آوری اجتماعی از دیدگاه مسائل جمعیت‌شناسی است و بر ویژگی‌های اجتماعی تأکید می‌نماید در صورتی که تاب‌آوری کالبدی بر ویژگی‌های مربوط به شکل مکان مؤثر است (شیرانی و همکاران، ۱۳۹۶: ۵۰ و سرتیپی پور و اسدی، ۱۳۹۶: ۵)

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر مشهد مرکز استان خراسان رضوی، در شمال شرقی ایران قرار دارد. این شهر، در طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۳۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۷ دقیقه و بین رشته‌کوه‌های بینالود و هزارمسجد واقع شده است (شهرداری مشهد، ۱۳۹۵: ۵۸). این شهر که از منظر مخاطرات طبیعی در پهنه با خطر بالا

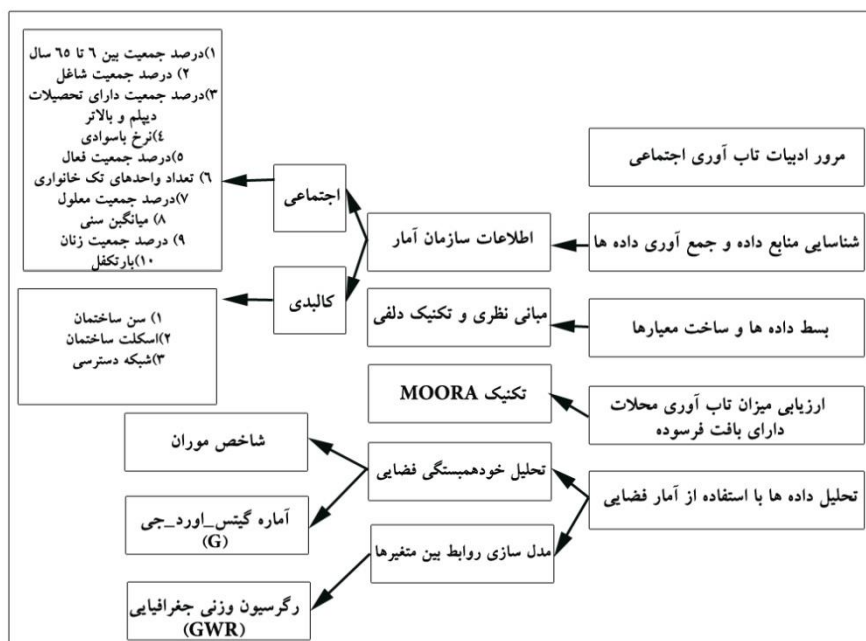
1 Mileti

2 Manyena

قرار گرفته است (فرنهاد، ۱۳۸۵: ۲۰) دارای سیزده منطقه شهرداری است و جمعیتی معادل ۳۰۵۷۶۷۹ نفر را در خود جای داده است (شهرداری مشهد، ۱۳۹۵: ۶۴). از تعداد ۱۵۴ محله شهر مشهد، تمام یا بخشی از ۴۲ محله شهر فرسوده است. به‌طور کلی حدود ۶۶۸۸ هکتار از مشهد را بافت ناکارآمد (فرسوده و حاشیه) تشکیل داده است که توزیع فضایی این محلات، در شکل ۲ و ۳ مشخص شده است.

۲-۲- روش‌های استفاده شده

پژوهش حاضر به لحاظ هدف از نوع کاربردی و به لحاظ ماهیت، توصیفی-تحلیلی است. شاخص‌های مورد استفاده در شکل (۱) با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی ادبیات موضوع و در نهایت با استفاده از نظر خبرگان در چارچوب روش دلفی گردآوری و داده‌های مورد استفاده نیز از میان آمارهای سال ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران استخراج شد. این شاخص‌ها که از طرح جامع مشهد (فرنهاد، ۱۳۸۵)، سالنامه آماری شهر مشهد (۱۳۹۵)، و مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی (۱۳۹۳) استخراج شده‌اند در دسته اجتماعی و اجتماعی-کالبدی تقسیم شده است که شاخص‌های اجتماعی تنها مبین ویژگی‌های اجتماعی و جمعیتی محلات هستند و شاخص‌های اجتماعی-کالبدی علاوه بر ویژگی‌های جمعیتی بر ویژگی‌های کالبدی محلات نیز تأکید می‌کنند. جامعه آماری پژوهش، شامل ۴۲ محله دارای بافت فرسوده شهر مشهد است. در این پژوهش، ابتدا با استفاده از تکنیک MOORA، میزان تاب‌آوری محلات دارای بافت فرسوده بررسی شده است. سپس، تحلیل رابطه توزیع تاب‌آوری با شاخص‌های اجتماعی با استفاده از ابزارهای آمار فضایی در نرم‌افزار ArcGIS اجرا شده است. همچنین به منظور تحلیل الگوی تاب‌آوری، تکنیک خودهمبستگی فضایی به کار رفت. مدل‌های متفاوتی برای اندازه‌گیری آماره‌های خودهمبستگی فضایی وجود دارد که از میان آن‌ها، مدل موران جهانی و آماره G_i^* مورد استفاده قرار گرفته است. مدل‌سازی روابط فضایی عوامل مؤثر در تاب‌آوری شهری، با رگرسیون وزنی جغرافیایی صورت گرفت. در نهایت، به منظور بررسی دقت و اهمیت رگرسیون وزنی جغرافیایی، خروجی حاصل از این مدل ارزیابی شد.



شکل ۱- مدل مفهومی پژوهش

۲-۱-۲-۲- تکنیک MOORA

این تکنیک یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره است که به دلیل عدم الزام استفاده از روش وزن‌دهی معیارها، امکان ارزیابی‌های غیرذهنی را فراهم می‌کند. در این تکنیک پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری و استانداردسازی آن، مقدار مطلوبیت گزینه‌های مورد بررسی از (رابطه ۱) محاسبه می‌شوند.

$$Y_i = \sum_{j=1}^g x_{ij} - \sum_{j=g+1}^n x_{ij} \quad \text{رابطه ۱:}$$

در این تابع، g معادل تعداد معیارهایی که مطلوب هستند و بایستی بیشینه شوند، n تعداد معیارهایی که نامطلوب هستند و بایستی کمینه شوند و Y_i نیز معادل مقدار ارزیابی گزینه i ام اما توجه به همه معیارها است.

۲-۲-۲- خودهمبستگی فضایی

خود همبستگی فضایی ابزار تحلیلی ارزشمندی است برای این‌که چگونه الگوهای فضایی در طول زمان تغییر می‌کنند. در طبقه‌بندی الگوهای فضایی خواه خوشه‌ای، پراکنده و تصادفی، می‌توان بر چگونگی نظم و ترتیب قرارگیری واحدهای ناحیه‌ای متمرکز شد. خود همبستگی فضایی قوی به مفهوم این است که ارزش صفات پدیده‌های جغرافیایی به‌طور قوی با یکدیگر رابطه دارند. اگر ضرایب ویژه پدیده‌های جغرافیایی، ارتباط و نظم ظاهری مشخصی نداشته باشند، گفته می‌شود دارای ارتباط فضایی ضعیف و یا دارای الگوی تصادفی می‌باشند (رهنما و ذبیحی، ۱۳۹۰: ۱۷).

۲-۲-۳- انواع معیارهای خودهمبستگی فضایی

شاخص موران

$$I = \frac{n}{s} \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{رابطه ۲:}$$

XI: ضریب متغیر فاصله‌ای یا نسبی در محله‌های شهری i:

n: تعداد محله‌های شهری

وزن W_{ij} ضریب موران بین ۱- تا ۱+ متغیر است. ۱- برابر تعامل فضایی منفی و ۱+ برابر تعامل فضایی مثبت است. اگر تعامل فضایی وجود نداشته باشد، ضرایب مورد انتظار موران صفر محسوب می‌شود. این ضرایب به شرح زیر است:

$$E_i = -\frac{1}{(n-1)} \quad \text{رابطه ۳:}$$

n تعداد محله‌ها و E_i ضریب مورد انتظار است. وقتی شاخص موران مورد محاسبه از مقدار ضریب مورد انتظار بزرگ‌تر باشد، الگوی پراکنش فضایی تأیید می‌شود.

شاخص G_i یا لکه‌های داغ

شاخص موران جهانی تنها نوع الگو را مشخص می‌کند؛ از این رو، به منظور نشان دادن توزیع فضایی الگوی حاکم بر فرسودگی به صورت نقشه، از تحلیل لکه‌های داغ آماره گیتس_اورد_جی استفاده شد. امتیاز Z محاسبه شد نشان می‌دهد در کدام قسمت‌ها مقادیر زیاد یا کم خوشه‌بندی شده‌اند. این ابزار در حقیقت هر عارضه را در چارچوب عوارضی در نظر می‌گیرد که در همسایگی‌اش قرار دارند. برای این که یک عارضه لکه داغ تلقی شود و از نظر آماری معنادار باشد، باید خود و عوارضی که در همسایگی‌اش قرار دارند، مقادیر بالایی باشند. آماره گیتس_اورد_جی به صورت زیر محاسبه می‌شود.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{j=1}^n x_j}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n x_j^2}{n} - (\bar{x})^2} \quad \text{رابطه ۴:}$$

$$G_i^* = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j - \bar{x} \sum_{j=1}^n w_{ij}}{\sqrt{s \left(\sum_{j=1}^n w_{ij}^2 - (\sum_{j=1}^n w_{ij})^2 \right)}} \quad \text{رابطه ۵:}$$

در این فرمول، x_i مقدار خصیصه برای عارضه j

W_{ij} : وزن فضایی میان عارضه I و j و n تعداد کل عارضه‌ها است.

رگرسیون وزنی جغرافیایی^۱

رگرسیون وزنی جغرافیایی، یک تکنیک آماری فضایی محلی است. هنگامی که واحد سنجش متغیر از مکانی به مکان دیگر متفاوت می‌شود، این رگرسیون برای تحلیل ناهمسانی فضایی به کار می‌رود. این مدل به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\hat{y} = \beta_0(\mu_i v_i) + \sum_k \beta_k(\mu_i v_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad \text{رابطه ۶:}$$

در این رابطه $(\mu_i v_i)$ مختصات هر موقعیتی از i است. $\beta_0(\mu_i v_i)$ محل تقاطق برای موقعیت i ، $\beta_k(\mu_i v_i)$ پارامتری محلی است که متغیر مستقل x_k را در موقعیت i تخمین می‌زند و ε_i خطای تصادفی با فرض $N(0, \sigma^2)$ (فرض نرمال بودن) است.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تکنیک MOORA

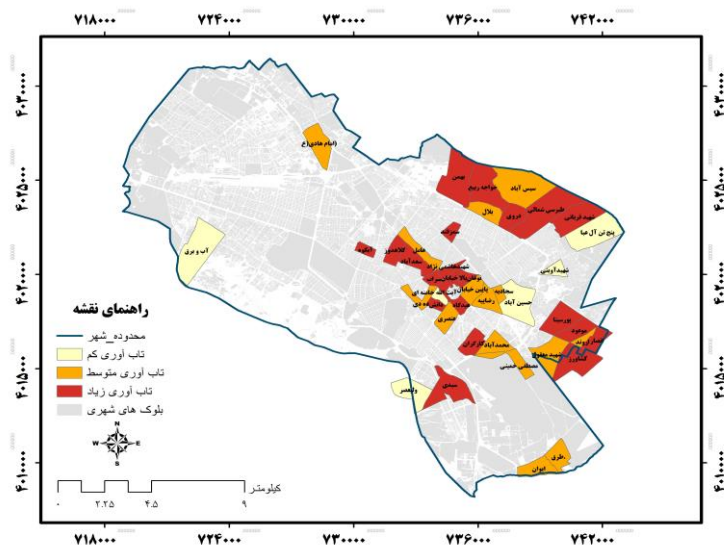
به منظور محاسبه میزان تاب‌آوری هریک از محلات، ابتدا کلیه داده‌های مربوط به هر معیار استاندارد شده تا امکان مقایسه معیارها با یکدیگر فراهم گردد. سپس، مقادیر معیارهای مطلوب از جمله درصد جمعیت شاغل، درصد جمعیت دارای تحصیلات دیپلم و بالاتر، درصد جمعیت بین ۶ تا ۶۵ سال، نرخ باسوادی، درصد جمعیت فعال، تعداد واحدهای تک خانواری، میانگین سنی (هرچه کمتر باشد مطلوب‌تر است)، اسکلت ساختمان، شبکه دسترسی (هرچه دسترسی به مراکز امداد رسانی و شریانی‌های اصلی بیشتر باشد، مطلوب‌تر است) و مقادیر معیارهای نامطلوب از جمله بار تکفل (هرچه بیشتر باشد نامطلوب‌تر است)، درصد جمعیت زنان، درصد جمعیت معلول و سن ساختمان (هرچه بیشتر باشد، نامطلوب‌تر است) برای هر محله به صورت مجزا جمع جبری گردیده و در نهایت میزان تاب‌آوری هر محله طبق رابطه (۱) محاسبه گردیده است. میزان تاب‌آوری اجتماعی و اجتماعی-کالبدی هر یک از محلات، به شرح جدول شماره (۳) است. شکل شماره (۲) و (۳) نیز طبقه‌بندی فضایی محلات مورد مطالعه را در سه طبقه محلات با تاب‌آوری زیاد، متوسط و کم نشان می‌دهد.

جدول ۳- میزان تاب‌آوری محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد

محلّه	میزان تاب‌آوری		محلّه	میزان تاب‌آوری	
	اجتماعی	اجتماعی_کالبدی		اجتماعی	اجتماعی_کالبدی
کارگران	۰,۱۸۸۲	۰,۱۲۱۴	عامل	۰,۱۴۳۳	۰,۱۵۳۰
کلاهدوز	۰,۱۸۵۸	۰,۰۶۳۷	شهید معقول	۰,۱۳۷۷	۰,۱۰۵۳
عبدگاه	۰,۱۷۹۶	۰,۰۰۶۸	پایین خیابان	۰,۱۳۶۴	۰,۰۵۳۸
موعود	۰,۱۷۸۶	۰,۱۳۸۷	اروند	۰,۱۳۵۸	۰,۱۴۴۷
خواجه ربیع	۰,۱۷۸۴	۰,۱۲۶۹	سیس آباد	۰,۱۳۴۰	۰,۱۱۹۲
شهیدهاشمی نژاد	۰,۱۷۷۳	۰,۱۶۶۲	مصطفی خمینی	۰,۱۳۳۹	۰,۰۷۴۱
کشاورز	۰,۱۷۳۱	۰,۲۱۳۰	ایوان	۰,۱۲۶۲	۰,۰۴۰۶
پورسینا	۰,۱۷۲۸	۰,۱۱۶۱	عنصری	۰,۱۲۳۷	۰,۱۱۸۴
آبکوه	۰,۱۷۱۹	۰,۴۵۸	رضاییه	۰,۱۲۳۶	۰,۰۵۰۷
سعدآباد	۰,۱۷۰۶	۰,۰۹۱۲	محمدآباد	۰,۱۲۱۴	۰,۰۶۴۸
نوغان	۰,۱۶۹۳	۰,۰۹۷۵	بلال	۰,۱۱۸۵	۰,۰۹۴۳
سمزقند	۰,۱۶۳۴	۰,۰۶۱۱	ده دی	۰,۱۱۶۴	۰,۱۱۲۵
بالا خیابان	۰,۱۶۲۴	۰,۰۹۹۴	امام هادی (ع)	۰,۱۱۲۶	۰,۰۳۶۸
دروی	۰,۱۶۱۹	۰,۱۰۶۹	سجادیه	۰,۱۱۲۴	۰,۱۷۷۰
دانش	۰,۱۵۶۹	۰,۲۵۵۲	طرق	۰,۱۰۳۸	۰,۱۳۷۰
بهمن	۰,۱۵۴۲	۰,۱۷۱۹	آب و برق	۰,۰۹۳۳	۰,۱۱۶۴
طبرسی شمالی	۰,۱۵۳۷	۰,۱۶۸۸	آیت الله خامنه‌ای	۰,۰۹۰۳	۰,۱۳۴۸
شهید قربانی	۰,۱۵۱۵	۰,۱۲۰۴	شهیدآوینی	۰,۰۸۲۱	۰,۱۰۴۵
سراب	۰,۱۵۰۷	۰,۱۶۲۸	حسین آباد	۰,۰۷۴۷	۰,۱۲۹۸
انصار	۰,۱۴۹۴	۰,۱۱۲۲	پنج تن آل عبا	۰,۰۵۷۵	۰,۱۵۳۶
سیدی	۰,۱۴۶۷	۰,۱۱۵۸	ولیعصر	۰,۰۰۶۳	۰,۱۶۶۱

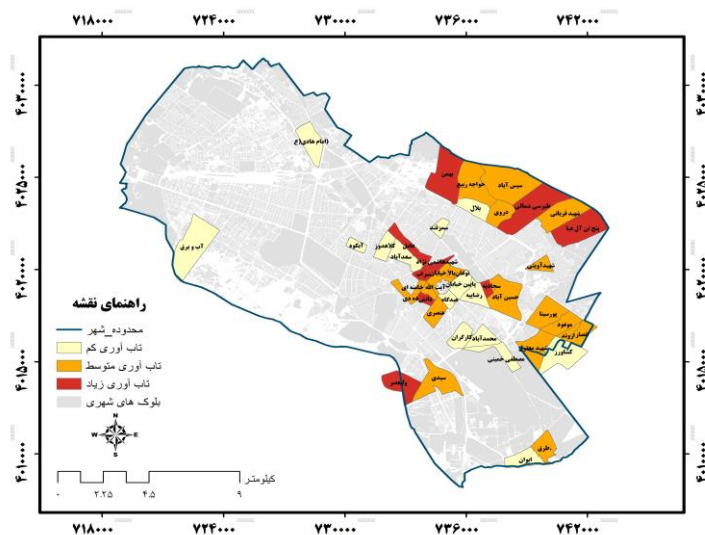
ماخذ: یافته‌های تحقیق (۱۳۹۸)

باتوجه به شکل شماره (۲)، محلات پنجتن آل عبا، شهید آوینی، حسین‌آباد، آیت الله خامنه‌ای، ولیعصر و آب و برق در طبقه محلات با تاب‌آوری اجتماعی کم، محلات امام هادی، ایوان، طرق، مصطفی خمینی، محمدآباد، معقول، ارونند، سجادیه، عنصری، رضاییه، پایین خیابان، ده دی، عامل، سیس‌آباد و بلال، در طبقه محلات با تاب‌آوری اجتماعی متوسط و سایر محلات در طبقه محلات با تاب‌آوری اجتماعی زیاد قرار می‌گیرند.



شکل ۲- پهنه‌بندی تاب‌آوری اجتماعی محلات دارای بافت ناکارآمد در شهر مشهد

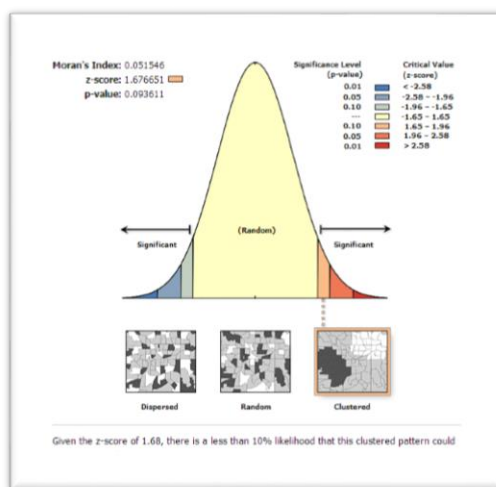
باتوجه به شکل شماره (۳)، محلات ولیعصر، سجادیه، دانش، سراب، هاشمی‌نژاد، عامل، پنجتن آل عبا، طبرسی شمالی و بهمن در طبقه محلات با تاب‌آوری اجتماعی_کالبدی زیاد، محلات امام هادی، آب و برق، بلال، سمزقند، سعدآباد، کلاهدوز، آبکوه، پایین خیابان، رضاییه، عیدگاه، محمدآباد، کشاورز، مصطفی خمینی و کارگران در طبقه محلات با تاب‌آوری اجتماعی متوسط و سایر محلات در طبقه محلات با تاب‌آوری اجتماعی کم قرار می‌گیرند.



شکل ۳- پهنه‌بندی تاب‌آوری اجتماعی-کالبدی محلات دارای بافت ناکارآمد در شهر مشهد

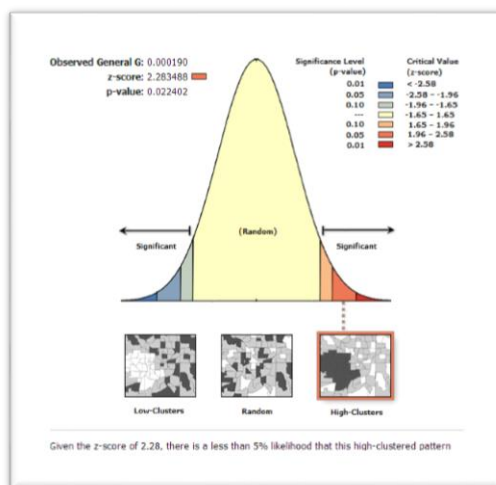
۳-۲- تحلیل الگوی تاب‌آوری اجتماعی محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد

مقدار هریک از شاخص‌های پژوهش به‌طور مجزا برای هریک از محلات مورد مطالعه در طبقات اجتماعی و اجتماعی_کالبدی وارد نرم‌افزار ArcGis شده و در مراحل بعدی به وسیله تکنیک‌های مرتبط با آمار فضایی این نرم‌افزار از جمله تکنیک موران، آماره عمومی G و رگرسیون وزنی جغرافیایی مورد آزمون قرار گرفته است. موران یکی از شاخص‌های تحلیل فضایی است که بر دو اصل مهم توزیع مشخصی از شاخص‌ها و متکی بودن بر ارزش‌های همسایگی تکیه دارد. نتایج حاصل از کاربرد شاخص موران در توزیع فضایی تاب‌آوری اجتماعی برابر با $Morans's\ Index = 0,051546$ است. از آن‌جا که مقدار آن مثبت و نزدیک به یک است، می‌توان گفت داده‌ها خودهمبستگی فضایی دارند. همچنین آماره $Z\text{-score} = 1,68$ محاسبه شده در سطح اطمینان ۹۰ درصد بزرگتر از مقدار مورد انتظار ($E_i = 1,63$) است، که بر اساس موران جهانی می‌توان استنباط کرد که تاب‌آوری اجتماعی در محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد، از الگوی خوشه‌ای تبعیت می‌کنند؛ یعنی محله‌های ناکارآمدی با تاب‌آوری اجتماعی بالا یا پایین در مجاورت یکدیگر قرار دارند و همسایه هستند (شکل ۴).



شکل ۴- نتایج آماری آزمون موران در ارزیابی الگوی فضایی تاب‌آوری اجتماعی

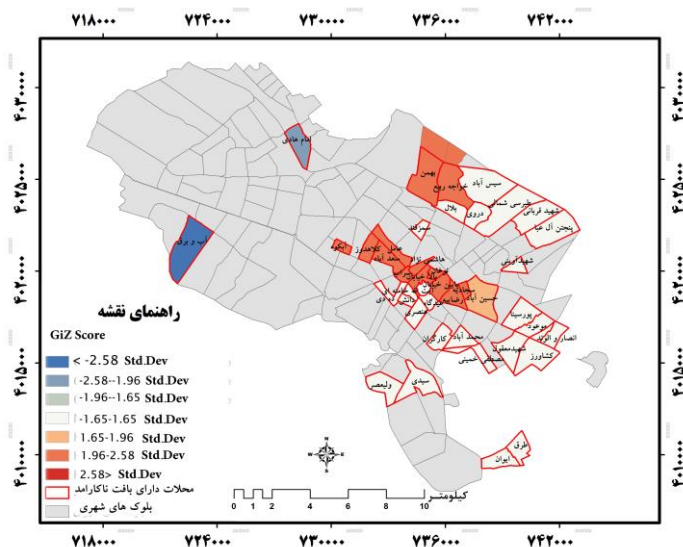
در تحلیل نتایج موران نمی‌توان به شناسایی انواعی از طبقه‌بندی الگوهای فضایی پرداخت، از این‌رو، برای رفع این نقص از تحلیل آماره عمومی G استفاده شد. مقدار G برابر با $0,000190$ و امتیاز Z برابر $Z = 2,28$ است که در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است. با توجه به این‌که علامت مقدار Z مثبت است، نتیجه می‌گیریم الگوی فضایی تمرکز فرسودگی از نوع خوشه‌ای با نقاط تمرکز نسبتاً بالا است که نشان می‌دهد محلاتی با ضریب تمرکز بالا یا پایین تاب‌آوری مجاور یکدیگر متمرکز شده‌اند (شکل ۵).



شکل ۵- نتایج آماری آزمون G در ارزیابی الگوی فضایی تاب‌آوری اجتماعی

خودهمبستگی فضایی موران جهانی و آماره عمومی G، تنها نوع الگو را مشخص می‌کنند. به همین دلیل برای نشان دادن توزیع فضایی الگوی تاب‌آوری اجتماعی، از آماره گیتس-اورد جی^۱ استفاده شد تا از محله‌های دارای خوشه‌هایی با میزان تاب‌آوری اجتماعی بالا و پایین اطمینان حاصل شود. آماره G_i که برای عارضه موجود در داده‌ها استفاده می‌شود، نوعی امتیاز Z است که هرچه بزرگ‌تر باشد، مقادیر بالا به میزان زیادی خوشه‌بندی و لکه داغ تشکیل می‌شود. برای امتیاز Z منفی و معنادار از نظر آماری، هرچه این امتیاز کوچک‌تر باشد، بیانگر خوشه‌بندی شدیدتر مقادیر پایین است که در حقیقت لکه‌های سرد را نشان می‌دهند. با توجه به نقشه، تاب‌آوری اجتماعی در قسمت مرکزی و شمالی شهر مشهد دارای خودهمبستگی فضایی مثبت یا خوشه‌هایی با میزان تاب‌آوری اجتماعی زیاد در سطح اطمینان ۹۵ درصد است. این خوشه‌ها ۲۶ درصد از محلات دارای بافت ناکارآمد را به خود اختصاص می‌دهند. مقادیری با میزان تاب‌آوری اجتماعی بسیار کم و خودهمبستگی فضایی منفی نیز ۳ درصد از محدوده مورد مطالعه را در جنوب غربی شهر مشهد در سطح اطمینان ۹۹ درصد تشکیل داده‌اند. در سطح اطمینان ۹۵ درصد نیز ۶ درصد از محدوده مورد مطالعه واقع در شمال غربی شهر دارای الگوی خوشه‌ای با تاب‌آوری اجتماعی کم و خودهمبستگی فضایی منفی است. ۴ درصد از قلمرو پژوهش نیز در سطح اطمینان ۹۰ درصد از تاب‌آوری اجتماعی نسبتاً زیاد و خودهمبستگی فضایی مثبت برخوردار است. این محدوده در مرکز شهر استقرار یافته است. تاب‌آوری اجتماعی سایر قسمت‌های محدوده مورد مطالعه معنادار نبوده و از خودهمبستگی فضایی برخوردار نیستند.

1 Getis-Ord Gi



شکل ۶- تحلیل لکه‌های داغ با استفاده از آزمون G_i

پراکندگی لکه‌های داغ در شکل شماره ۶ نشان می‌دهد که الگوی غالب در بافت فرسوده شهر، از خودهمبستگی بالایی برخوردار است، در صورتی که قسمت‌های حاشیه شهر، غالباً از الگوی تاب‌آوری معناداری پیروی نمی‌کنند. این الگوی پراکندگی تأکیدی بر این نظریه است که تحولات بافت‌های فرسوده واقع در مرکز شهر تابع تحولات اکولوژیکی و فناوری هستند و محلات حاشیه، تابع شرایط اقتصادی هستند. لذا، الگوی تاب‌آوری اجتماعی بافت‌های فرسوده عمدتاً معنادار است، در صورتی که این الگو در اکثر محلات حاشیه شهر، تصادفی است.

جدول ۴- الگوی تاب‌آوری اجتماعی محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد

G_i zscore	نوع الگو	نام محله‌ها	مساحت (هکتار)	درصد از محلات مورد مطالعه
≤ -2.15	الگوی تاب‌آوری بسیار کم (خودهمبستگی فضایی منفی در سطح ۹۹ درصد)	آب و برق	۱۷۸	۲,۶۶
-1.96 تا -2.15	الگوی تاب‌آوری کم (خودهمبستگی فضایی منفی در سطح ۹۵ درصد)	امام‌هادی	۴۰۰	۶
-1.65 تا -1.96	الگوی تاب‌آوری نسبتاً کم (خودهمبستگی فضایی منفی در سطح ۹۰ درصد)	—	—	—
-1.65 تا -1.65	بدون الگوی معنادار	سیس‌آباد، دروی، بلال، طبرسی شمالی، شهیدقربانی، سمزقند، پنچتن آل عبا، شهید	۲۵۸۸	۳۹

G_i zscore	نوع الگو	نام محله‌ها	مساحت (هکتار)	درصد از محلات مورد مطالعه
		آوینی، پورسینا، موعود، انصار، اروند، کشاورز، شهید معقول، مصطفی خمینی، طرق، ایوان، محمد آباد، کارگران، سیدی، ولیعصر، عنصری، عیدگاه، آیت... خامنه‌ای، دانش، ده دی،		
۱,۹۶ تا ۱,۶۵	الگوی تاب‌آوری نسبتاً زیاد (خودهمبستگی فضایی زیاد در سطح ۹۰ درصد)	حسین‌آباد	۲۷۷	۴
۲,۸۵ تا ۱,۶۹	الگوی تاب‌آوری زیاد (خودهمبستگی فضایی مثبت در سطح ۹۵ درصد)	بهمن، خواجه ربیع، کلاهدوز، آبکوه، سعدآباد، عامل، شهیدهاشمی نژاد، سراب، بالاخیابان، پایین خیابان، نوغان، رضاییه، سجادیه	۱۷۳۳	۲۶
$> ۲,۸۵$	الگوی تاب‌آوری بسیار زیاد (خودهمبستگی فضایی مثبت در سطح ۹۹ درصد)	—	—	—

مأخذ: یافته‌های تحقیق (۱۳۹۸)

۳-۳- مدل‌سازی عوامل مؤثر در تاب‌آوری اجتماعی محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد

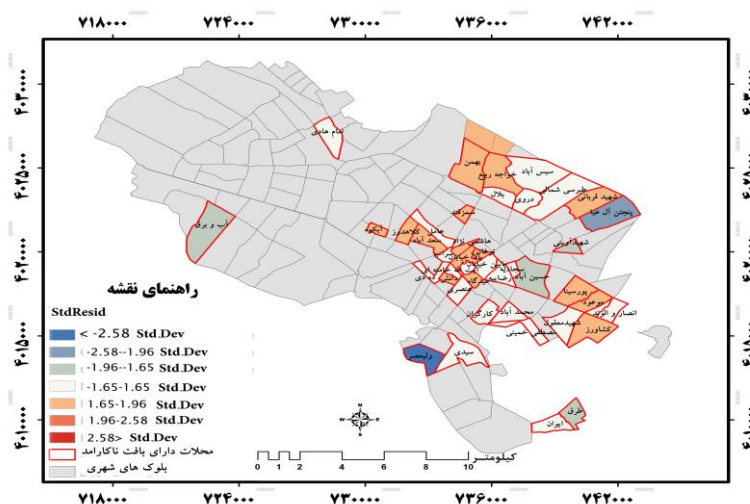
در ابتدا و پیش از اجرای مدل، خودهمبستگی فضایی برای تمام متغیرها محاسبه شد. براین اساس ۵ شاخص (۱) درصد جمعیت بین ۶ تا ۶۵ سال (۲) درصد جمعیت فعال (۳) تعداد واحدهای تک‌خانوار (۴) درصد جمعیت معلول (۵) درصد جمعیت زنان از الگوی خاصی تبعیت نمی‌کنند و پراکندگی آن‌ها به صورت تصادفی است؛ اما ۵ شاخص (۱) درصد جمعیت شاغل (۲) نرخ باسوادی (۳) درصد جمعیت دارای تحصیلات دیپلم و بالاتر (۴) بار تکفل (۵) میانگین سنی الگوی خوشه‌ای دارند؛ بنابراین فرض صفر مبنی بر خودهمبستگی فضایی تأیید می‌شود. در نتیجه می‌توان از شاخص‌های تاثیرگذار مذکور برای آنالیز فضایی (مکانی) استفاده کرد. باتوجه به این‌که شاخص‌های تصادفی، گرایش‌های عمومی جمعیتی هستند و شاخص‌های تاثیرگذار تابع شرایط اجتماعی-اقتصادی هستند، لذا نتایج حاصل شده بدین گونه قابل توجیه است که شاخص‌های مبین گرایش‌های جمعیتی، بین مناطق شهری یک شهر، از الگوی یکسانی پیروی می‌کنند؛ اما شاخص‌هایی که نمایانگر شرایط اجتماعی-اقتصادی هستند، مدل تاب‌آوری محلات شهری را تعیین می‌کنند. پس از اجرای رگرسیون وزنی جغرافیایی روی پارامترهای مدل، انواع خروجی‌ها حاصل شد که اولین خروجی، اطلاعات عمومی مربوط به مدل است که در جدول (۵) به آن‌ها اشاره شده است. این خروجی پارامترهای مدل و آماره‌هایی را نشان می‌دهد که میزان خوبی مدل را منعکس می‌کنند. مهم‌ترین مقادیر در اینجا R^2 و R^2 تعدیل شده ($Adjusted R^2$) هستند که در حقیقت خوبی و دقت مدل مورد استفاده را نشان می‌دهند. اگر مقادیر به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد، به این معنی است که

متغیرهای توصیفی مورد استفاده توانسته‌اند به خوبی تغییرات متغیر وابسته را توضیح دهند. باتوجه به جدول (۵) مورد نظر با R^2 برابر ۰,۸۱ و R^2 تعدیل شده برابر ۰,۶۵ دارای دقت قابل قبولی در مدل‌سازی روابط فضایی عوامل مؤثر بر تاب‌آوری اجتماعی محلات دارای بافت ناکارآمد است؛ ازاین‌رو، ۶۵ درصد از تغییرات تاب‌آوری اجتماعی این محلات ناشی از شاخص‌های مورد بررسی هستند.

جدول ۵- مدل‌سازی تاب‌آوری اجتماعی در محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد

متغیر	Residual Squares	Sigma ^۱	AICc ^۲	R^2	Adjusted R^2
درصد جمعیت شاغل	۰,۷۴۹۳۵	۰,۰۴	۱۴۴,۵	۰,۰۲	۰,۰۰۳
نرخ باسوادی	۰,۰۶۲۲۷۹	۰,۰۳	۱۴۹,۸۵	۰,۱۸	۰,۱۲
درصد جمعیت دارای تحصیلات دیپلم و بالاتر	۰,۰۵۴۸۳۹	۰,۰۳	۱۴۷,۵۸	۰,۲۸	۰,۱۴
بار تکفل	۰,۰۶۱۶۷۹	۰,۰۴	۱۴۵,۸۵	۰,۱۹	۰,۰۷
میانگین سنی	۰,۰۵۰۸۸۶	۰,۰۳	۱۴۹,۳۲	۰,۳۳	۰,۱۸۸

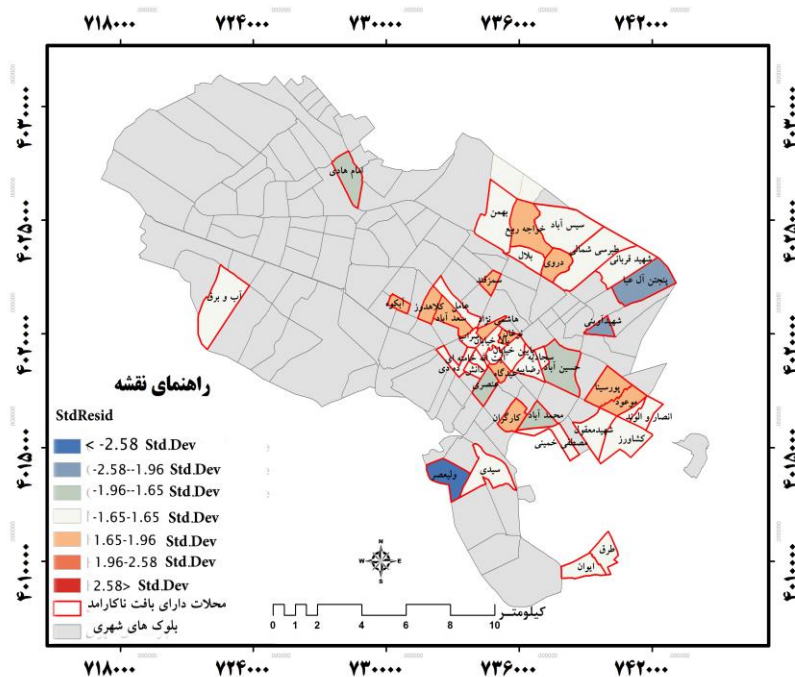
بررسی ضریب رگرسیون متغیرهای بررسی شده نشان می‌دهد که میانگین سنی ($R^2=۰,۳۳$) و درصد جمعیت دارای تحصیلات دیپلم و بالاتر ($R^2=۰,۲۸$)، تأثیر بیشتری در تبیین تاب‌آوری اجتماعی محلات مورد مطالعه دارند.



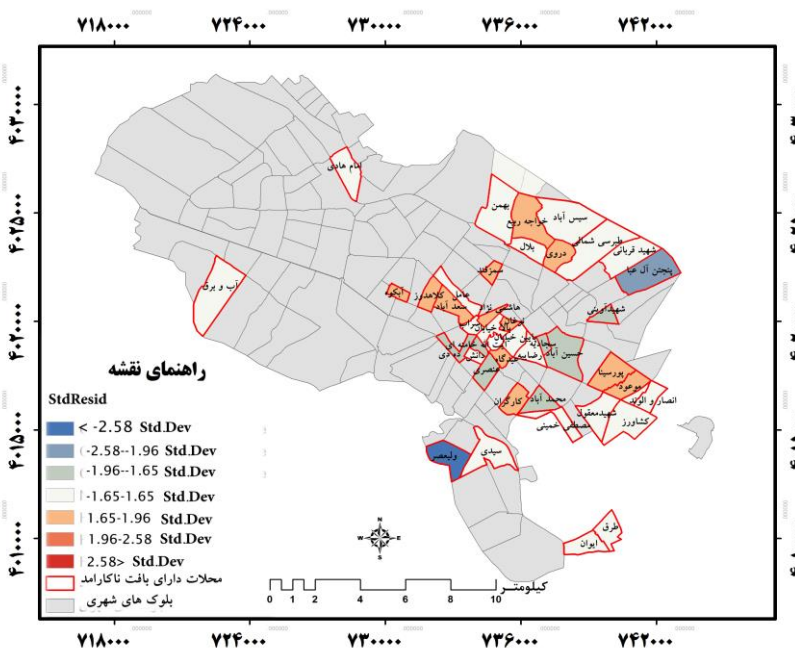
شکل ۷- تغییرات فضایی درصد جمعیت شاغل و تأثیرات آن بر تاب‌آوری اجتماعی شهری

۱ شاخص انحراف معیار باقی‌مانده‌ها است و کوچکتر بودن آن نشانگر برتری مدل است.

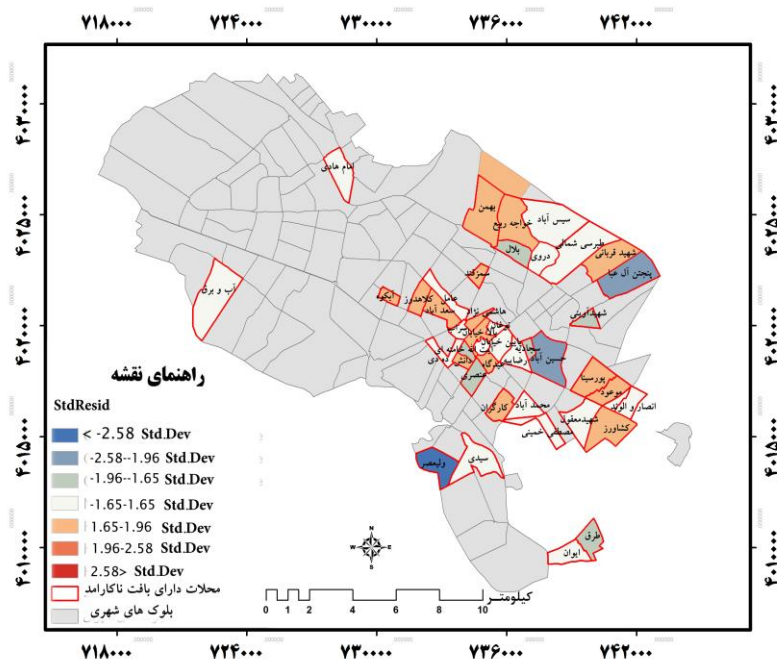
۲ آکاییک: یکی از شاخص‌های بسیار مفید برای مقایسه مدل‌های رگرسیون است که مقدار پایین آن نشان‌دهنده انطباق بهتر مدل با داده‌های مشاهداتی است.



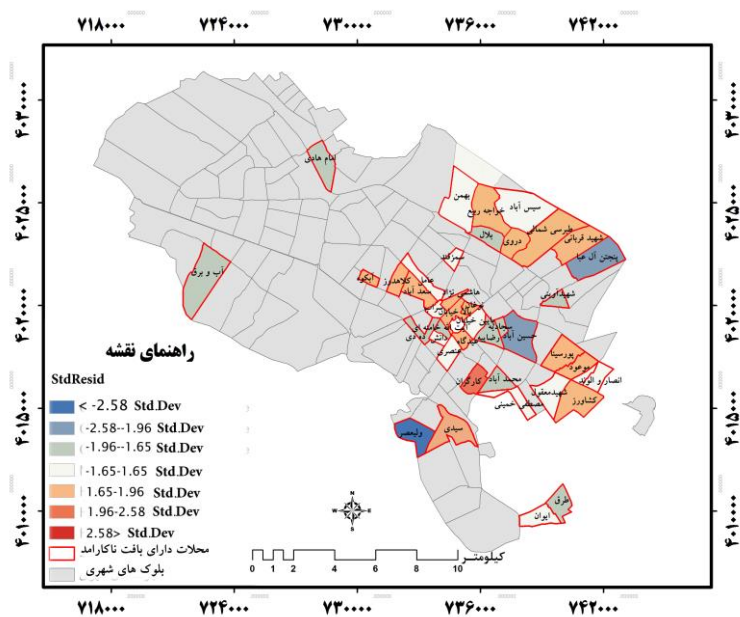
شکل ۸- تغییرات فضایی نرخ با سواد و تاثیرات آن بر تاب‌آوری اجتماعی شهری



شکل ۹- تغییرات فضایی سطح تحصیلات و تاثیرات آن بر تاب‌آوری اجتماعی شهری



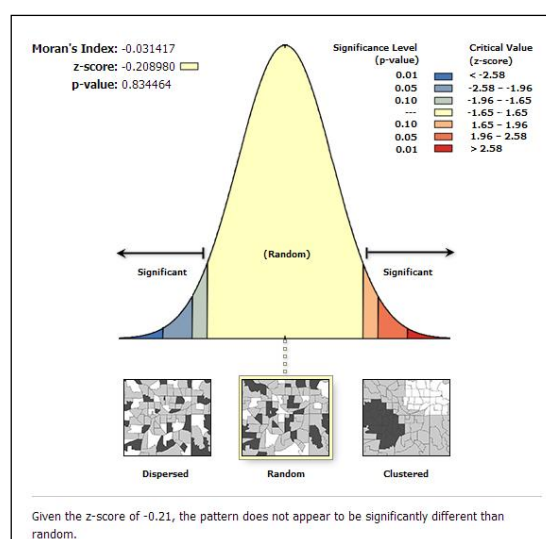
شکل ۱۰- تغییرات فضایی بار تکفل و تاثیرات آن بر تاب‌آوری اجتماعی شهری



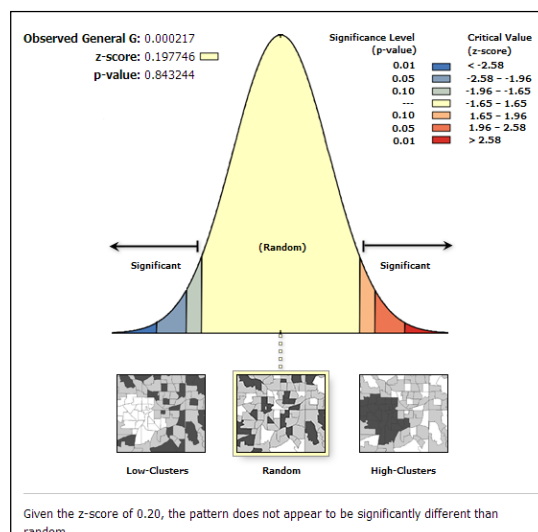
شکل ۱۱- تغییرات فضایی میانگین سنی و تاثیرات آن بر تاب‌آوری اجتماعی شهری

۳-۴- الگوی پراکندگی محلات مورد مطالعه از منظر تاب‌آوری اجتماعی-کالبدی

نتایج حاصل از کاربرد شاخص موران در توزیع فضایی تاب‌آوری اجتماعی و کالبدی برابر با ۰,۳۱۴۱۷، $\text{Moran's } I = -0.031417$ است. از آنجا که مقدار آن منفی و نزدیک به صفر است، می‌توان گفت داده‌ها خودهمبستگی فضایی ندارند و پراکندگی آن‌ها به صورت تصادفی است (شکل ۱۲ و ۱۳).



شکل ۱۲- نتایج آماری آزمون موران در ارزیابی الگوی فضایی تاب‌آوری اجتماعی-کالبدی



شکل ۱۳- نتایج آماری آزمون G در ارزیابی الگوی فضایی تاب‌آوری اجتماعی-کالبدی

۴- نتیجه‌گیری

بخش عمده‌ای از سطح شهرهای ایران دچار فرسودگی و ناکارآمدی است که سبب می‌شود سرمایه‌های کشور با خطرات ناشی از حوادث طبیعی مواجه شود. مرور مبانی نظری و تجارب جهانی نشان می‌دهد که شاخص‌های شناسایی بافت‌های فرسوده از ابعاد کالبدی صرف به سوی ابعاد اجتماعی و اقتصادی حرکت کرده است. مطالعه پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه میزان تاب‌آوری بافت‌های ناکارآمد شهری نشان داد که این پژوهش‌ها نیز همانند پژوهش پیش‌رو بر تأثیرگذاری شاخص‌های تحصیلات و درصد جمعیت شاغل بر میزان تاب‌آوری اجتماعی جوامع تأکید دارند که با توجه به این‌که این شاخص‌ها تابع شرایط اقتصادی_اجتماعی هستند، این نتیجه قابل توجیه است. بررسی الگوی فضایی تاب‌آوری اجتماعی و اجتماعی_کالبدی در محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد با استفاده از روش موران جهانی و آماره عمومی G نشان می‌دهد که الگوی پراکندگی این محلات بر مبنای متغیرهای تاب‌آوری اجتماعی به صورت خوشه‌ای و بر مبنای متغیرهای تاب‌آوری اجتماعی_کالبدی به صورت تصادفی است. در واقع از نظر آماری الگوی معنادار یا به عبارتی خودهمبستگی فضایی در تاب‌آوری اجتماعی محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد وجود دارد، در صورتی که این الگو در تاب‌آوری اجتماعی_کالبدی آن‌ها وجود ندارد. از آنجایی که بخشی از بافت‌های ناکارآمد شهر احیا شده و یا در حال احیا است، لذا مقایسه این دو الگو در محلات مورد پژوهش باتوجه به این موضوع، دور از انتظار نیست. به‌طور دقیق‌تر می‌توان گفت که احیای بافت‌های ناکارآمد در شهر مشهد به صورت تصادفی و بر اساس شرایطی از جمله شرایط اقتصادی و مدیریتی بافت صورت گرفته و منجر به بهبود شرایط کالبدی و ارتقا تاب‌آوری کالبدی این محلات شده است، در صورتی که بافت اجتماعی این محلات ثابت باقی مانده است. درواقع جنبه‌های اجتماعی توسعه در توسعه بافت‌های ناکارآمد مورد غفلت قرار گرفته است. در صورتی که در راستای رسیدن به توسعه پایدار همه‌جانبه، شناخت ویژگی‌های اجتماعی هر محله به عنوان کوچک‌ترین واحد اجتماعی برنامه‌ریزی شهری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از آنجایی که روش‌های موران جهانی و آماره عمومی G تنها نوع الگو را نشان می‌دهند، لذا برای نشان دادن الگوی خودهمبستگی فضایی، آماره G_i یا لکه‌های داغ به‌کار رفت و این آماره نشان داد که محلات دارای بافت فرسوده در مرکز شهر و بخشی از محلات حاشیه نشین شمال شهر نقش قابل توجهی در ایجاد الگوی خوشه‌ای دارند. علاوه بر این، با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی به مدل‌سازی مکانی تاب‌آوری اجتماعی محلات دارای بافت ناکارآمد شهر مشهد پرداخته شد. باتوجه به مدل برآورد شده با این روش، متغیرهای درصد جمعیت شاغل، نرخ باسوادی و سطح تحصیلات اثر افزایشی بر میزان تاب‌آوری اجتماعی این محلات دارند، در صورتی که متغیرهای بارتکفل و میانگین سنی، اثر کاهشی دارند. علاوه بر این، میزان اثرگذاری این متغیرها بر محلات مورد مطالعه با توجه به شکل‌های (۷) تا (۱۱) متفاوت است. سایر متغیرها، تأثیرگذاری معناداری بر میزان تاب‌آوری اجتماعی این محلات ندارند. همچنین براساس شکل شماره (۷) تا (۱۱) پهنه‌ها یا محلاتی که در طیف رنگی روشن‌تر

قرار دارند، اولویت بیشتری برای مداخله و ارتقا سطح تاب‌آوری دارند. درواقع محلات امام‌هادی و آب‌وبرق باید در اولویت اول مداخله قرار می‌گیرند، اما به منظور افزایش اثربخشی مداخلات، توجه به میزان اثرگذاری هریک از متغیرها در راستای هدفمندسازی مداخلات این بخش امری ضروری است، زیرا نحوه تأثیرگذاری این متغیرها در محلات مختلف، متفاوت است و این مهم باید در برنامه‌ریزی‌های مربوط به احیای بافت‌های ناکارآمد، مد نظر قرار گیرد. درمجموع مطابق یافته‌های این پژوهش می‌توان گفت که در توسعه بافت‌های ناکارآمد، توجه به ویژگی‌های اجتماعی و جمعیتی هر بافت در ارتقای کیفیت زندگی ساکنین و توسعه‌پایدار این بافت‌ها حائز اهمیت است. همچنین، توجه به تفاوت راهبردهایی که در ارتباط با بافت فرسوده و حاشیه‌های ناکارآمد می‌شود نیز امری ضروری است. بافت‌های فرسوده و حاشیه هریک از ویژگی‌های اجتماعی، اقتصادی و کالبدی منحصربه‌فرد و متمایزی برخوردار هستند که توجه و تمرکز بر این ویژگی‌ها در فرایند توسعه آن‌ها بسیار مؤثر است. این امر می‌تواند تاحدودی نشانگر نوع مداخله و میزان آن در بافت باشد و کارشناسان را در انتخاب نوع مداخلات هدایت کند. در همین راستا، جهت افزایش تاب‌آوری بافت‌های ناکارآمد شهری در روبه‌رویی با مخاطرات طبیعی اقدامات زیر پیشنهاد می‌شود:

- تجدید نظر و تحول در شیوه‌های مدیریتی؛
- افزایش توان اقتصادی افراد در ارتقای کیفیت زندگی خود؛
- فراهم کردن زمینه تصمیم‌گیری‌های جمعی و مشارکت‌های محلی در بهبود محله؛
- به کاربردن روش‌های علمی و منطق ریاضی در شناسایی شاخص‌های مؤثر و میزان تأثیرگذاری شاخص‌ها و اولویت‌بندی محله‌ها.

کتابنامه

- آمارنامه شهر مشهد ۱۳۹۵؛ (۱۳۹۶). مشهد: معاونت برنامه‌ریزی و توسعه سرمایه انسانی شهرداری مشهد با نظارت مدیریت آمار، تحلیل و ارزیابی عملکرد.
- توانا، مصطفی؛ مینا صوفی نیستانی، مینا؛ (۱۳۹۵). ارزیابی میزان تاب‌آوری در بافت فرسوده شهری نمونه مورد مطالعه: محله سیروس تهران. اولین همایش سراسری مباحث کلیدی در مهندسی عمران. معماری و شهرسازی ایران. دانشگاه تهران.
- حیدریان، شیوا؛ رحیمی، محمود؛ فتح‌الهی، ثریا؛ غفوری، سیروان؛ (۱۳۹۶). تحلیل شاخص‌های تاب‌آوری سکونتگاه‌های غیر رسمی در برابر زلزله با رویکرد اجتماعی (نمونه موردی: محله فرحزاد تهران). نشریه نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی. ۱۰(۱). صص. ۲۶۰-۲۴۵.
- رضایی، محمدرضا؛ رفیعیان، مجتبی؛ حسینی، سید مصطفی؛ (۱۳۹۴). سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی اجتماع‌های شهری در برابر زلزله (مطالعه موردی: محله‌های شهر تهران). پژوهش‌های جغرافیای انسانی. ۴۷(۴). صص. ۶۰۹-۶۲۳.

- رفیعیان، مجتبی؛ زاهد، نفیسه؛ ۱۳۹۷. تحلیل فضایی فرسودگی محله‌های شهرقم با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی. *نشریه پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری*. ۶ (۲). صص. ۳۸۳-۳۶۱.
- رفیعیان، مجتبی؛ رضایی، محمدرضا؛ عسگری، علی؛ پرهیزکار، اکبر؛ شایان، سیاوش؛ ۱۳۸۹. تبیین مفهومی تاب‌آوری و شاخص‌سازی آن در مدیریت سوانح اجتماع‌محور (CBDM). *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*. ۱۵ (۴). صص. ۴۱-۱۹.
- رمضان‌زاده لسبویی، مهدی؛ بدری، سید علی؛ ۱۳۹۳. ارزیابی تاب‌آوری ساختاری-طبیعی کاربری اراضی شهری مطالعه موردی: منطقه ۴ کلانشهر تهران. *نشریه جغرافیا*. ۱۲ (۴۰). صص. ۱۳۱-۱۰۹.
- رهنما، محمدرحیم؛ ذبیحی، جواد؛ ۱۳۹۰. تحلیل توزیع تسهیلات عمومی شهری در راستای عدالت فضایی با مدل یکپارچه دسترسی در مشهد. *نشریه جغرافیا و توسعه*. شماره ۲۳. صص. ۲۶-۵.
- زنگنه شهرکی، سعید؛ زیاری، کرامت‌الله؛ پوراکرمی، محمد؛ ۱۳۹۶. ارزیابی و تحلیل میزان تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران در برابر زلزله با استفاده از مدل FANP و ویکور. *انجمن جغرافیای ایران*. ۱۵ (۵۲). صص. ۸۱-۱۰۱.
- سرتیپی‌پور، محسن؛ اسدی، سعیده؛ ۱۳۹۶. نقش تعلق مکانی بر تاب‌آوری اجتماعی ناشی از جابه‌جایی سکونتگاه (مطالعه موردی: روستایی داوویه، زلزله ۱۳۸۳ زرنده). *مسکن و محیط روستا*. شماره ۱۶۱. صص. ۱۶-۳.
- شیرانی، زهرا؛ پرتوی، پروین؛ بهزادفر مصطفی؛ ۱۳۹۶. تاب‌آوری فضایی بازارهای سنتی (موردپژوهی: بازارقصریه اصفهان). *باغ‌نظر*. ۱۴ (۵۲). صص. ۵۸-۴۹.
- غیاثوند، ابوالفضل؛ عبدالشاه، فاطمه؛ ۱۳۹۴. شاخص‌های تاب‌آوری اقتصادی. *فصلنامه روند*. ۲۲ (۷۱). صص. ۱۰۶-۷۹.
- فرنهاده؛ ۱۳۸۷. طرح توسعه و عمران (جامع) کلانشهر مشهد مقدس (مطالعات پایه محیط طبیعی). نهاد مطالعات و برنامه‌ریزی توسعه و عمران مشهد. مشهد: شهرداری مشهد.
- کاویان، فرزانه؛ ۱۳۹۰. بررسی نقش برنامه‌ریزی کاربری اراضی در بهبود تاب‌آوری جوامع شهری در برابر زمین‌لرزه؛ نمونه موردی: شهر سبزوار، سلمانی مقدم، محمد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. دانشکده جغرافیا و علوم محیطی. دانشگاه حکیم سبزواری.
- مرکز تحقیقات، راه، مسکن و شهرسازی؛ ۱۳۹۳. آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله، استاندارد ۲۸۰۰. ویرایش چهارم.
- ملکشاهی، غلامرضا؛ وکیلی، صاحبه؛ ۱۳۹۶. بررسی توزیع خدمات عمومی بر اساس عدالت اجتماعی با استفاده از مدل یکپارچه دسترسی (مطالعه موردی سقز). *فصلنامه مطالعات ساختار و کارکرد شهری*. ۱۴ (۱۳). صص. ۸۵-۷۰.
- نیک‌مرد نمین، سارا؛ برک‌پور، ناصر؛ عبداللهی، مجید؛ ۱۳۹۳. کاهش خطرات زلزله با تأکید بر عوامل اجتماعی رویکرد تاب‌آوری؛ نمونه موردی: منطقه ۲۲ تهران. *نشریه مدیریت شهری*. شماره ۳۷. صص. ۳۴-۱۹.

Adger, W. N., 2000. Social and ecological resilience: Are they related? *Progress in Human Geography*, 24 (3), pp. 347-364.

Asprone, D., Manfredi, G., 2014. Linking disaster resilience and urban sustainability: a global approach for future cities, *Disasters*, 39 (1), 96-111.

- Bruneau. M., Chang. E., Eguchi. T., Lee. C., O'Rourke. D., Reinhorn. M., Shinozuka. M., Tierney. K., Wallace. A., Winterfeldt. D., 2003. A Framework to Quantitatively Assess and Enhance the Seismic Resilience of Communities, *Earthquake Spectra*, 19 (4), pp.733_752.
- Coaffee, J., Clarke, J., 2015. Viewpoint on securing the generational challenge of urban resilience, *TPR*, 86 (3), pp. 249-255.
- Cutter, S.L., et al., 2008. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters, *Global environmental change*, 18 (4), pp. 1-9.
- Davis, I., izadkhah, Y., 2006. Building resilient urban communities, *OHI*, 31(1), pp. 11-21.
- Godschalk, D. R., (2003). Urban hazard mitigation: creating resilient cities, *natural hazards review*, VOL. 4, Pp. 136-143.
- Jun, Y., Yajun, B., Yuqing, Z., Xueming, L., Quansheng, G., 2018. Impact of Accessibility on Housing Prices in Dalian City of China Based on a Geographically Weighted Regression Model, *Geogra. Sci*, 28(3), pp. 505-515.
- Leon, J., March, A., 2014. urban morphology as a tool for supporting tsunami rapid resilience: A case study of Talcahuano, Chile, *Habitat international*, 43, 250-262.
- Li, S., Zhou, C., Wang, S., Gao, S., Liu, Z., 2019. Spatial Heterogeneity in the Determinants of Urban Form: An Analysis of Chinese Cities with a GWR Approach, *sustainability*, No 11, pp. 1-16.
- Lucasa, K., Phillipsa, I., Mulleyb, C., Ma, L., 2018. Is transport poverty socially or environmentally driven? Comparing the travel behaviours of two low-income populations living in central and peripheral locations in the same city, *Transportation Research Part A*, pp. 622-634.
- Manyena, S., 2006. The concept of resilience revisited, *Disasters*, 30(4), 433-450.
- Meerow, S., P.Newell, J., Stults, M., 2016. Defining urban resilience: A review, *Landscape and Urban Planning*, 147, pp. 38-49.
- Nadi, P. A., Murad, A., 2019. Modelling Sustainable Urban Transport Performance in the Jakarta city Region: A GIS Approach, *sustainability*, pp. 1-28.
- Spaans, M., Waterhout, B., 2016. Building up resilience in cities worldwide – Rotterdam as participant in the 100 Resilient Cities Programme, *cities*, 61, pp. 109-116.
- zhang, X., Li, H., 2018. Urban resilience and urban sustainability: What we know and what we do not know? *Cities*, 72, pp. 141-148.
- Zhou, C, Jing'ai, W, Jindong, W, Huicong, J., 2010. Resilience to natural hazards: a geographic perspective, *Natural Hazards*, 53 (1), pp. 21-41.

هرمنوتیک و مخاطرات ژئومورفولوژیک؛ با تأکید بر ارزیابی و پهنه‌بندی مخاطرات زمین لغزش در منطقه رودبار

سعید رحیمی‌هرآبادی^۱ - دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.
ندا مجیدی‌راد - دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران.

تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۴/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۷

چکیده

مباحث روش‌شناسی در مخاطرات ژئومورفولوژیک از جمله ابزارهای علمی و فکری هستند که هیچ دانش‌پژوه جدی در این رشته نمی‌تواند، خود را از آنها معاف کند. به همین دلیل در این نوشتار به کمک دو نوع روش‌شناسی مبتنی بر روش اثباتی (پهنه‌بندی درجات خطر با مدل تحلیل شبکه) و فرا اثباتی (تفسیر هرمنوتیکی پهنه‌های خطر)، کوشش شده است، نتایج کمی حاصل از مطالعه حاضر را با تفسیر و فهم نقشه به سمت کاربردی‌تر شدن سوق دهد. با توجه به وقوع زلزله سال ۱۳۶۹ رودبار و ناپایداری دامن‌های مشرف بر محیط شهری رودبار و نیز کاربری‌های اراضی نامتجانس، وقوع زمین‌لغزش در محیط شهری این منطقه به عاملی مخاطره‌آمیز تبدیل شده است. این نوشتار تلاش دارد به ارزیابی و پهنه‌بندی حساسیت خطر زمین‌لغزش در سکونتگاه‌های منطقه رودبار بپردازد. به همین منظور با استفاده از فرایند تحلیل شبکه و تعیین معیارهای پیشنهادی مبتنی بر بازدیدهای میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای در وقوع خطر زمین لغزش شهری، این معیارها در دو خوشه اصلی مخاطرات طبیعی و زیست‌محیطی طبقه‌بندی گردید. در مرحله بعد با تهیه لایه‌های اطلاعاتی از عناصر مزبور و ارزش‌گذاری آنها، این لایه‌ها در محیط ARCGIS مورد تحلیل قرار گرفت و نقشه نهایی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در محدوده کنترل‌کننده رودبار با درجات خطر کم (۴ درصد)، متوسط (۷۱ درصد) و بالا (۲۵ درصد) تعیین گردید که نشان‌دهنده تسلط فرایندهای مخاطره‌زا در محدوده شهری است. در گام پایانی به منظور کاربردی نمودن و فهم عمیق یافته‌ها، نقشه خروجی در سطوح هرمنوتیک متن و ذهن فعال مورد تفسیر هرمنوتیک قرار گرفت. همچنین نمونه‌ای از تفسیر هرمنوتیکی از عینک دیگر صاحب‌نظران علوم جغرافیایی با هدف میان‌رشته‌ای شدن این

خروجی مورد بررسی قرار گرفت. چنانچه هنر یک ژئومورفولوژیست، تبدیل نمودن متن‌های غیرفعال به فعال جهت استفاده کاربردی تحلیل‌های ناشی از پدیده‌های ژئومورفیک در سایر گرایش‌های علوم جغرافیایی نظیر مطالعات آب و هواشناسی، جغرافیای شهری، جغرافیای روستایی، جغرافیای سیاسی و... است.

کلیدواژه‌ها: مخاطرات ژئومورفولوژیک، روش‌شناسی اثباتی و فرا اثباتی، تفسیر هرمنوتیکی، زمین‌لغزش شهری، مدیریت محیط.

۱- مقدمه

برای بسیاری از اندیشمندان این پرسش مطرح می‌شود که تعدد و گاه تضاد در برداشت‌ها و بینش‌های بشری از کجا سرچشمه می‌گیرد. اگر ماهیت پدیده‌ها از یک واقعیت و حقیقت برخوردار است، چرا باید ما از آن چیز واحد، تعبیرهای گوناگون و گاه متضاد ارائه دهیم. بسیاری بر این نکته تأکید دارند که اگر حقیقتی وجود داشته باشد، چند لایه‌ای است و پاره‌ای دیگر بر این باورند که حقیقت یک پدیده واحد یگانه است و لذا تلاش بشر در آن بوده و هست که براساس اصول خاصی، آن حقیقت واحد را بشناسند. متفکران معرفت‌شناسی معتقدند که آبخشور بسیاری از اختلافات تفکری بشر از شرایط محیط فیزیکی که در آن زندگی می‌کنیم، سرچشمه می‌گیرد (رامشت، ۱۳۹۱: ۲۱۶). در این راستا دیدگاه‌های مختلفی در عرصه مخاطرات محیطی و ژئومورفولوژیک به ویژه در نواحی شهری می‌توان ابراز داشت که تجمیع آنها را در تحقق مدیریت مخاطرات محیطی به کار بست.

در یک دیدگاه، پدیده مخاطرات ژئومورفولوژیک، ناشی از ناپایداری عملکردی سیستم‌های سطح زمین است (آیالا^۱، ۲۰۰۲) که به دلیل دخالت انسان و زیرساخت‌های بشری به حوادثی مخاطره‌آمیز تبدیل می‌شوند (کرمی، ۱۳۸۶). در این بین شهرها که متراکم‌ترین مراکز انسانی هستند، طی توسعه فیزیکی خود، ممکن است با برخی از مخاطرات ژئومورفولوژیک روبه‌رو شوند. از جمله در مناطق کوهستانی، مخاطرات ناشی از فرآیندهای دامنه‌ای، گسترش شهرها را با تنگناهای متعددی روبه‌رو می‌کند. به‌طور کلی مخاطرات ژئومورفولوژیک شهری در مناطق کوهستانی، در دو دسته اصلی بررسی می‌شوند: اول مخاطراتی که در ارتباط با مکان شهر، یعنی کوهستانی‌بودن ایجاد می‌شود و دوم، مخاطراتی که بر اثر تشدید استفاده از منابع و دگرگونی‌های محیط‌های شهری به‌وجود می‌آید (باترلوس^۲، ۲۰۰۷). بر این اساس سیستم‌های سطحی زمین در فرم‌ها و فرایندهای متنوعی اعم از دامنه‌ای، یخچالی، بادی، ساحلی و... در قالب پدیده‌ای طبیعی و یا مخاطره در شهرها و دیگر سکونتگاه‌ها عرضه می‌شود. زمین‌لغزش یکی از فرآیندهای ژئومورفیک تأثیرگذار بر تکامل چشم‌انداز مناطق کوهستانی (روئرینگ^۳ و همکاران، ۲۰۰۵) و نوع

1 Ayala

2 Bathrellos

3 Roering

خاصی از فرایندهای دامنه‌ای است که زائیده شرایط ژئومورفولوژیک، هیدرولوژیک و زمین‌شناسی محلی است (رمضانی و ابراهیمی، ۱۳۸۸: ۱۱۰) که در صورت وقوع عدم تعادل در فرایندهای ژئومورفیک آن‌ها، محدودیت‌ها و خسارت‌های متعددی را فرا راه برنامه‌ریزان شهری در مناطق کوهستانی ایجاد می‌کند. در ایران به دلیل تعدد توپوگرافی کوهستانی، فعالیت‌های دوره‌ای زمین‌ساختی و لرزه‌خیزی زیاد، تنوع اقلیمی و زمین‌شناختی، افزایش جمعیت و فشار بی‌رویه بر منابع طبیعی و تغییرات کاربری در دهه‌های اخیر، شرایطی طبیعی برای بروز طیف گسترده‌ای از خطرات زمین لغزش‌ها را در ایران فراهم کرده است (یمانی و همکاران، ۱۳۹۱). به‌طور کلی هر جا که ساخت شهر روی زمین ناپایدار برنامه‌ریزی شود، بررسی دقیق شرایط زمین و ارزیابی خطرپذیری‌های نسبی آنها ضروری است (روستایی و جباری، ۱۳۸۶: ۸۹). در این ارتباط، شناسایی و پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش، به‌ویژه در سکونتگاه‌ها، گام مهمی در ارزیابی خطرپذیری این پدیده تلقی می‌شود (ساکار^۱ و همکاران، ۱۹۹۵). پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش شامل تقسیم‌بندی سطح زمین به مناطق مجزا و رتبه‌بندی این مناطق بر اساس درجه واقعی یا قابلیت مخاطره‌ای ناشی از بروز زمین‌لغزش روی شیب دامنه‌هاست (شریعت جعفری، ۱۳۷۵: ۱۴۸) در مطالعات زمین‌لغزش‌های شهری، این فرآیند برای ممیزی مناطق توسعه فیزیکی شهر به‌صورت پایدار یا بسیار کم‌خطر، نسبتاً پایدار (کم خطر) و ناپایدار (پرخطر) و نیز بسیار پر مخاطره، در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری نقش اساسی دارد (عابدینی و مقیمی، ۱۳۹۱). شهر رودبار به دلیل موقعیت دامنه‌ای و کوهستانی، دارای تنگناهای خاصی در زمینه برنامه‌ریزی و مدیریت شهری است. از دید مسائل ژئومورفولوژیک، این شهر در توسعه فیزیکی با مخاطراتی چون: زمین‌لرزه، ناپایداری‌های دامنه‌ای و سیلاب روبه‌رو است (روستایی و جباری، ۱۳۸۶).

در این راستا آگاهی از شیوه‌های شناخت و انواع روش‌شناسی در مخاطرات ژئومورفولوژیک، محقق را به تفکر پیرامون موضوعات، طبقه‌بندی پدیده‌ها، استنتاج و نظریه‌پردازی رهنمون می‌سازد و نسبت به آنها حساس می‌کند. بنابراین، توجه به روش و شیوه‌های شناخت نه تنها منطق و استمرار کار یک محقق را افزایش می‌دهد بلکه به مجموعه پژوهش‌ها و مطالعاتی که پژوهشگران مخاطرات ژئومورفولوژیک انجام می‌دهند، انسجام درونی و قابلیت انباشتی می‌بخشد. هرمنوتیک به عنوان یکی از شیوه‌های شناختی تحت عنوان روش فهم متن از واژه یونانی هرمس^۲ خدای پیام‌آور یونانی گرفته شده است. در نظر یونانیان هرمس این بود که آنچه را که فی‌نفسه و رای فهم انسانی است، تغییر صورت دهد و با توضیح و تشریح خود آن را به وجهی بیان کند که عقل انسانی بتواند آن را درک کند. هرمس برای ابلاغ پیام خدایان می‌باید به دقایق زبان ابناء بشر آشنا می‌بود (ریخته گران، ۱۳۷۸). علم هرمنوتیک همواره با نوعی رمزگشایی توأم است که، در طی آن، سطوح دلالت‌های ضمنی را دلالت‌های تحت‌اللفظی آشکار می‌کند.

1 Sakar

2 Hermes

در سطح جهان مطالعات گسترده‌ای در حوزه هرمنوتیک و تفسیر انجام شده که نمونه‌هایی از جدیدترین آن بررسی شده است. فریدریشوا و سماردووا^۱ (۲۰۱۲) با رویکرد هرمنوتیکی به مطالعه محیط مجازی پرداخته است؛ دلیل مطالعه در محیط مجازی با رویکرد هرمنوتیکی این است که اشتباه در تفسیر از مهم‌ترین موانع درک مطالعات محسوب می‌شود. از طرف دیگر، این موانع با ایجاد تردیدهای بیشتر، مشکلات استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات را شدت می‌بخشد. کسمانوویچ و بول^۲ (۲۰۱۴) در مقاله‌ای به با به‌کارگیری رویکرد هرمنوتیکی، تلاش دارد به درک بهتر توسعه ادبیات به صورت خلاقانه بپردازد. به‌طوری که در یک چارچوب هرمنوتیکی، بتوان روند انجام بررسی ادبیات و راهنمایی‌های عملی آن برای محققان ارائه شود. ایزدوری^۳ (۲۰۱۵) در مقاله‌ای از طریق یک روش شناختی هرمنوتیکی به چگونگی همگام‌سازی آموزش و فلسفه تعلیم و تربیت، به عنوان یک مقوله اساسی در معرفت‌شناسی آموزشی و تمرین آموزشی پرداخته است که نتایج مطالعه وی نشان داد، که لازم است بر اساس هرمنوتیک ضمن درک عملکرد و معنی آموزش و یادگیری از دیدگاه انسانی. در این مقوله تأمل کنیم. کپلانزیس^۴ (۲۰۱۵) با بررسی رابطه رویکرد هرمنوتیک و علوم سیاسی، نشان داد این رویکرد یک روایت-ارتباطی عملی روایی-ارتباطی در ساخت فضای سیاسی محسوب می‌شود. تا آنجا که دقیق کردن تمرکز روی ایده‌های تقویت تجسم خیالی و نمادین، زمینه بهتری برای بازسازی مطالعات سیاسی فراهم می‌کند. مارتین (۲۰۱۷) به موضوع هرمنوتیک محیطی پرداخت. در این مطالعه مشخص شد هرمنوتیک محیطی یک موضع نسبتاً اخیر در فلسفه محیط‌زیست است که بر بینش و نظریه‌های هرمنوتیک فلسفی بنا شده است. هرمنوتیک فلسفی با این ایده آغاز می‌شود که انسان‌ها اساساً موجوداتی تفسیری هستند که در پی فهم معنا هستند. هرمنوتیک محیطی به دنبال گسترش این دامنه است تا محیط و مناظر را شامل شود و هرمنوتیک محیط‌زیست نقش تفسیر و تعارض تعابیر در روابط انسانی با محیط‌ها را بررسی کرده و توضیح می‌دهد که چگونه اینها با مفاهیم هویت محیطی در هم تنیده‌اند. در داخل نیز مطالعات هرمنوتیک علاوه بر رشته‌های مختلف علوم دینی و... در بعضی از شاخه‌های علوم جغرافیایی صورت گرفته است؛ افضل‌ی و کیانی (۱۳۸۹) در مقاله‌ای به مقایسه جایگاه روش‌های اثباتی و فرا اثباتی در مطالعات جغرافیای سیاسی و ژئوپلیتیک پرداختند. در این تحقیق تقسیم اساسی بین دو گروه از محققان روش‌های اثباتی و فرااثباتی را مورد مطالعه قرار داده است. گروه اول آن دسته از پژوهشگران جغرافیای سیاسی و ژئوپلیتیک که معتقدند روش پوزیتیویستی می‌تواند برای تشریح علمی جغرافیای سیاسی و ژئوپلیتیک به کار رود؛ و گروه دوم آن دسته از پژوهشگران جغرافیای سیاسی و ژئوپلیتیک که تصور می‌کنند این امر ناشدنی است و آنچه در پژوهش‌های جغرافیای سیاسی و ژئوپلیتیک می‌توان بدان دست یافت. از لحاظ پژوهشی، تفسیر پدیده‌ها در قالب روش‌های فرا اثبات‌گرایی

1 Frydrychova K, B. Semradova

2 Kecmanovic and Boell

3 Isidori

4 Kaplantzis

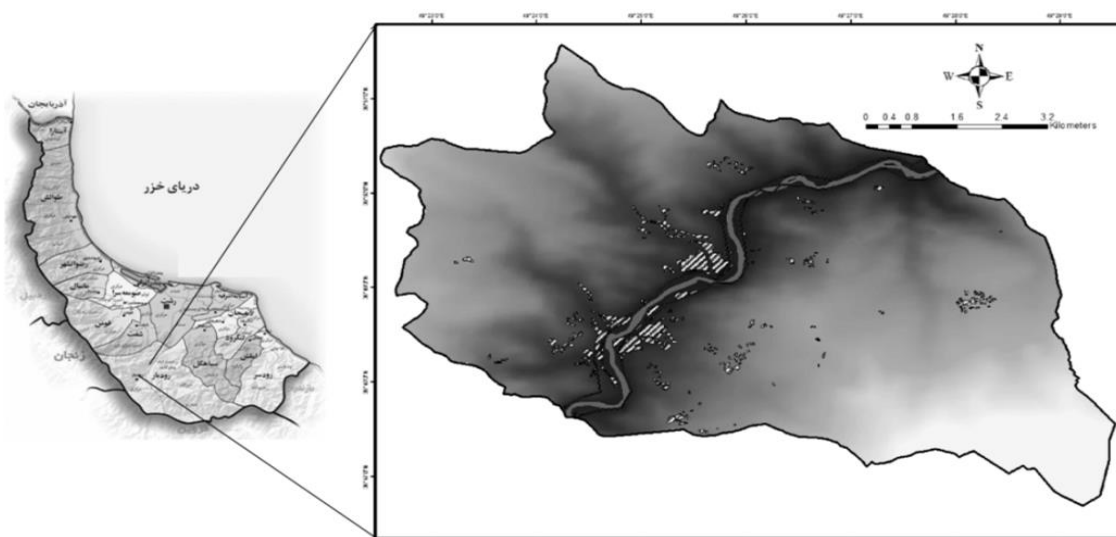
است. از این رو در این تحقیق ماهیت و جایگاه هر کدام از این روش‌ها در مطالعات جغرافیای سیاسی و ژئوپلیتیک پرداخته شده است و روشمند بودن هر کدام را مورد بررسی قرار داده است. رامشت و همکاران (۱۳۹۶) در مقاله‌ای تحت عنوان نسبی‌گرایی در ژئومورفولوژی، رویکرد هرمنوتیکی گادامر را با نسبی‌گرایی در ارتباط می‌داند و معتقد است منشأ این نسبی‌گرایی تأکید بر تأثیرگذاری افق معنایی و فضای فکری مفسر در فرایند فهم است. پیش زمینه‌های فکری مفسر پُر از پیش‌داوری‌های او در مورد موضوع مطالعه است. این پیش‌داوری‌ها تحت تأثیر تاریخ و سستی است که مفسر در آن به سر می‌برد. هر مفسر موضوع و اثر تجربه شده خویش را متفاوت از دیگران می‌فهمد. به عبارت دیگر، فهم و تفسیر تابعی از افق معنایی مفسر است و این چیزی جز نسبی‌گرایی در فهم نیست. لشگری (۱۳۹۷) در مقاله‌ای به تبیین مفهوم فضای جغرافیایی در مکاتب روش‌شناسی اثبات‌گرا و هرمنوتیک پرداخت. در این مطالعه رویکرد نوینی در رابطه با شناخت مفهوم فضا در هر کدام از این مکاتب فوق‌الذکر ارائه گردد. یافته‌های تحقیق بیانگر آن است مفهوم فضا در روش‌شناسی اثبات‌گرا (پوزیتیویستی) به مثابه پدیده‌ای عینی شناخته می‌شود که ناشی از تعامل متقابل انسان و محیط ظهور یافته و تنها با تأییدات تجربی و عقلانی و با اتکا به ابزارهای کمیت‌پذیر می‌توان پراکنش و تحلیل روابط بین پدیده‌های فضایی را مورد مطالعه قرار داد. در نقطه مقابل در چارچوب مکتب هرمنوتیک نمادها و فرایندهای فضایی منتج از زمینه‌های اجتماعی و فرهنگی خود می‌باشند. به طوری که هر فضای جغرافیایی به یک منبع گفتمان و اقتدار وابسته است که الزاماً این منبع قدرت و اقتدار سیاسی می‌تواند مشهود هم نباشد. ضمن اینکه برداشت و نتیجه‌گیری و تفسیر افراد مختلف از فضای واحد بر اساس انگیزه و ذهنیت آن‌ها می‌تواند ناهمسان باشد و این مسئله مؤید نسبی بودن فضا می‌باشد.

در این نوشتار، مخاطرات زمین‌لغزش شهری مؤثر در توسعه شهری رودبار مورد ارزیابی و پهنه‌بندی قرار گرفته است. به طور کلی هدف از چنین مطالعه، پهنه‌بندی مناطق پایدار و ناپایدار شهر رودبار است که در برنامه‌ریزی آن می‌تواند تأثیرات مطلوبی بر جای گذارد. اما آنچه در تکمیل یافته‌های این مطالعه ضرورت یافته است، فهم عمیق و تفسیر هرمنوتیکی (تعامل روش اثباتی و فرا اثباتی) در این مطالعه است تا بتوان شرایط مناسب برای فهم بیشتر مدل‌های مورد استفاده فراهم ساخت. از این رو، این نوشتار تلاش دارد با بهره‌گیری از تجزیه و تحلیل عناصر مؤثر در وقوع مخاطرات دامنه‌ای با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه^۱، به تحلیل کمی از مناطق پایدار و ناپایدار و سپس به تفسیر کیفی پهنه‌های تعیین شده در راستای کاربردی نمودن عرصه مخاطرات ژئومورفولوژیک در این شهر پردازد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهر رودبار که بخش مرکزی شهرستان رودبار به‌شمار می‌رود، یکی از شهرهای کوهپایه‌ای استان گیلان است و در کرانه رودخانه سفیدرود و در منطقه‌ای کوهستانی قرار گرفته است. این شهر در مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۷ دقیقه از خط استوا و ۴۹ درجه و ۱۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است. این شهر با ارتفاع متوسط ۲۵۰ متر و به‌طور عمده روی دامنه‌های مشرف به رودخانه سفیدرود قرار دارد (شکل ۳).



شکل ۳- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در کشور و استان گیلان منبع: نگارندگان (رنگی شود)

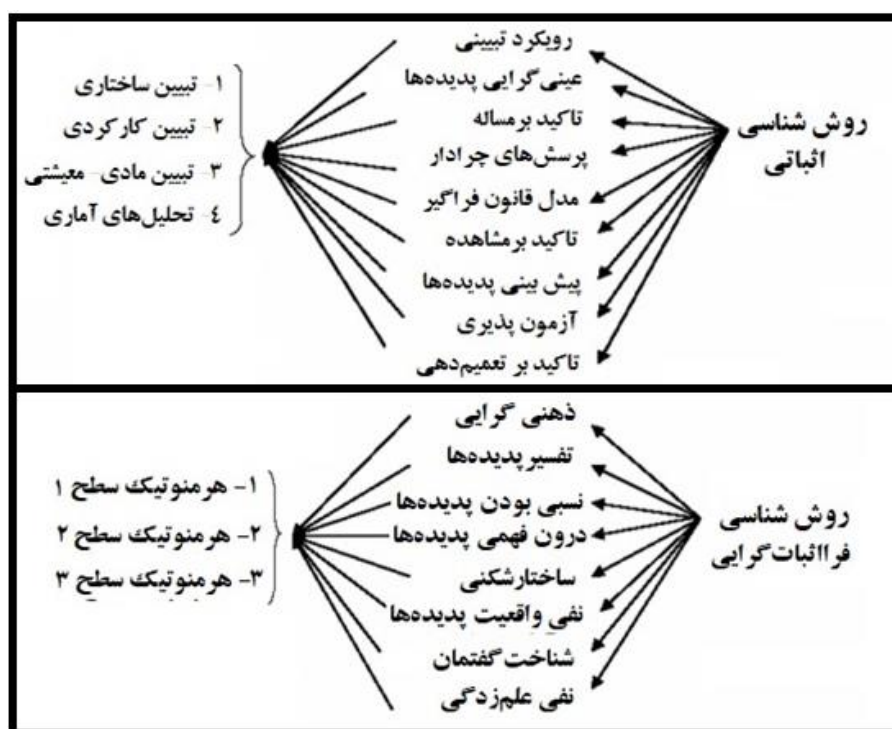
۲-۲- روش‌های اثباتی و فرا اثباتی در ارزیابی و پهنه بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک زمین لغزش شهری رودبار

به‌طور کلی دانش مبتنی بر اثبات‌گرایی بر اهمیت روش در مقابل ماهیت نتیجه‌گیری‌ها و دستاوردهای پژوهشی تأکید می‌کند. به این معنی که در این دیدگاه، روش پژوهش مهم‌تر از نتیجه پژوهش است. بنابراین ارتباط پژوهش با وضعیت واقعی پدیده‌ها و اثرپذیری آن، مدنظر قرار نمی‌گیرد. به‌طوری که دقت علمی مهم‌تر از ربط موضوعات تحقیق به وضعیت زندگی انسانی است. به بیان دیگر تنها هدف علم اثباتی دقت در صحت قضایای مورد تحقیق است و خواه آن قضایا فایده‌ای برای مدیریت محیط (فضای جغرافیایی) داشته باشد یا نه (بشیریه، ۱۳۹۶). در پژوهش‌های علوم جغرافیایی و ژئومورفولوژی، پدیده‌های مورد مطالعه عمدتاً ترکیبی از ذهنی و عینی هستند، و صرفاً آماری و در قالب انواع مدل‌ها نیستند. اما محققان این عرصه، به روش‌شناسی اثباتی یا پوزیتیویستی تأکید دارند. البته تحقیقات

علوم جغرافیایی، چون نتیجه‌محور هستند این انحراف در روند کار، خود را نشان نمی‌دهد و نتایج عددی و مدل‌سازی صرف، ظاهراً حس خوشایندی به محقق می‌دهد اما این نتایج در عمل و کاربرد به دلیل خطاهای روش‌شناسی، اعتماد ناپذیر و نامعتبر محسوب می‌شوند (افضلی، ۱۳۹۶). به‌عنوان مثال در موضوعاتی کمی مانند ارزیابی و پهنه‌بندی و تحلیل فضایی مخاطرات زمین لغزش در یک منطقه یا کشور، بیش‌ترین موضوعی که اهمیت دارد، دقت در نتایج و پهنه‌بندی نسبتاً دقیق براساس معیارهای در نظر گرفته شده است و انتخاب مدل یا روش مناسب، نرم‌افزار با دقت بالا، تصاویر ماهواره‌ای و استفاده از نقشه‌های با مقیاس مناسب و بزرگ مقیاس و درنهایت تجزیه و تحلیل داده‌های بدست آمده، در اولویت قرار دارند و به جایگاه این موضوع در زندگی عینی ساکنان آن، واکنش سایر متغیرها و اثرگذاری مثبت یا منفی آنها کمتر توجه می‌شود. بنابراین از دیدگاه روش‌شناسی اثباتی، گردآوری داده‌ها به همراه داده‌سازی، مشاهده و آزمون به خودی خود و توجه کمتر از فایده احتمالی آن، ضروری و موجه تلقی می‌شود. این شیوه فاقد جهت و مقصود تجویزی و صرفاً معطوف به اثبات یا رد علمی فرضیه‌هاست و اصولاً برای مصرف در زندگی ساکنان یک محیط انجام نمی‌شود (بشیری، ۱۳۹۶). در روش اثباتی تأکید می‌شود که با تجزیه و تحلیل‌های صرفاً آماری می‌توان به نتایج مورد انتظار خود دست پیدا کرد. درحالی‌که در روش‌های فرااثباتی به تفهیم و ارتباط آن با سایر موضوعات به ویژه مطالعات میان‌رشته‌ای، اولویت داده می‌شود. از این دیدگاه، موضوع مورد مطالعه جغرافیا به باورها و ارزش‌ها و هنجارها از انسان و محیط می‌پردازد. در روش فرا اثباتی به جای جستار در قوانین کلی، به دنبال فهم رفتارها و ترکیب عوامل ذهنی و عینی مربوط به آن هستیم. از این رو جهت‌گیری محقق یا نظریه‌پرداز، براساس پای‌بندی به تفسیر موضوع تعیین می‌شود. در رویکرد تفسیری هرمنوتیک، هرگونه تفسیر معنایی برای زمانی خاص و در مناسبت با پرسش‌هایی در افق معنایی خاص درست است. هیچ تفسیر قطعی، همواره درست و عینی نیست. همان‌طور که هگل، تجربه زمان‌مند است، معنی نیز که هایدگر آن را تجربه هستی می‌نامد، در زمان وجود دارد (مرادی و افضلی، ۱۳۹۲). در فرایند تفسیر نوعی رابطه دیالکتیک بین مفسر و متن وجود دارد. مکالمه میان افق معنایی و افق معنایی خواننده یا تأویل‌کننده، به معنای درهم شدن این دو افق یا زمانه نگارش متن و زمان حاضر است که در لحظه خواندن و تأویل‌گریزی از این ادغام وجود ندارد. افق امروز ایستا و ثابت نیست، بلکه افقی است، گشوده و دگرگون‌پذیر، که با ما حرکت می‌کند، همان‌گونه که ما با آن دگرگون می‌شویم (احمدی، ۱۳۸۰). منظور از متن تنها متون کتبی نیست. متن عبارت است از هر نوع گفتمانی که در قالب نوشته، به نحو متمایزی تثبیت شده است. متن یک کل است و کلیتی بر آن حاکم است. میان کلیت و اجزای متن ارتباط وجود دارد. کل بر مبنای اجزای آن و اجزاء، بر مبنای کلیت معنا می‌شوند. هرمنوتیک تلاشی برای فهم کلیت متن است (معینی علمداری، ۱۳۸۵). اعتقاد به قلمرو معانی به مثابه ساخته ذهن بشر در قالب روابط اجتماعی را فهم‌پذیر می‌کند (مرداک، ۱۳۹۲)؛ بنابراین تلاش‌هایی که در چارچوب رویکرد هرمنوتیک (تفسیری) می‌شود، معمولاً تحلیل‌های کیفی،

قیاسی و کل‌گرایانه مبتنی بر فهم پدیده‌ها است بدیهی است این مکتب روش‌شناسی در نقد اثبات‌گرایی شکل گرفته و برخلاف پوزیتیویسم از ماهیت کیفی برخوردار است (لشگری، ۱۳۹۷). تفسیر متن نمی‌تواند به نیت مؤلف، یا شیوه اندیشه و درنهایت شناخت هم روزگاران مؤلف محدود شود. به‌طور کلی متن، بیانگر ذهنیت یک مؤلف نیست، حتی خود مؤلف در تفسیر متن، تحت تأثیر گفتمانی خاص قرار دارد. مکالمه میان متن و مفسر، هستی واقعی دارد. ذهنیت مفسر نیز در آغاز یک تفسیر «پاک و خالی» نیست، بلکه مجموعه‌ای ایست از پیش‌داوری‌ها، فرض‌های آغازین و خواست‌های استوار به افق معنایی امروز. به گفته گادامر اساساً تفسیری درست و قطعی وجود ندارد. همچنان که خود متن نیز به گفته میشل فوکو غیرجانب‌دار نیست، تفسیر نیز به تعبیر رولان بارت، معصوم و بی‌گناه نیست. در یک کلام همچنان که نیچه می‌گوید: «همه چیز در حال شدن است، هیچ واقعیت ابدی وجود ندارد» (مرادی و افضلی، ۱۳۹۲).

ازاین‌رو، براساس مطالعات به دست آمده می‌توان اصول و معیارهای کلی روش‌های اثباتی و فرااثباتی در علوم جغرافیایی و ژئومورفولوژی را مطابق با تصاویر زیر، این‌گونه بازگو کرد:



شکل ۱- مهم‌ترین شاخص‌های روش‌شناسی اثباتی و فرااثباتی در علوم انسانی و علوم جغرافیایی (منبع: افضلی و کیانی، ۱۳۸۹)

در مجموع هرمنوتیک از آغاز ظهور خود به عنوان روش‌شناسی تحقیق، سه سطح مفهومی را طی کرده است (افضلی، ۱۳۸۹). در بحث اصلی روش فرائیباتی در این نوشتار این سه سطح در موضوع مورد مطالعه بررسی می‌شود. اساساً هدف اصلی مطالعه حاضر در این بخش، پاسخ به پرسش‌هایی است که در بیان مسئله به آن پرداخته شده بود. بنابراین انگیزه بررسی این بخش، مقایسه و مشخص شدن برتری روش فرائیباتی بر اثباتی و بالعکس در مطالعات مربوط به پهنه بندی خطر زمین لغزش در شهر رودبار نیست. بلکه هدف ما در این تحقیق صرفاً شناخت بنیادها و مفاهیم روش‌های اثباتی و فرائیباتی در مطالعات مخاطرات ژئومورفولوژیک بوده تا محققان و اندیشمندان این رشته با ماهیت آن آشنا شوند. بدین ترتیب، مسیر مطالعات این دانش، نباید به سویی سوق داده شود تا محققان و اندیشمندان این رشته مجبور شوند بین دیدگاه‌های اثبات‌گرایان و فرائیبات‌گرایان دست به انتخاب بزنند و آنها را مقابل هم قرار دهند. بلکه علاوه بر مطالعه‌ای روش‌مند لازم است تعاملی بین این دو روش برای دست‌یابی به مطالعه‌ای روش‌گرا و نتیجه‌گرا در کنار هم برقرار کنند. به‌طور مثال در موضوع مورد مطالعه لازم است موضوعات اثباتی و فرائیباتی در تعامل با یکدیگر پرداخته شوند به‌طوری که همگام با تجزیه و تحلیل پهنه‌های کم‌خطر و پرخطر، واکنش‌های سیستم‌های انسانی از قبیل سیاست‌گذاری سکونتگاه‌ها، چالش‌های مسیر توسعه شهری، سازگاری در نواحی روستایی و... در ارتباط با این پهنه بندی خروجی‌ها مورد واکاوی قرار گیرد.

در بخش اثباتی به منظور ارزیابی و پهنه بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک زمین لغزش شهر رودبار در گام نخست تلاش شده است تا عوامل مؤثر بر وقوع و تشدید زمین لغزش با تأکید بر نواحی شهری، به‌ویژه در مسائل توسعه شهری رودبار مورد بررسی قرار گیرد. به‌همین منظور نخست با استفاده از روش فرم و فرایند، شکل و فرایند محدوده کنترل‌کننده محیطی شهری رودبار تعیین حدود شد. در مرحله بعد برای تهیه لایه‌های اطلاعاتی، از معیارهای مؤثر مخاطره‌زا که با بازدیدهای میدانی و مطالعات کتابخانه‌ای به‌دست آمد (از قبیل شیب، مقادیر ارتفاعی، کاربری اراضی و...) از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، استفاده شد. در مرحله بعد، لایه‌های اطلاعاتی مؤثر که با نظر کارشناسان و بررسی‌های میدانی و کتابخانه‌ای به‌دست آمدند، در قالب مدل تحلیل شبکه مورد بررسی قرار گرفت.

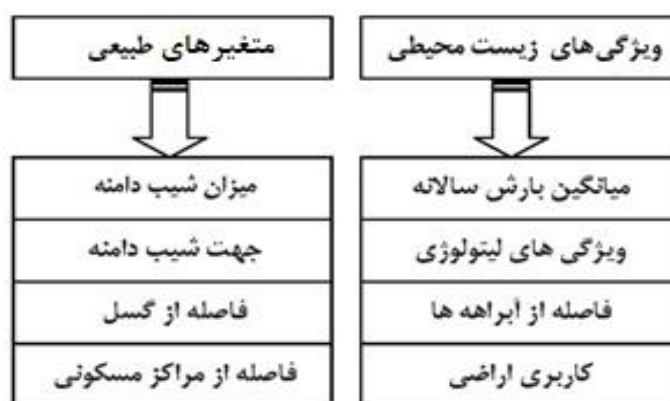
فرآیند تحلیل شبکه به‌طور کلی چارچوبی را برای تصمیم‌گیری و ارزیابی مسائل و مشکلات ایجاد می‌کند. این روش با استفاده از شبکه معیارها، گزینه‌ها و گره‌های درون خوشه‌ها، فرآیند مدلی کردن مسائل و مشکلات را تعمیم و کلیت می‌بخشد (مونیکا^۱ و همکاران، ۲۰۰۹). این مدل بخش‌های مختلفی دارد. بخش اول شامل ساختار سلسله‌مرتب از معیارها و زیرمعیارها، بخش دوم شامل شبکه ارتباطات و تأثیرات بین معیارها، بخش سوم بازخوردهای بین عناصر و خوشه‌ها (شیباخان^۲ و همکاران، ۲۰۰۷). بخش نهایی مربوط به تشکیل

1 Mónica

2 Sheeba Khan

ابرماتریس است. در حقیقت یک ماتریس تصمیم، یک ماتریس تقسیم شده به اجزای کوچک تر است که هر جزء ماتریس، نمایانگر رابطه بین دو دسته در یک ماتریس است (نخعی و دیگران، ۱۳۸۹: ۲۴). تمامی روابط میان عناصر سطوح تصمیم گیری، به وسیله مقایسه های زوجی در روش ابرماتریس ارزشیابی می شود (دری و حمزه ای، ۱۳۸۹: ۸۱). در این راستا برای استفاده از این روش در ارزیابی و پهنه بندی زمین لغزش شهر رودبار، از مراحل مختلف زیر انجام شد:

تعیین معیارها و شاخص ها در مشخص کردن خوشه ها و عناصر؛ ابتدا عناصر مرتبط با موضوع فرآیندهای ناپایداری های دامنه ای از راه مطالعات میدانی، پرس و جو از دست اندرکاران امر و استفاده از مطالعات پیشین، تعیین شدند. هشت عنصر اصلی درگیر در موضوع براساس مشابتهای موضوعی در دو خوشه، شامل ویژگی های زیست محیطی و مخاطرات طبیعی جای گرفتند (شکل - ۲):



شکل ۲- معیارهای مؤثر در وقوع خطر زمین لغزش شهری در رودبار، منبع: نگارندگان

تعیین روابط و وابستگی های بین عناصر؛ در این مرحله مشخص شد که کدامیک از عناصر با عناصر دیگر در ارتباط بوده، بر آنها اثر می گذارد و از آنها اثر می پذیرد. از پرسش نامه و فرآیند دیماتل به منظور تعیین روابط بین عناصر برای مستند کردن و افزایش اعتبار و صحت پژوهش استفاده شد. تعداد ده پرسش نامه توسط کارشناسان ارائه شد و عناصر به صورت زوجی در یک ماتریس مقایسه و برحسب میزان اثرگذاری شان به همدیگر از ۱ تا ۵ ارزش گذاری شدند. نتایج پرسش نامه پس از نرمال سازی در برنامه اکسل^۱ در نرم افزار متلب^۲ پردازش شده و در نهایت بار دیگر در برنامه اکسل نتایج نهایی به دست آمد.

1 Excel

2 Matlab

اعمال ارتباطات فوق در خوشه‌ها و عناصر؛ از این مرحله به بعد، مراحل مدل در نرم‌افزار ویژه^۱ این فرآیند انجام شد. نتایج ارتباطات به‌دست آمده، بر این عناصر و خوشه‌ها اعمال و برای وزن‌دهی اولیه آماده شدند. مرحله اصلی فرآیند تحلیل شبکه، وزن‌دهی و ارزش‌گذاری و درواقع مقایسه‌های زوجی بین عناصر و خوشه‌ها است. همان‌طور که گفته شد، مقایسه‌های زوجی در تحلیل شبکه‌ای، بر اساس معیار کنترلی انجام می‌شود. تنها زمانی یک عنصر یا خوشه می‌تواند معیار کنترلی در نظر گرفته شود که اثرگذاری آن در فرآیند دیماتل تأیید شده باشد. البته در این پژوهش با توجه به ارتباطات و اثرگذاری‌هایی که عناصر داخل یک خوشه بر همدیگر داشتند، ارتباطات همه عناصر داخل دو خوشه دو طرفه در نظر گرفته شدند و از دیماتل برای تعیین ارتباطات بیرونی عناصر استفاده شد.

وزن‌دهی و مقایسه‌های زوجی عناصر؛ برای این امر، از فرآیند پرسش‌نامه استفاده شد و تعداد ۲۰ پرسش‌نامه بین کارشناسان پخش شد تا در هر بخش با توجه به معیار کنترلی، عناصر و خوشه‌ها را بر حسب میزان اهمیت و برتری نسبت به هم مقایسه کنند. روند ارزش‌گذاری به‌ترتیب اهمیت از ۱ تا ۹ تعیین شد. نتایج پرسش‌نامه از طریق روش کپلند^۲ و از طریق برنامه کپلند محاسبه شد. پس از تعیین ارزش نهایی هر مقایسه، این ارزش‌ها و وزن‌های به‌دست‌آمده از پرسش‌نامه‌ها، به نرم‌افزار سوپردسیشن^۳ انتقال یافته و درنهایت نرم‌افزار با استفاده از این وزن‌ها، ضریب و وزن نهایی پژوهش را از طریق فرآیند ابرماتریس و نرمال‌سازی آن توسط وزن خوشه‌ها، محاسبه می‌کند.

طبقه‌بندی و امتیاز دهی لایه‌های اطلاعاتی؛ آخرین مرحله کار به نرم‌افزار آرک‌جی‌آی‌اس^۴ مربوط می‌شود. در این مرحله، لایه‌های اطلاعاتی هر عنصر با توجه به اهمیتی که برای مکان‌یابی خطرات دامنه‌ای دارند، طبقه‌بندی و امتیازدهی می‌شوند و درنهایت برای تهیه نقشه نهایی، این لایه‌ها توسط ابزار رسترکلکولیتور^۵ تلفیق شده و وزن‌های نهایی که در مدل تحلیل شبکه برای هر عنصر به‌دست آمده بود را وارد لایه‌های مربوطه کرده و درنهایت، نقشه نهایی مکان‌یابی خطر زمین‌لغزش در توسعه شهری رودبار به‌دست آمد.

در ادامه، داده‌های و نقشه به‌دست‌آمده را بر اساس دیدگاه فرا اثباتی (هرمنوتیک) مورد بازنگری و تفسیر قرار گرفت. به این معنا که این یافته‌ها جهت تحلیل عمیق‌تر، تفهیم بیشتر و درنهایت بین رشته‌ای نمودن یافته‌های پهنه بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک زمین لغزش شهری رودبار، برای کاربردی‌تر شدن مورد استفاده قرار گیرد.

1 super decisions

2 Copeland

3 Super Decisions

4 ARC GIS

5 Raster Calculator

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ارزیابی و پهنه‌بندی متغیرهای مؤثر در خطر زمین‌لغزش شهری رودبار

پس از تعیین روابط بین معیارهای مؤثر در خطر زمین‌لغزش شهری با استفاده از پرسش‌نامه و تعیین ضرایب اولیه هر عنصر از طریق مقایسه‌های زوجی که بر پایه پرسش‌نامه انجام شد، ضرایب به‌دست آمده از مجموعه عناصر در یک ابرماتریس گردآوری شده و با استفاده از عملیات ریاضی در نرم‌افزار مربوطه، ابتدا ابرماتریس غیر وزنی و سپس ابرماتریس وزنی تشکیل شد. در نهایت با استفاده از این دو ابرماتریس، پس از نرمال‌سازی داده‌ها، ابرماتریس حدی تشکیل شد. این ابرماتریس، یک ضریب یکسان را برای همه عناصر مورد مطالعه نشان می‌دهد (جدول ۱ تا ۳).

جدول ۱- ابرماتریس غیروزنی عناصر مورد مطالعه در وقوع خطر زمین‌لغزش شهری رودبار منبع: نگارندگان

عناصر اصلی	عناصر اصلی	متغیرهای طبیعی				ویژگی‌های زیست‌محیطی			
		جهت شیب	فاصله از مناطق مسکونی	فاصله از گسل	میزان شیب	داده‌های لیتولوژی	فاصله از آبراهه	متوسط بارش سالیانه	کاربری زمین
متغیرهای طبیعی	جهت شیب	۰	۰/۰۷۰۸۹۵	۰/۰۷۷۹۵۸	۰/۰۷۶۶۷	۰	۰	۰	۰
	فاصله از مناطق مسکونی	۰/۲۴۴۹۲۷	۰	۰/۲۸۷۱۹	۰/۱۹۳۱۸۵	۰/۸۳۳۳۳۳	۰/۲	۱	۰/۵
	فاصله از گسل	۰/۰۹۰۲۲۵	۰/۱۵۶۰۶۴	۰	۰/۸۳۰۱۴۵	۰	۰	۰	۰
	میزان شیب	۰/۶۶۴۸۴۸	۰/۷۷۳۰۴۱	۰/۶۳۴۸۵۲	۰	۰/۱۶۶۶۶۷	۰/۸	۰	۰/۵
ویژگی‌های زیست‌محیطی	داده‌های لیتولوژی	۰	۰	۰	۰/۶۱۷۵۰۴	۰	۰/۷۶۹۱۹۹	۰/۴۹۳۳۸۶	۰/۶۳۰۰۹۷
	فاصله از آبراهه	۰/۳۳۳۳۳۳	۰/۸	۰	۰/۰۸۵۶۳۱	۰/۶۲۴۹۴۳	۰	۰/۳۱۰۸۱۴	۰/۱۵۱۴۶۱
	متوسط بارش سالیانه	۰	۰	۰	۰	۰/۰۶۲۵۲	۰/۰۳۸۴۷۲	۰	۰/۲۱۸۴۴۲
	کاربری زمین	۰/۶۶۶۶۶۷	۰/۲	۱	۰/۲۹۶۸۶۵	۰/۳۱۲۵۳۷	۰/۱۹۲۳۲۹	۰/۱۹۵۸	۰

جدول ۲- ابرماتریس وزنی عناصر مورد مطالعه در وقوع خطر زمین‌لغزش شهری رودبار منبع: نگارندگان

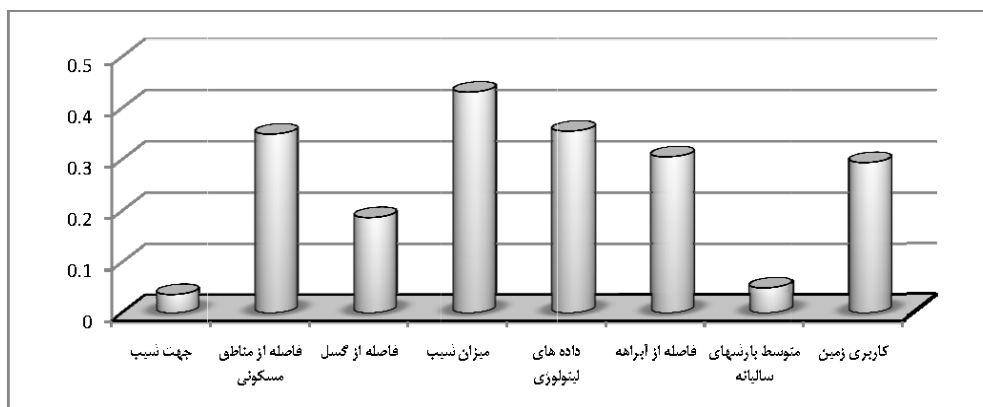
عناصر اصلی	عناصر اصلی	متغیرهای طبیعی				ویژگی‌های زیست‌محیطی			
		جهت شیب	فاصله از مناطق مسکونی	فاصله از گسل	میزان شیب	داده‌های لیتولوژی	فاصله از آبراهه	متوسط بارش سالیانه	کاربری زمین
متغیرهای طبیعی	جهت شیب	۰	۰/۰۳۵۴۴۸	۰/۰۳۸۹۹۷۹	۰/۰۳۸۲۳۵	۰	۰	۰	۰
	فاصله از مناطق مسکونی	۰/۱۲۲۴۶۳	۰	۰/۱۴۳۵۹۵	۰/۰۹۶۵۹۳	۰/۴۱۶۶۶۷	۰/۱	۰/۵	۰/۲۵
	فاصله از گسل	۰/۰۴۵۱۱۳	۰/۰۷۸۰۲۳	۰	۰/۳۶۵۰۷۲	۰	۰	۰	۰

ویژگی های زیست محیطی			متغیرهای طبیعی				عناصر اصلی	
کاربری زمین	متوسط بارش سالیانه	فاصله از آبراه	داده های لیتولوژی	میزان شیب	فاصله از مناطق گسل	جهت شیب	معیارها	عناصر اصلی
۰/۲۵	۰	۰/۴	۰/۰۸۳۳۳۳	۰	۰/۳۱۷۴۲۶	۰/۳۸۶۵۲	میزان شیب	
۰/۳۱۵۰۴۹	۰/۲۴۶۶۹۳	۰/۳۸۴۶	۰	۰/۳۰۸۷۵۲	۰	۰	داده های لیتولوژی	ویژگی های زیست محیطی
۰/۰۷۵۷۷۳	۰/۱۵۵۴۰۷	۰	۰/۳۱۲۴۷۲	۰/۰۴۲۸۱۵	۰	۰/۴	فاصله از آبراه	
۰/۱۰۹۲۲۱	۰	۰/۰۱۹۲۳۶	۰/۰۳۱۲۶	۰	۰	۰	متوسط بارش سالیانه	
۰	۰/۰۹۷۹	۰/۰۹۶۱۶۵	۰/۱۵۶۲۶۸	۰/۱۴۸۴۳۳	۰/۵	۰/۱	کاربری زمین	

جدول ۳- ابرماتریس حدی عناصر مورد مطالعه در وقوع خطر زمین لغزش شهری رودبار منبع: نگارندگان

ویژگی های زیست محیطی		متغیرهای طبیعی				عناصر اصلی			
کاربری زمین	متوسط بارش سالیانه	فاصله از آبراه	داده های لیتولوژی	میزان شیب	فاصله از گسل	فاصله از مناطق مسکونی	جهت شیب	معیارها	عناصر اصلی
۰/۰۱۸۰۳۳	۰/۰۱۸۰۳۳	۰/۰۱۸۰۳۳	۰/۰۱۸۰۳۳	۰/۰۱۸۰۳۳	۰/۰۱۸۰۳۳	۰/۰۱۸۰۳۳	۰/۰۱۸۰۳۳	جهت شیب	متغیرهای طبیعی
۰/۱۷۴۱۱۹	۰/۱۷۴۱۱۹	۰/۱۷۴۱۱۹	۰/۱۷۴۱۱۹	۰/۱۷۴۱۱۹	۰/۱۷۴۱۱۹	۰/۱۷۴۱۱۹	۰/۱۷۴۱۱۹	فاصله از مناطق مسکونی	
۰/۰۹۲۸۷۹	۰/۰۹۲۸۷۹	۰/۰۹۲۸۷۹	۰/۰۹۲۸۷۹	۰/۰۹۲۸۷۹	۰/۰۹۲۸۷۹	۰/۰۹۲۸۷۹	۰/۰۹۲۸۷۹	فاصله از گسل	
۰/۲۱۴۹۶۹	۰/۲۱۴۹۶۹	۰/۲۱۴۹۶۹	۰/۲۱۴۹۶۹	۰/۲۱۴۹۶۹	۰/۲۱۴۹۶۹	۰/۲۱۴۹۶۹	۰/۲۱۴۹۶۹	میزان شیب	
۰/۱۷۷۰۲۸	۰/۱۷۷۰۲۸	۰/۱۷۷۰۲۸	۰/۱۷۷۰۲۸	۰/۱۷۷۰۲۸	۰/۱۷۷۰۲۸	۰/۱۷۷۰۲۸	۰/۱۷۷۰۲۸	داده های لیتولوژی	ویژگی های زیست محیطی
۰/۱۵۲۰۶۵	۰/۱۵۲۰۶۵	۰/۱۵۲۰۶۵	۰/۱۵۲۰۶۵	۰/۱۵۲۰۶۵	۰/۱۵۲۰۶۵	۰/۱۵۲۰۶۵	۰/۱۵۲۰۶۵	فاصله از آبراه	
۰/۰۲۴۴۵۵	۰/۰۲۴۴۵۵	۰/۰۲۴۴۵۵	۰/۰۲۴۴۵۵	۰/۰۲۴۴۵۵	۰/۰۲۴۴۵۵	۰/۰۲۴۴۵۵	۰/۰۲۴۴۵۵	متوسط بارش سالیانه	
۰/۱۴۶۴۵۲	۰/۱۴۶۴۵۲	۰/۱۴۶۴۵۲	۰/۱۴۶۴۵۲	۰/۱۴۶۴۵۲	۰/۱۴۶۴۵۲	۰/۱۴۶۴۵۲	۰/۱۴۶۴۵۲	کاربری زمین	

در نهایت برای به دست آوردن ضریب نهایی هر عنصر، باید ضرایب به دست آمده از جدول ابرماتریس حدی را بر ضریب خوشه ها ضرب کرد تا ضریب نهایی هر عنصر به دست آورده شود. آن چنان که این عناصر نشان می دهد، در میان عناصر مخاطره زا، میزان شیب و لیتولوژی بیشترین نقش را در عملکرد وقوع خطر زمین لغزش منطقه برعهده داشته اند؛ زیرا در ارتباط نزدیکی با ضریب فاصله از مراکز مسکونی هستند (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه میزان متغیرها و ضرایب مؤثر در تحلیل وقوع مخاطرات دامنه‌ای در محدوده مورد مطالعه منبع: نگارندگان

پس از به دست آوردن ضرایب نهایی حاصل شده هر عنصر با مدل تحلیل شبکه، این ضرایب می‌بایست بر لایه اطلاعاتی هر عنصر اعمال شده و نقشه نهایی آن در نرم‌افزار جی‌آی‌اس حاصل شود. اما پیش از این کار، این لایه‌های اطلاعاتی باید از لحاظ میزان ارزش طبقه‌بندی شده و هم‌ارزش شود تا بتوان تحلیل نهایی را بر منطقه انجام داد. خصوصیت‌های این لایه‌ها در جدول ۴ درج شده است.

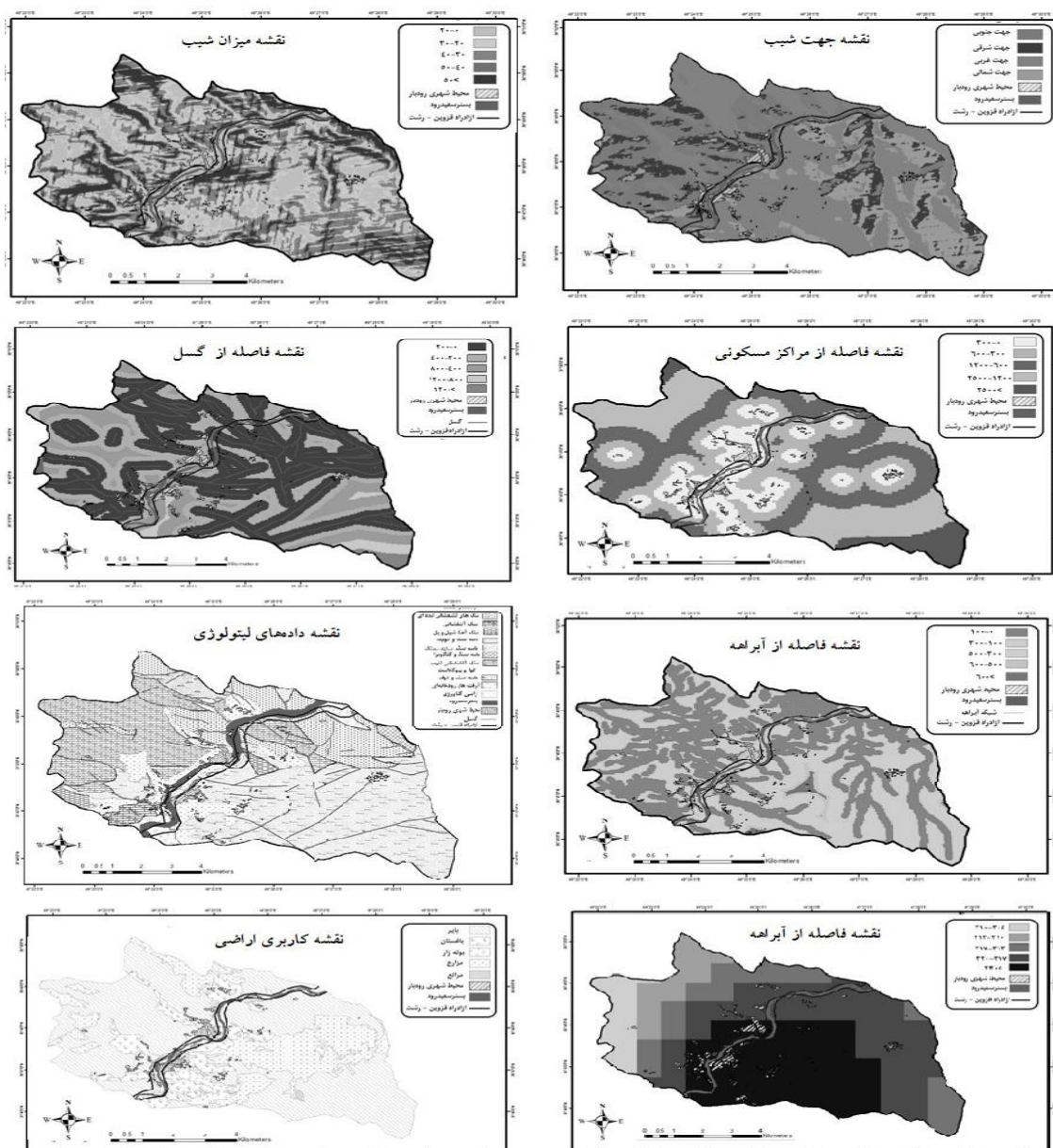
جدول ۴- خصوصیت‌های لایه‌های مؤثر در وقوع خطر زمین‌لغزش شهری رودبار منبع: نگارندگان

معیار لایه‌ها	توضیحات
میزان شیب	از نظر مخاطرات ژئومورفولوژیک، شیب‌ها به مقادیر کمتر از ۲۰ تا ۳۰ درصد، ۳۰ تا ۵۰ درصد، ۵۰ تا ۷۰ درصد و بیش از ۷۰ درصد طبقه‌بندی شده است. در این لایه، میزان شیب در پنج طبقه دسته‌بندی شده است. در این لایه هرچه میزان شیب بیشتر باشد، ضریب خطرات دامنه‌ای افزایش می‌یابد.
جهت شیب	دامنه‌هایی که بیشتر در معرض نور آفتاب قرار می‌گیرند، نسبت به دامنه‌هایی که مدت زمان کمتری در برابر نور آفتاب قرار می‌گیرند، پایدارتر هستند. علت این پدیده را می‌توان به میزان تخییر بیشتر و رطوبت کمتر این دامنه‌ها نسبت داد. از دید جهت شیب، مستعدترین شیب برای خطر زمین‌لغزش، شیب شمالی است. این لایه در چهار طبقه دسته‌بندی شد که به ترتیب پایداری در چهار طبقه شمالی، غرب، شرقی و جنوبی دسته‌بندی شده است.
کاربری زمین	کاربری اراضی در محدوده رودبار از سه بخش اصلی باغستان‌های زیتون که در دامنه‌ها پراکنده هستند، اراضی زراعی و بایر تشکیل شده است. این لایه برحسب نوع ارزش هر کاربری طبقه‌بندی می‌شوند. زمین‌های بایر بیشترین خطرات را دارند و پس از آن زمین‌های زراعی و رودخانه قرار دارند.
لیتولوژی	با توجه به تنوع ترکیب واحدهای زمین‌شناسی در منطقه و حساسیت متفاوت واحدها نسبت به زمین‌لغزش، عامل لیتولوژی نقش مؤثری در پراکندگی مناطق با درجه خطر بالا دارد. در محدوده شهری رودبار، ساختار لیتولوژی غالب را سنگ‌های آذرین و آتشفشانی تناوبی دوره ائوسن، ماسه‌سنگ‌ها با تناوب میان‌لایه‌ای و آبرفت‌های کواترنری، به‌ویژه در سواحل بستر اصلی رودخانه سفیدرود تشکیل می‌دهد که در برابر فعالیت‌های انسانی مانند، سکونتگاه‌ها و راه‌های ارتباطی و... از حساسیت بالایی در برابر خطر زمین‌لغزش برخوردار هستند. در این میان سنگ‌های آتشفشانی و توده‌ای و لس مستعدترین مناطق در برابر این نوع

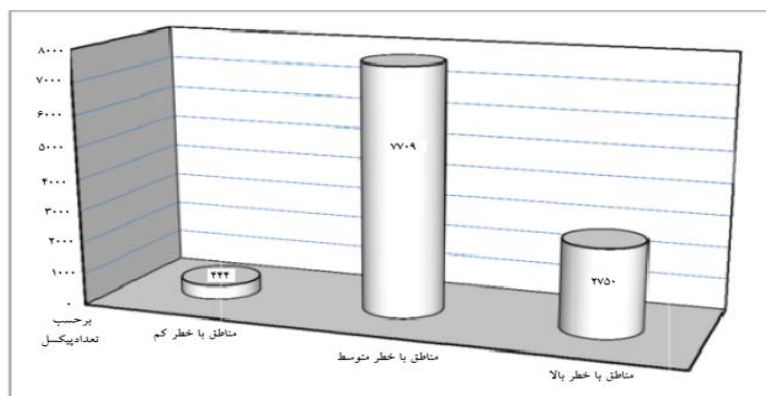
معیار لایه‌ها	توضیحات
	مخاطرات ژئومورفولوژیک شهری است.
فاصله از مرکز مسکونی	در تحلیل مخاطرات، دوری و نزدیکی به این عنصر نقش بسیار مهمی را در برنامه‌ریزی‌های محیطی منطقه از دیدگاه مخاطرات ژئومورفولوژیک زمین‌لغزش ایفا می‌کند. لایه فاصله از مرکز مسکونی برحسب میزان ارزش طبقه‌بندی شد. بر این اساس، هرچه فرآیندهای مخاطره‌ز فواصل کمتری از مراکز شهری داشته باشند، احتمال بیشتری برای وقوع ناپایداری دامنه‌ای و میزان خسارت آن به‌وجود خواهد آمد و درکل مخاطرات ژئومورفولوژیک در منطقه بر مبنای دوری و نزدیکی و ارتباط با این مرکز است که مفهوم مخاطره را خواهند داشت.
فاصله از گسل	با افزایش فاصله از گسل، سطح گسیخته‌شده کاهش می‌یابد. با توجه به نقش فاصله کمتر از گسل‌ها در کاهش ناپایداری دامنه‌ای و مخاطرات زمین‌لغزش، برای تحلیل این عنصر مخاطره‌ز در توسعه شهری رودبار، این محدود در پنج فاصله اصلی طبقه‌بندی شده است.
حریم آبراهه	پراکندگی دامنه‌های ناپایدار، ارتباط تنگاتنگی با سیستم آبراهه دارد؛ زیرا تراکم بالای آبراهه‌ها نشان‌دهنده وجود تعداد دامنه‌های زیاد و به تبع آن، تعداد دامنه‌های ناپایدار بیشتری است. از سوی دیگر زیرشویی ناشی از آبراهه‌ها، موجب برداشتن تکیه‌گاه شیب و برهم زدن تعادل دامنه شده و احتمال خطرات دامنه‌ای را برای مراکز شهری بالاتر می‌برد. از این رو، هرچه فاصله از آبراهه کمتر باشد، در وقوع مخاطرات شهر نقش بیشتری دارد.
میانگین بارش	این لایه در پنج طبقه اصلی قرار گرفت. بر این اساس هرچه میزان بارش بیشتر باشد، مخاطرات دامنه‌ای اثرات بیشتری را برجای می‌گذارد.

برای این امر، ابتدا لایه‌های برداری کاربری زمین و داده‌های لیتولوژی به لایه رس‌تری تبدیل شده و در ادامه با استفاده از لایه‌های برداری گسل، آبراهه و راه، لایه رس‌تری حریم برای هر کدام تهیه شد. لایه رس‌تری شیب و جهت شیب از نقشه رقومی ارتفاعی ۳۰ متر کشور و لایه متوسط بارش سالانه هم از طریق میان‌یابی داده‌های بارش ایستگاه‌های اقلیمی اطراف منطقه به‌دست آمد. پس از تهیه لایه‌های رستری مربوطه، این لایه‌ها بر حسب میزان و نوع تأثیرگذاری آن بر موضوع و منطقه طبقه‌بندی شدند. در این پژوهش با ترکیب همه لایه‌ها و اعمال همه ضرایب به‌دست آمده از مدل تحلیل شبکه، در بخش رستر کل کولیت در نرم‌افزار جی‌آی‌اس، نقشه نهایی مخاطرات به‌دست آمد. در واقع این نقشه بر مبنای ترکیبی از معیارهای فوق ترسیم شده است. به بیان دیگر طبقه‌بندی میزان شیب، جهت شیب، حریم گسل‌ها، حریم آبراهه‌ها، فاصله از مراکز مسکونی، حساسیت واحدهای لیتولوژی، نوع کاربری اراضی و میانگین بارش سالانه، در برابر وقوع مخاطرات دامنه‌ای در محیط شهری رودبار اعمال شده است. با بررسی نقشه پهنه‌بندی زمین‌لغزش در محدوده شهر رودبار، این منطقه در سه دسته اصلی شامل مناطق با خطر کم (۴ درصد)، متوسط (۷۱ درصد) و بالا (۲۵ درصد)، طبقه‌بندی شد. با توجه به نقشه نهایی بدست آمده در این تحقیق می‌توان گفت محدوده کنترل‌کننده مناطق شهری در این منطقه، در یکی از پرخطرترین مناطق از منظر خطرزمین‌لغزش است. به‌طوری که استقرار سکونتگاه‌ها و راه‌های ارتباطی فعلی عمدتاً در پهنه‌های با خطر متوسط تا بالا استقرار یافته‌اند و از سوی دیگر فواصل و حریم مراکز شهری بدون توجه به فرایندها و عناصر مخاطره‌زا استقرار یافته‌اند و در مسیر

توسعه فیزیکی قرار گرفته‌اند و در آینده نیز روند توسعه شهری رودبار نیز در این پهنه‌ها گسترش خواهد یافت. بنابراین توجه به این موضوع و تهدیدهای محیطی مناطق شهری در برنامه‌ریزی‌های الگوی توسعه‌ی شهری رودبار، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. مطابق شکل ۵ مناطق با درجه پایدار و کم خطر سهم ناچیزی را به خود اختصاص داده است.

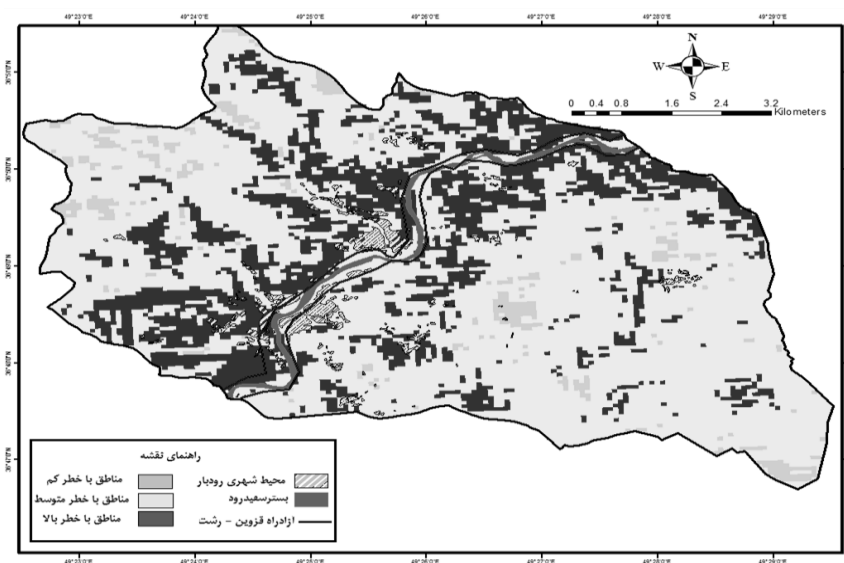


شکل ۵. نقشه لایه‌های مؤثر در وقوع زمین لغزش شهری رودبار (منبع: نگارندگان)



شکل ۶- مقادیر درجه خطر در محدوده مورد مطالعه منبع: نگارندگان

به طور کلی این نقشه یک سند اساسی کیفی است که برای برنامه ریزی کاربری اراضی شهری و برنامه ریزی توسعه منطقه ای می توان از آن استفاده نمود و در مطالعات توسعه پایدار شهری نیز در آینده از آن بهره برد. از طرفی این موضوع و آسیب پذیری های شهری ناشی از ناپایداری های دامنه ای با بازدیدهای میدانی مورد تأیید قرار گرفت.



شکل ۷- نقشه نهایی پهنه بندی خطر زمین لغزش در محدوده مورد مطالعه منبع: نگارندگان

۳-۲- روش فرا اثباتی (سطوح هرمنوتیک) در فهم پهنه بندی مخاطرات ژئومورفیک زمین لغزش شهری رودبار

در به کارگیری تحلیل های هرمنوتیکی در دانش مخاطرات ژئومورفولوژیک، امور مربوط به پدیده های زمین لغزش از دو نظر می توانند به عنوان یک متن، بررسی و تفسیر شوند؛ یکی به صورت متن های مکتوب که برگرفته از

تحلیل‌های آماری است و دوم در قالب تفسیر نقشه به عنوان فهم رویدادهای حاکم بر سطوح خطر کم تا زیاد. امور مربوط به پدیده‌های زمین لغزش به عنوان یک متن، طیف گسترده‌ای از مفاهیم عددی و آماری را شامل می‌شود که با ارجاع‌های جدید، معانی جدیدی از واکنش‌های ژئومورفیک را می‌توان استنباط نمود. زیرا معیارهایی نظیر شیب، پوشش گیاهی، میانگین بارش سالانه، کاربری اراضی و ... در زبان عددی مفاهیم کلی را در بر می‌گیرند که مؤلف می‌تواند معانی آن را کشف و بازگو کند. این موضوع در قالب نقشه‌های تولید شده در پهنه بندی خطر زمین لغزش نیز به همین منوال است. روی هم رفته سه سطح مفهومی تمایزپذیر هرمنوتیک برای بازیابی مفاهیم و نظریه‌های مربوط به گرایش‌های مختلف علوم جغرافیایی در راستای فهم بیشتر ارزیابی و پهنه‌بندی مخاطرات زمین لغزش و اثرگذاری در آن توسعه شهری رودبار به شرح زیر است:

۳-۲-۱- هرمنوتیک سطح اول؛ متن فعال - ذهن غیرفعال

اولین سطح مفهومی هرمنوتیک، سطح اول آن است. در این سطح متن علمی معنادار و مقصود نویسنده از نقشه، نمودار و متن به وضوح تفسیر شده است. به این معنا که محقق غیرکارشناس (متخصص سایر گرایش‌های علوم جغرافیایی) با ذهن همراه با دانش محدود از اصطلاحات تخصصی مخاطرات و زمین لغزش، معنا را از متن کشف می‌کند. بنابراین برای درک پدیده‌های مربوط به روابط متقابل انسان و محیط باید به روش درون فهمی و یا تأویل متمسک شد و از طریق تعمق، معنا را از پس چیزهای مشاهده‌پذیر کشف کرد؛ بنابراین در این سطح، متن قابل مطالعه سرشار از معنا و راهنماست و به جای آن، ذهن محقق از درک کمتری از معنا برخوردار است (جغرافیدان سیاسی، جغرافیدان شهری، آب و هواشناس و...) که باید معنای متن را فارغ از ظواهر مشاهده شدنی آن دریابد. به عنوان مثال متن مخاطرات فعال شده توسط یک ژئومورفولوژیست، دارای تفسیرها و کاربردهای مشخصی است که مطالعه‌کننده غیر ژئومورفولوژیست، به تفسیر و کوشش زیادی برای فهم مقصود نویسنده نیاز ندارد. و می‌تواند به سهولت، متن ارائه شده را در حوزه تخصصی رشته خود، مورد استفاده قرار دهد.

۳-۲-۲- هرمنوتیک سطح دوم؛ متن غیرفعال - ذهن فعال

در این سطح، ذهن مطالعه‌کننده فعال است (کارشناس ژئومورفولوژی و آشنا با اصطلاحات پایه‌ای و تخصصی این دانش). و به متن علمی معنا می‌دهد. اما در این سطح، متن علمی شناسایی شدنی، تفسیر نشده و معنای درونی آن به وضوح بیان نشده و این محقق است که با ذهن سرشار از معنای خود مشتمل بر ساخت‌های عینی، واقعیتی را به متن منتقل می‌کند و سپس آن را نوعی کشف علمی می‌پندارد. این واقعیت بازتاب عینی ساخت‌های حاکم بر ذهن فرد است (افضلی، ۱۳۹۶). این سطح می‌تواند در تفسیر نقشه‌های پهنه بندی مخاطرات کاربرد گسترده‌ای داشته باشد زیرا ذهن محقق می‌تواند از تفسیر سطوح خطرات محدودکننده توسعه سکونتگاه‌ها از روی نقشه، واقعیات پنهانی از نتایج پهنه بندی خطر بر روی فضای جغرافیایی و نمود آن در توسعه شهری و ... را، کشف و معنا کند.

۳-۲-۳- هرمنوتیک سطح سوم؛ متن غیرفعال- ذهن غیرفعال

این سطح شاید ایده‌آل‌ترین سطح هرمنوتیک در تولید دانش محسوب شود به‌طوری که در آن، هم ذهن محقق و هم متن علمی، غیرفعال هستند. به این معنا که محقق غیرکارشناس می‌کوشد، متن خروجی از مطالعات پهنه‌بندی تفسیرنشده را با مطالعات جانبی و تلاش‌های مکرر، قابل فهم کند و معنا را از متن کشف کند. که این امر مستلزم تلاش‌هایی گسترده در راستای مطالعات میان‌رشته‌ای است. از دید هرمنوتیک، نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه‌شده به کمک مدل‌های متنوع تصمیم‌گیری و...، به‌طور کامل نمودهای شفاف از واقعیات علمی را نمی‌توانند نشان دهند. نقشه اساساً ابزاری برای تفسیر واقعیات علمی بوده و چکیده‌ای از واقعیت ملموسی است که از وقایع و مسائل محیطی نشأت گرفته است. نقشه به بیان دیگر روشی برای بازنمایی محیط است. این ابزار در دانش مخاطرات ژئومورفولوژیک می‌تواند وقایع جاری برای تغییرات محیط و فهم مسائل ناشی از مخاطرات کنترل کننده توسعه شهری را تسهیل کند. این نقشه‌ها، پیش از آن که تصویرگر محض عینیات سطح زمین باشند، معانی قابل کشف گسترده‌ای را به‌طور پوشیده در خود دارند و با تحلیل هرمنوتیک در ظرف زمان و مکان می‌تواند وقایع جاری را در فضای جغرافیایی ایران نمایش دهند به‌طوری که پیش‌بینی آسیب‌های ناشی از وقوع زمین لغزش‌ها و پهنه‌بندی آن استفاده از این روش‌شناسی، ممکن خواهد بود و بنابراین نمی‌توان با نگاه صرفاً اثباتی و مدل‌سازی لایه‌های پوشیده آن را تفسیر نمود. بنابراین تحلیل هرمنوتیکی نقشه نشان می‌دهد که نقشه پدیده‌ای به‌طور کامل عینی نیست، بلکه سرشار از معناست. معنایی که فهم وقایع محیطی را تسهیل می‌کند. بنابراین محقق مخاطرات ژئومورفولوژیک، به جای عینی پنداشتن این مفهوم، آن را معناکاوی و ساختارهای معنا بخشی به آن هویدا کند. به همین منظور نقشه مربوط به پهنه بندی مخاطرات زمین لغزش شهر رودبار، مورد تفسیر قرار گرفت. مطابق با این اشکال، ابتدا توسط سطوح سه‌گانه هرمنوتیک، به عنوان متن فعال و غیرفعال مورد مطالعه قرار گرفته و در انتها با دیدگاه میان‌رشته‌ای در علوم جغرافیایی، طبق مصاحبه با متخصصین سایر گرایش‌ها، تفسیر آنها از نقشه‌ها و نمودارهای مذکور، بررسی شده است. تا بتوان یافته‌های بدست آمده را در مطالعات سایر گرایش‌ها مورد استفاده قرار داد تا جنبه‌های کاربردی آن، توسعه پیدا کند.

۳-۳- هرمنوتیک و تفسیر نقشه

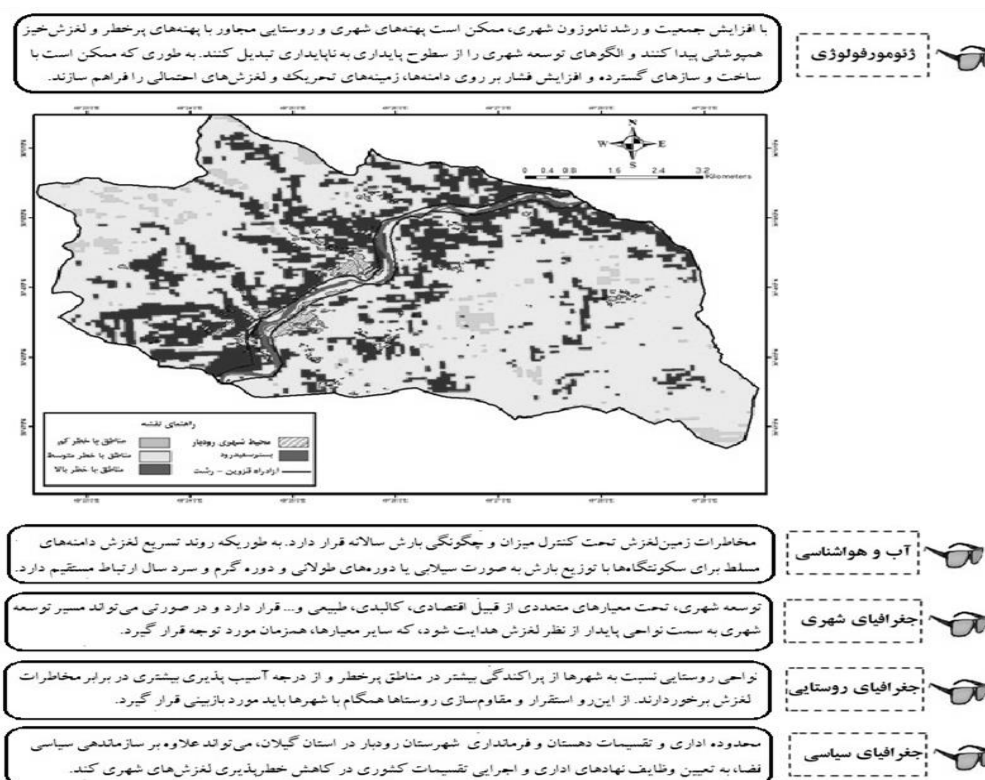
۳-۳-۱- تفسیر نقشه پهنه‌بندی مخاطرات زمین لغزش شهر رودبار به صورت متن غیرفعال

در این تفسیر ظواهر نقشه و برداشت سطحی از این نقشه ارائه می‌شود. مطابق با نقشه پهنه‌بندی، این پهنه‌های خطر که تجميع معیارهای فوق‌الذکر را ارائه می‌دهد و سه سطح اصلی با درجه خطر کم، متوسط و زیاد مشاهده می‌شود. در پهنه خطر متوسط، که بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است، بیشتر سکونتگاه‌های پراکنده منطقه

رودبار مشاهده می‌شود که توسعه این سکونتگاه‌ها به سمت مناطق پرخطر در حال جریان است. این موضوع علاوه بر محدوده شهری رودبار، موقعیت مخاطره آمیز سکونتگاه‌های پراکنده منطقه رودبار را نیز نشان می‌دهد.

۳-۳-۳- تفسیر نقشه‌ها پهنه‌بندی مخاطرات زمین‌لغزش شهر رودبار به صورت متن فعال

هر کدام از درجات خطر تعیین شده در پهنه مورد مطالعه، مفاهیم عمده‌ای را از دیدگاه مخاطرات ژئومورفولوژیک زمین لغزش به همراه دارد. در حال حاضر بیشتر پهنه‌های شهری رودبار در پهنه‌های با خطر متوسط تجمع یافته‌اند و پهنه‌های پرخطر سهم محدودتری دارند. با این حال در آینده با افزایش جمعیت و رشد ناموزون شهری، ممکن است پهنه‌های شهری و روستایی مجاور با پهنه‌های پرخطر و لغزش‌خیز همپوشانی پیدا کنند و الگوهای توسعه شهری را از سطوح پایداری به ناپایداری تبدیل کنند. به‌طوری که ممکن است با ساخت و سازهای گسترده و افزایش فشار بر روی دامنه‌ها، زمینه‌های تحریک و لغزش‌های احتمالی را فراهم سازند. در این حالت علاوه بر آسیب‌رسانی به سکونتگاه‌ها و مراکز خدماتی، کاربری اراضی مورد استفاده باغات زیتون و فضای طبیعی را نیز مدفون ساخته و با خسارات جانی و مالی گسترده‌ای همراه سازد.



شکل ۸- تفسیر کاربردی نقشه پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک شهری رودبار از دیدگاه نمونه‌ای از

متخصصین ژئومورفولوژی و سایر گرایش‌ها (منبع: نگارندگان)

۴- نتیجه گیری

چنان که در این نوشتار در بخش روش های اثباتی به آن اشاره شد. در این پژوهش با تعیین عناصر مؤثر در وقوع خطر زمین لغزش شامل شیب، جهت شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی، میانگین بارش سالانه، فاصله از گسل، آبراهه و مراکز مسکونی، با اعمال نظر کارشناسان، پیشینه مطالعاتی و بازدیدهای میدانی و نیز، استفاده از روش فرآیند تحلیل شبکه و وزن دهی این عناصر نسبت به یکدیگر، هر عنصر بر مبنای نظر کارشناسان، نسبت به عملکرد وقوع خطر زمین لغزش شهری پهنه بندی شدند. به طور کلی موضوعات کاربردی در دانش ژئومورفولوژی به ویژه مخاطرات ژئومورفولوژیک به دلیل گیرافتادن صرف در چنبره مدل های پهنه بندی، آمار و ارقام، روح نوآوری، تخیل و ایده پردازی محققان را به شدت تحت تأثیر قرار داده است. از این رو اتکای صرف به روش و فنون آماری و مدل سازی موجبات تکراری شدن جایگاه این دانش پیرامون موضوعاتی از قبیل پهنه بندی و تحلیل زمین لغزش، سیلاب، فرسایش بادی و ... با استفاده از مدل های تصمیم گیری تحلیل شبکه، فازی و ... شده است. که صرفاً تأکید بر پیوند دادن متغیرهای بارش، شیب، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و ... با یکدیگر است و لازم است پس از مطالعات کمی و محاسبات صورت گرفته، به کمک تفسیر و مطالعات هرمنوتیک، نتایج کاربردی تری با واقعیات مخاطرات ژئومورفولوژیک مطرح شود. به همین دلیل در حال حاضر کمتر مشاهده می شود که محقق و متخصص مخاطرات ژئومورفولوژیک به جای توسل به آمار و نرم افزار و تحلیل خروجی های به دست آمده، ایده ای نظام مند در عرصه مدیریت و پایداری محیط برای کاهش و سازگاری با مخاطرات و ... ارائه دهد. به نظر می رسد برخورد روش شناسانه محض آن هم از نوع صرف اثباتی نمی تواند منجر به شکل گیری دیدگاه و نظریه های فلسفی در ژئومورفولوژی و تحکیم این موارد شود. بنابراین لازم است پژوهشگر، عمده کوشش خود را بر پایه ارائه نظریه خلاقانه خود پس از تجزیه و تحلیل داده های بدست آمده، مطرح نموده و مورد نقد علمی قرار دهد و نتایج کمی خود را با وقایع محیطی خود تطبیق دهد تا بتواند نتایجی منطقی و در عین حال کاربردی از این نظر که بتواند به صورت میان رشته ای و قابل فهم برای سایر متخصصان علوم جغرافیایی و کارشناسان اجرایی قرار گیرد، ارائه دهد. از آنجاکه در دانش ژئومورفولوژی، تفسیر مفاهیم و نقشه ها در اولویت قرار دارد و این عمل در این دانش توسط محققان در حال انجام است. در این مطالعه تلاش شد تا با ارائه نمونه های موردی از انواع تفسیر و با پیاده سازی سطوح و رویکردهای هرمنوتیک روند سازمان یافته تری برای مطالعات مدیریتی مخاطرات ژئومورفولوژیک ایجاد شود تا به نتایج اصولی تری دست پیدا کند. چراکه در بررسی سطوح مختلف هرمنوتیکی، هنر یک ژئومورفولوژیست تبدیل نمودن متن های غیرفعال به فعال برای استفاده و تفهیم کاربردی پدیده های ژئومورفیک در سایر رشته ها و گرایش های علوم جغرافیایی نظیر مطالعات شهری، روستایی و ... است. همچنین یک ژئومورفولوژیست در چارچوب دانش هرمنوتیک باید برداشت های تخصصی از نقشه ها و نمودارها داشته باشد که یک غیرکارشناس نتواند از آن

برداشت مشابه داشته باشد. در این راستا با هدف کاربردی‌تر شدن متن فعال از تفسیر نقشه پهنه‌بندی مخاطرات ژئومورفولوژیک زمین لغزش شهری منطقه رودبار، به منظور پیوند دادن یافته‌های این دانش با یافته‌های سایر علوم جغرافیایی از دیدگاه افراد متخصص در این رشته‌ها و مصاحبه با آنها، بدست آمد. چنانچه در این نوشتار مشاهده شد، استفاده از نگاه و عینک هر کدام، مرز مشترکی میان نظرات هر کدام از متخصصان وجود دارد. به‌طوری که آب و هواشناس برداشت خود از متن فعال ارائه شده از سوی ژئومورفولوژیست را با نوع عملکرد نوع و توزیع بارش‌های سنگین و تأثیر آن در وقوع لغزش‌ها مطابقت می‌دهد. همچنین جغرافیدان روستایی، این نتایج را با آسیب‌های وارده بر سکونتگاه‌ها و ارائه راهکارهای مناسب‌تر برای مقاومت عرصه روستایی تطبیق می‌دهد. به همین ترتیب جغرافیدان شهری آسیب‌های ناشی از لغزش را در توسعه پایدار شهری و توان‌های آن مطالعه می‌کند و جغرافیدان سیاسی از دیدگاه تقسیمات کشوری، تنظیم و شرح وظایف کاهش مخاطرات را ارائه می‌دهد.

کتابنامه

- احمدی، بابک؛ ۱۳۸۶. *ساختار و تأویل متن*. تهران: انتشارات مرکز. چاپ نهم.
- افضلی، رسول؛ کیانی، وحید؛ ۱۳۸۹. تبیین جایگاه روش‌های اثباتی و فرا اثباتی در مطالعات جغرافیای سیاسی و ژئوپلیتیک. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای انسانی*. شماره ۴۲. تابستان ۱۳۸۹. صص ۱۰۳-۱۲۰.
- افضلی، رسول؛ ۱۳۹۶. *روش‌شناسی در جغرافیای سیاسی و ژئوپلیتیک*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- بشیریه، حسین؛ ۱۳۹۶. *احیای علوم سیاسی*. تهران: انتشارات نی.
- رامشت، محمدحسین؛ ۱۳۹۱. فلسفه‌گرایی در اندیشه‌های علمی مرحوم دکتر شکویی. *مجموعه مقالات برپاندای اندیشه، واکاوی سیر تحول اندیشه علمی دکتر حسین شکویی*. به اهتمام سیدعلی بدری. انتشارات نورعلم. صص ۲۱۵-۲۲۰.
- رامشت، محمدحسین؛ صفاری، امیر؛ کرم، امیر؛ محمدیان، عبرت؛ ۱۳۹۶. نسبی‌گرایی در ژئومورفولوژی. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. دوره ۴۹. شماره ۱. بهار ۱۳۹۶. صص ۱-۲۰.
- رمضانی‌گورابی، بهمن؛ ابراهیمی، هدی؛ ۱۳۸۸. زمین‌لغزش و راهکارهای تثبیت آن. *فصلنامه آمایش محیط*. سال دوم. شماره ۷. صص ۱۱۰-۱۱۸.
- روستایی، شهرام؛ جباری، ایرج؛ ۱۳۸۶. *ژئومورفولوژی مناطق شهری*. تهران: انتشارات سمت.
- ریخته‌گران، محمدرضا؛ ۱۳۷۸. *منطق و مبحث علم هرمنوتیک*. تهران: انتشارات کنگره.
- شریعت‌جعفری، محسن؛ ۱۳۷۵. *زمین‌لغزش، مبانی و اصول پایداری شیب‌های طبیعی*. تهران: انتشارات سازه.
- عابدینی، موسی؛ مقیمی، ابراهیم؛ ۱۳۹۱. نقش تنگناهای ژئومورفولوژیکی در توسعه کالبدی کلان‌شهر تبریز به منظور کاربری بهینه. *فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. سال ۲۳. شماره ۱. صص ۱۶۶-۱۴۷.

- کرمی، فریبا؛ ۱۳۸۶. مخاطرات ژئومورفولوژیک ناشی از ساخت و توسعه راه‌های روستایی با تاکید بر حرکات توده‌ای و ایجاد خندق (مطالعه موردی: روستاهای شهرستان سراب). *فصلنامه فضای جغرافیایی*. سال ششم. شماره ۱۶. صص ۸۵-۱۰۵.
- لشگری، احسان؛ ۱۳۹۷. تبیین مفهوم فضای جغرافیایی در مکاتب روش‌شناسی اثبات‌گرا و هرمنوتیک. *فصلنامه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. سال ۲۹. شماره ۲. تابستان ۱۳۹۷. صص ۳۵-۵۴.
- مرادی، اسکندر؛ افضل‌ی، رسول؛ ۱۳۹۲. *اندیشه‌های جدید در ژئوپلیتیک*. تهران: انتشارات زیتون سبز.
- مرداک، جان‌اتان؛ ۱۳۹۲. *جغرافیای پی‌اس‌اس‌خارگرا*. ترجمه رسول افضل‌ی و مصیب قره بیگی. تهران: انتشارات زیتون سبز.
- معینی علمداری، جهانگیر؛ ۱۳۸۵. *روش‌شناسی نظریه‌های جدید در سیاست*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- مقیم، ابراهیم؛ ۱۳۸۷. *ژئومورفولوژی شهری*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. چاپ سوم.
- نخعی کمال‌آبادی عیسی؛ امیرآبادی، محمد؛ محمدی‌پور، هیرش؛ ۱۳۸۹. انتخاب استراتژی بهینه بر اساس تحلیل SWOT و روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای (ANP)، *مطالعه موردی: شرکت پتروشیمی اراک*. *فصلنامه مدیریت صنعتی دانشکده علوم انسانی دانشگاه آزاد اسلامی*. سال پنجم. شماره ۱۱. صص ۲۱-۳۴.
- نیچه، فردریش؛ گادامر، هانس گئورگ؛ ریکور، پل؛ ۱۳۷۹. *هرمنوتیک مدرن: گزینه جستارها*. ترجمه بابک احمدی. تهران: مه‌اجر و محمد نبوی. تهران: انتشارات مرکز.

- Ayala, I. A., 2002, Geomorphology, Natural Hazards, Vulnerability and Prevention of Natural Disasters in Developing Countries, *Geomorphology*, No. 47, PP. 107-124.
- Bathrellos, G.D., 2007, An Overview in Urban Geology and Urban Geomorphology, *Bulletin of the Geological Society of Greece vol 2007 Proceedings of the 11th International Congress*, May 2007, Athens. .
- Frydrychova K, B. Semradova, I., 2012. Hermeneutic Approach and Virtual Study Environment, *Procedia Technology* 1, doi: 10.1016/j.protcy.2012.02.034, pp183 – 186.
- Isidori, E., 2015. Education as Synesis: A Hermeneutical Contribution to the Pedagogical Theory of Educational Practice, *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 197, pp, 531 – 536.
- Kaplanztzis, N., 2015. Paul Ricoeur, Visual Hermeneutics and Political Science: an Incompatible Relation, Department of Media and Communication, Vol 1, Issue 1: *New Directions in Media Research* 2015.
- Kecmanovic, C, D. Boell S, K., 2014. A Hermeneutic Approach for Conducting Literature Reviews and Literature Searches, *Communications of the Association for Information Systems*, Volume 34, Article 12, pp. 257-286.
- Mónica, M., Tomás, G., Silvia, A. D., 2009, An ANP Approach to Assess the Sustainability of Tourist Strategies for the Coastal NP of Venezuela, *Technological and Economic Development of Economy*, Vol. 16, No. 4, PP. 672-689.
- Roering, J.J., Kirchner, J.W., Dietrich, W.E., 2005. Characterizing Structural and Lithologic Controls on Deep-seated Landsliding: Implications for Topographic Relief and Landscape

- Evolution in the Oregon Coast Range, *Geological Society of America Bulletin*, No.117, PP. 654-668.
- Sakar, S. Kanungo, P. Mehrotra, G.S., 1995. Landslide Zonation: a Case Study in Garhwal Himalaya. India, *Mountain Research and Development*, No. 5, PP. 301-311.
- Sheeba, Kh. Mohd, N. F., 2007. An Analytic Network Process Model for Municipal Solid Waste Disposal Options, *Waste Management*, Vol 28, No, PP.1500–1508.
- Tuzkaya, G., Tuzkaya, U. R., Lsun, B. G., 2008, An Analytic Network Process Approach for Locating Undesirable Facilities: An Example from Istanbul, Turkey, *Journal of Environmental Management*, No.88, PP. 970-983.

تجزیه و تحلیل روش‌های برآورد ارتفاع برف مرز دائمی یخچال‌های کواترنری در ایران

غلام حسن جعفری^۱ - دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

نسرین حضرتی - کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

تاریخ تصویب: ۱۳۹۷/۴/۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۰

چکیده

تغییرات اقلیمی کواترنری موجب جابه‌جایی ارتفاع برف مرز در نواحی کوهستانی ایران شده است. با توجه به گسترده‌گی ایران در عرض‌های جغرافیایی مختلف و امتداد متنوع ناهمواری‌های آن، بررسی تغییرات این ارتفاع به صورت یک واحد امکان‌پذیر نیست. بر این اساس در حوضه‌های آبریز درجه ۲ ایران به تفکیک، آثار یخچال‌های کواترنری شناسایی شد. ارتفاع برف مرز به روش‌های رایت، ارتفاع کف سیرک پورتر، نسبت پنجه به دیواره رایت و پورتر و نسبت‌های ارتفاعی برآورد گردید. نتایج حاکی از آن است که ارتفاع برف مرز برآورد شده با روش رایت در بسیاری از حوضه‌های آبریز با روش‌های دیگر همخوانی ندارد. از اعمال این روش در برآورد ارتفاع برف مرز دائمی در چنین حوضه‌های آبریزی صرف‌نظر شد. در مجموع از ۲۱ حوضه آبریز دارای آثار سیرک یخچالی کواترنری، ارتفاع برف مرز ۹ حوضه آبریز با روش نسبت‌های ارتفاعی، ۶ حوضه آبریز با روش ارتفاع کف سیرک پورتر، ۵ حوضه آبریز با روش نسبت پنجه به دیواره رایت و ۱ حوضه آبریز با روش نسبت پنجه به دیواره پورتر همخوانی بیشتری دارد. بالاترین ارتفاع برف مرز کواترنری برآورد شده، در حوضه آبریز کویر درانجیر در واحد ژئومورفیک ایران مرکزی ۳۰۹۸ متر و پایین‌ترین آن در حوضه آبریز تالش-مرداب انزلی در واحد ژئومورفیک شمال ۲۰۳۳ متر است. اختلاف ارتفاع برف مرز دائمی کواترنری ناهمواری‌های ایران، ۱۰۶۵ متر بوده است. این ارتفاع بین ۲۰۳۰ تا ۳۱۰۰ متر متغیر بوده است. در بین واحدهای ژئومورفیک بالاترین ارتفاع برف مرز کواترنری متعلق به ایران مرکزی (۲۸۵۳ متر) و پایین‌ترین آن در واحد ژئومورفیک شمال شرق (۲۴۲۴ متر) بوده است.

کلیدواژه‌ها: کواترنری، ایران، برف مرز، جهت، سیرک، رایت، پورتر.

۱- مقدمه

بررسی فرآیندهای شکل‌زا با منشأ درونی و بیرونی دوره کواترنری بسیار اهمیت دارد (یمانی، ۱۳۸۶). تغییرات اقلیمی در کواترنری منجر به پیدایش دوره‌های یخچالی و بین یخچالی گردیده است (یمانی، ۱۳۸۱). ازجمله موارد اساسی در مطالعات یخچال‌شناسی خط برف مرز و خط تعادل آب‌ویخ است (رامشت، ۱۳۹۰). برف مرز از نظر پورتر^۱، خطی است که در آن گسترش یخچال به‌وسیله انباشت بر ذوب یخ طی عمل برداشت برتری دارد (ابطحی، ۱۳۹۲). در ارتباط با ارتفاع برف مرز دائمی هم به‌صورت محلی و هم به‌صورت ملی تحقیقات زیادی انجام شده است؛ در سطح ملی می‌توان به این موارد اشاره کرد؛ ایوانز^۲ (۲۰۰۶) در ولز، سربکایا^۳ (۲۰۱۱) در ترکیه، میندرا اسکو^۴ (۲۰۱۳) در رومانی، هنریکس^۵ (۲۰۱۵) در اتیوپی، جعفری (۱۳۸۸) و معیری و همکاران (۲۰۱۱) و همچنین جعفری (۱۳۹۳) در ایران. یکی از مسائل بحث‌برانگیز در این مورد تفاوت ارتفاع برف مرز دائمی در عرض‌های جغرافیایی و جهات مختلف جغرافیایی ایران است. چراکه تنوع در امتداد ناهمواری‌ها باعث می‌شود که تغییر جهت شیب دامنه‌های کوهستانی اثرات متفاوتی بر ارتفاع برف مرز کواترنری گذاشته باشد و نتوان به‌صورت کلی در مورد آن اظهارنظر نمود. این پژوهش با شناسایی سیرک‌های یخچالی در واحدهای ژئومورفیک و حوضه‌های آبریز درجه ۲ ایران، به تجزیه و تحلیل ارتفاع برف مرز دائمی کواترنری با روش‌های متفاوت پرداخته است.

حوضه آبریز به مساحتی از زمین است که اطراف آن را ارتفاعات در برگرفته و رواناب حاصل از بارندگی روی این سطح، در گودترین نقطه تمرکز پیدا کرده است و از نقطه‌ای که پایین‌ترین ارتفاع را دارد از حوضه خارج می‌گردد (امین‌علیزاده، ۱۳۹۰: ۴۷۶). بر اساس معیار فضایی، واحد ژئومورفیک، بزرگ‌ترین سطحی در نظر گرفته شد که اشکال موجود در آن از همگونی و تجانس نسبی برخوردار بوده و با فضای مجاور خود قابل تفکیک هست. در صورت ثابت بودن متغیرهای جغرافیایی، اشکال حاصل از سنگ‌های یکنواخت تا حدودی می‌تواند همسان باشند و نتایج آن را در درجه اول، ساختمان زمین و جنس سنگ تعیین کرده است (علایی طالقانی، ۱۳۹۱: ۷۲).

عده زیادی از محققین در جهان به مطالعه یخچال و حاکمیت سیستم یخچالی پرداخته‌اند (جدول ۱). گرچه نمی‌توان زمان دقیق آغاز تحقیق و جستجوی انسان برای شناخت یخچال‌ها را تعیین کرد، اما در متون قدیم ایران زمین، اشارات عمیقی به این موضوع شده است؛ ازجمله آن: تفسیر شیخ‌الرئیس ابوریحان بیرونی درباره سنگواره‌ها و بازشناسی موارد اقلیمی دوره‌های سرد و گرم است (رامشت، ۱۳۸۳). سابقه بررسی و ارائه نظریات قطعی در مورد یخچال‌های

1 Porter

2 Evans

3 Sarikaya

4 Mindrescu

5 Hendrickx

ایران، شاید به کمتر از ۸۰ سال اخیر برمی‌گردد (یمانی، ۱۳۸۸). محققین خارجی و ایرانی متعددی به مطالعه حاکمیت سیستم یخچال‌های کواترنری ایران، پرداخته‌اند (جدول ۲).

جدول ۱- محققین فعال در زمینه مطالعات یخچالی با ژئومورفولوژی یخچالی در جهان

نام محقق	سال تحقیق	منطقه مورد مطالعه	نتیجه تحقیق	نام محقق	سال تحقیق	منطقه مورد مطالعه	نتیجه تحقیق
اسمارک و شاریانیه	۱۸۲۱	اسکاندیناوی و نروژ	وسیع تر بودن یخچال‌ها در گذشته نسبت به امروز	ایوانز	۲۰۰۶	ولز	آلی متری سیرک‌های منطقه ولز
ونتز	۱۸۲۴	سوئیس	وسیع تر بودن یخچال‌های سوئیس	بوچرویتز	۲۰۰۶	-	شناخت یخچال‌ها به عنوان شاخص آب و هوایی و معلول تغییرات اقلیمی و محیطی
آگاسیز و لوئیس	۱۸۴۰	-	پایه‌گذاری یخچال شناسی دیرینه	کریس	۲۰۰۶	قفقاز	عقب‌نشینی یخچال‌های قفقاز
فوریس	-	اسکاتلند	حرکت یخچال‌ها با توجه به تغییر شکل ویسکوزیته	نایپراسکی	۲۰۰۷	-	بررسی لند فرم‌های یخچالی با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی
پنک و بروخنر	۱۹۰۱-۱۹۰۸	-	گزارش تناوب دوره‌های یخچالی و بین یخچالی و ۴ دوره یخچالی	سریکایا	۲۰۰۹	ترکیه	مطالعه یخبندان‌های کواترنری و اقلیم گذشته
ایرل	۱۹۳۰	آلپ	مشخص کردن دو دوره سرد قدیمی دیگر	سریکایا	۲۰۱۱	ترکیه	مطالعه زمین‌شناسی یخچال‌های ترکیه و بازسازی محیط گذشته
میلانکوویچ	۱۹۵۰	-	بررسی آثار یخچالی و فرم ارضی رودخانه	میندراسکو	۲۰۱۳	رومانی	بررسی توسعه سیرک‌ها و بررسی تشابه آن با سیرک‌های منطقه ولز
کرک براید	۱۹۹۷	نیوزلند	کشف یخچال کوهستانی	خیانگ	۲۰۱۳	شمال غرب تبت	بررسی اقلیم و آثار یخچال‌های گذشته
کورتر و سانگور	۱۹۸۰	ترکیه	مطالعه یخبندان‌های ترکیه	دلماز	۲۰۱۴	کوه‌های آلپ	آلومتری سیرک‌ها و تجزیه و تحلیل نتایج آن
اسپوتیلا	۲۰۰۴	آلاسکا	کشف یخچال کوهستانی	سالچر	۲۰۱۴	-	شکل‌گیری اشکال یخچالی با توجه به عقب‌نشینی یخچال‌ها و ارتباط آن با فرسایش رودخانه‌ای

نام محقق	سال تحقیق	منطقه مورد مطالعه	نتیجه تحقیق	نام محقق	سال تحقیق	منطقه مورد مطالعه	نتیجه تحقیق
اوسکاین	۲۰۰۵	قزاقستان	کشف یخچال کوهستانی	بار و اسپاگنولو	۲۰۱۵	-	مورفومتری سیرک‌ها از طریق فراوانی توزیع سیرک و ارتفاع آن‌ها
میشل	۲۰۰۶	آمریکا	کشف یخچال کوهستانی	هنریکس	۲۰۱۵	ایتیوی	بررسی یخچال‌ها و ژئومورفولوژی مناطق مجاور یخچالی و اقلیم گذشته

جدول ۲- نام محققین خارجی و ایرانی فعال در زمینه مطالعات یخچالی با ژئومورفولوژی یخچالی در ایران

نام محقق	سال تحقیق	منطقه مورد مطالعه	نتیجه تحقیق
دومورگان	۱۹۸۰	اشترانکوه و قلیان کوه	مطالعه سیرک‌های یخچالی قدیمی
استهل	۱۹۱۲	ایران	تهیه نخستین مجموعه زمین‌شناسی و اظهار بی‌اطلاعی درباره یخبندان کوتاه‌تر
برادران مولر	۱۹۳۲	ایران	مطالعه یخچال علم کوه
نیر مایر	۱۹۳۳	ایران	وجود نشانه‌هایی از فعالیت یخچال‌ها در مناطق کوهستانی
هانس بویک	۱۹۳۳	رشته‌کوه البرز و ارتفاعات کردستان	بررسی آثار یخبندان در دوره کوتاه‌تر و شناسایی یخچال‌های دوره سرد
دزیو	۱۹۳۴	زرد کوه بختیاری	مطالعه یخچال‌های گذشته
بوسک	۱۹۳۴	تخت سلیمان	نقشه‌برداری از ارتفاعات و یخچال‌های منطقه علم کوه
اهلرز	۱۹۶۰	ایران	پایین بودن ارتفاع برف مرز در گذشته
رایت	۱۹۶۲	مرز ایران و عراق	شناسایی سیرک‌های متعدد
شوایتزر	۱۹۷۰	کوه سبلان	شناسایی ۷ یخچال و چند طبقه برف دائمی
هاگه درن	۱۹۷۴	شیرکوه یزد	برآورد ارتفاع ۴۲۰۰ متری به‌عنوان ارتفاع برف مرز
کهل	۱۹۷۶	کوه جوپار کرمان	شناسایی آثار یخبندان کوتاه‌تری در دوره‌های ریس و وورم
کریستف پروی	۱۹۸۰	زرد کوه بختیاری	مشخص کردن حد پایین زبانه یخچالی
ژان درش	۱۹۸۲	علم کوه و تخت سلیمان	مطالعه یخچال
پدرامی	۱۹۸۲	مریوان و تهران	بررسی آثار یخچالی و فرسایش یخچالی
طاحونی	۱۳۸۳	ارتفاعات تالش	شناسایی دو سیستم فرسایش یخچالی و مجاور یخچالی کوتاه‌تری
یمانی و زمانی	۱۳۸۶	زرد کوه	شناسایی یخچال زرد کوه به‌عنوان وسیع‌ترین یخچال زاگرس
موسوی	۱۳۸۶	ایران	تقسیم‌بندی یخچال‌های ایران از نظر زمین‌شناسی
موسوی و همکاران	۱۳۸۷	زرد کوه	شناسایی ۵ منطقه یخچالی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای
جعفری	۱۳۸۸	ایران	تأثیر جهت شیب سطوح ارضی بر ارتفاع خط تعادل آب و یخ
قهرودی	۱۳۹۰	حوضه آبریز رود هراز	مطالعه برف مرز رد دوره یخچالی و بین یخچالی

نام محقق	سال تحقیق	منطقه مورد مطالعه	نتیجه تحقیق
سرور و مجتهدی	۱۳۹۰	البرز مرکزی (خشچال)	شکل‌گیری یخچال توسط سه عامل زمین‌ساخت، ریخت‌شناسی و تغییرات آب و هوایی
قهرودی و حسینی	۱۳۹۱	کوه (قندیل) مرز ایران و عراق	مطالعه یخچال و برآورد ارتفاع برف مرز در آخرین دوره یخچالی
پاریزی و همکاران	۱۳۹۲	تنگ‌تویه سیرجان	مطالعه شواهد یخچال‌های کواترنر پایانی
سیف و ابراهیمی	۱۳۹۳	زرد کوه	مورفومتری سیرک‌های یخچالی
جعفری‌گلو	۱۳۹۳	کوهستان بیدخوان کرمان	بررسی آثار یخچالی
شمسی‌پور و همکاران	۱۳۹۴	ارتفاعات قلاجه (زاگرس چین‌خورده)	اثبات حاکمیت قلمروهای یخچالی و مجاور یخچالی
سیف و همکاران	۱۳۹۴	زرد کوه	بازسازی برف مرز پلیستوسن
شورستانی و همکاران	۱۳۹۵	ارتفاعات شمال شرق ایران (کوه بینالود)	بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی یخچالی کواترنری
خوش‌رفتار و همکاران	۱۳۹۵	کوه شاه البرز (البرز غربی)	بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌های کوهستانی
قهرودی و همکاران	۱۳۹۶	مرز ایران، ترکیه و عراق	شناسایی شواهد یخچالی در کوهستان‌های رندوله و بابوله
احمدآبادی و همکاران	۱۳۹۷	زردکوه	شناسایی سیرک‌های یخچالی با تأکید بر شواهد ژئومورفومتری
بهشتی جاوید و اسفندیاری	۱۳۹۷	کوه سبلان	شناسایی لندفرم‌های یخچالی کوه سبلان با استفاده از روش‌های گرا

۲- منطقه مورد مطالعه

کشور ایران با وسعت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع، مابین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی واقع شده است. محدوده سیاسی ایران به ۶ واحد ژئومورفیکی (واحد زاگرس، واحد شمالی، واحد ایران مرکزی، واحد شرق، واحد شمال شرق و واحد شمال غرب) تقسیم شده است (طالقانی، ۱۳۹۱: ۲۱). کشور ایران به ۶ حوضه آبریز درجه ۱ و ۳۰ حوضه آبریز درجه ۲ تقسیم می‌شود (سالنامه آماری ایران، ۱۳۹۰). از ۳۰ حوضه آبریز درجه ۲، در ۲۱ زیرحوضه آثار سیرک‌های یخچالی کواترنری (۶ واحد ژئومورفیک) شناسایی شد (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت مکانی حوضه‌های آبریز و واحدهای ژئومورفیک ایران

۳- مواد و روش‌ها

بررسی ارتفاع برف مرز ایران، به صورت یک واحد پیوسته خالی از اشکال نیست، چراکه این کشور در ۱۵ درجه عرض جغرافیایی و ۱۹ درجه طول جغرافیایی گسترش دارد. علاوه بر آن امتداد ناهمواری‌ها در طول جغرافیایی (شمال آذربایجان شرقی، البرز، شمال خراسان) یا در عرض جغرافیایی (زاگرس، رشته کوه‌های ایران مرکزی، تالش)، گاهی چنان زیاد است که بررسی آن‌ها را به صورت واحدهای ژئومورفیک نیز با مشکل مواجه می‌نماید. بر این اساس، ابتدا تصمیم بر آن شد که ارتفاع برف مرز در ۶ حوضه آبریز درجه یک ایران برآورد گردد، ولی از این نظر نیز گسترش طولی حوضه آبریز خزر یا طولی و عرضی حوضه آبریز ایران مرکزی، خلیج فارس و دریای عمان مانع از ارائه عدد واحدی برای ارتفاع برف مرز در هر حوضه آبریز شد؛ در نتیجه ارتفاع برف مرز در ۳۰ حوضه آبریز درجه ۲ برآورد گردید. به این منظور ابتدا DEM با رزولوشن ۳۰*۳۰ متر ایران از سایت USGS تهیه و در نرم افزار ARC GIS مرج گردید و برای هر حوضه DEM مربوطه برش زده شد. نقشه‌های مرج شده توپوگرافی ایران به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ نیز برای هر حوضه استخراج گردید. بر اساس اسناد موجود در نقشه‌های توپوگرافی، خطوط تراز ۲۰ متری و انعکاس لندفرم‌ها در تصاویر ماهواره‌ای SRTM & Google Earth، سیرک‌های هر حوضه شناسایی شد. در قدم بعد، با توجه به روش نسبت پنجه به دیواره، داده‌های آن دسته از سیرک‌های شناسایی شده که نیمرخ طولی مقعر نداشتند از داده‌های جمع‌آوری شده حذف شد. بر این اساس از ۳۰ حوضه آبریز درجه ۲ ایران، ۲۱ حوضه، به احتمال قوی در

دوره‌های سرد کواترنری تحت تأثیر فرایند یخچالی قرار داشته‌اند. ارتفاع برف مرز به روش‌های رایت، ارتفاع کف سیرک پورتر محاسبه شد. جهت کلی سیرک‌های شناسایی شده با توجه به امتداد ناهمواری‌ها مشخص گردید؛ به عنوان مثال اگر خط الرأس امتدادی شمال غرب - جنوب شرق داشت (زاگرس) جهت سیرک شمال شرقی یا جنوب غربی در نظر گرفته شد، یا امتداد شمالی - جنوبی تالش باعث شکل‌گیری سیرک‌ها در دامنه‌های شرقی یا غربی می‌شود. علاوه بر آن با توجه به نقشه‌های جهت شیب و گرفتن نمونه از نقاط سیرکی، جهت محل سیرک برآورد شد. جهات جغرافیایی سیرک‌ها در ۸ جهت اصلی و فرعی طبقه‌بندی گردید. در اینجا شرح مختصری از روش‌های برآورد ارتفاع برف مرز ارائه می‌شود.

روش رایت

در روش رایت با تعیین مکان سیرک‌ها و گذراندن خط ۶۰ درصد از آن، برف مرز دائمی تعیین می‌شود (جعفریگلو، ۱۳۹۳). در این روش بر روی سیرک‌های شناسایی شده، رابطه (۱) اعمال شد.

$$X = (H_{\max} - H_{\min}) / 100 * 60 \quad R = H_{\min} + X \quad \text{رابطه (۱)}$$

که X تفاوت ارتفاع برف مرز دائمی از ارتفاع پایین‌ترین سیرک شناسایی شده، $H_{\max}$ بالاترین ارتفاع سیرک، $H_{\min}$ پایین‌ترین ارتفاع سیرک و R ارتفاع برف مرز است (قهرودی، ۱۳۹۵).

روش پورتر

از نظر پورتر (۲۰۰۱) یخچال زمانی سیرک را پر می‌کند که خط برف مرز خیلی بالاتر از میانگین ارتفاع کف سیرک نباشد، این روش برای به دست آوردن ارتفاع خط تعادل‌های گذشته است (رابطه ۲).

$$Mo = L + h * \frac{d1}{d1 + d2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

که Mo ارتفاع کف سیرک، L حد پایین طبقه نمادار، $d1$ تفاضل فراوانی طبقه ماقبل طبقه نمادار از فراوانی طبقه نمادار، $d2$ تفاضل فراوانی طبقه مابعد طبقه نمادار از فراوانی طبقه نمادار و h اختلاف ارتفاع طبقه نمادار است (سیف، ۱۳۹۴).

ارتفاع برف مرز به روش نسبت‌های ارتفاعی

در روش ارتفاع کف سیرک، نیم‌رخ طولی سیرک در دو شکل مختلف ترسیم گردید: یکی پروفیل طولی از بالاترین ستیغ حوضه تا نقطه خروجی سیرک و دیگری پروفیلی از بالاترین ستیغ حوضه تا اولین مورن‌های میانی باقی‌مانده در محیط (محل تلاقی دوزبانه یخچالی). در این دو پروفیل، ارتفاع حداکثر و حداقل پروفیل و ارتفاع کف سیرک برآورد گردید. در ترسیم پروفیل‌ها نهایت دقت شد که پروفیل مای از کف سیرک عبور کنند و حالت تقعر را بتواند نشان دهد.

در این روش، از راه میانگین محدوده ارتفاعی پایانه زبانه یخچالی و بلندترین ستیغ حوضه یا منطقه موردنظر، ارتفاع برف مرز مشخص می‌شود (رابطه ۳).

$$AR = \frac{Ah + At}{2} \quad \text{رابطه (۳)}$$

که AR ارتفاع برف مرز، Ah بالاترین ارتفاع سیرک و At پایین‌ترین ارتفاع سیرک است (شریفی، ۱۳۹۴).

روش نسبت پنجه به دیواره

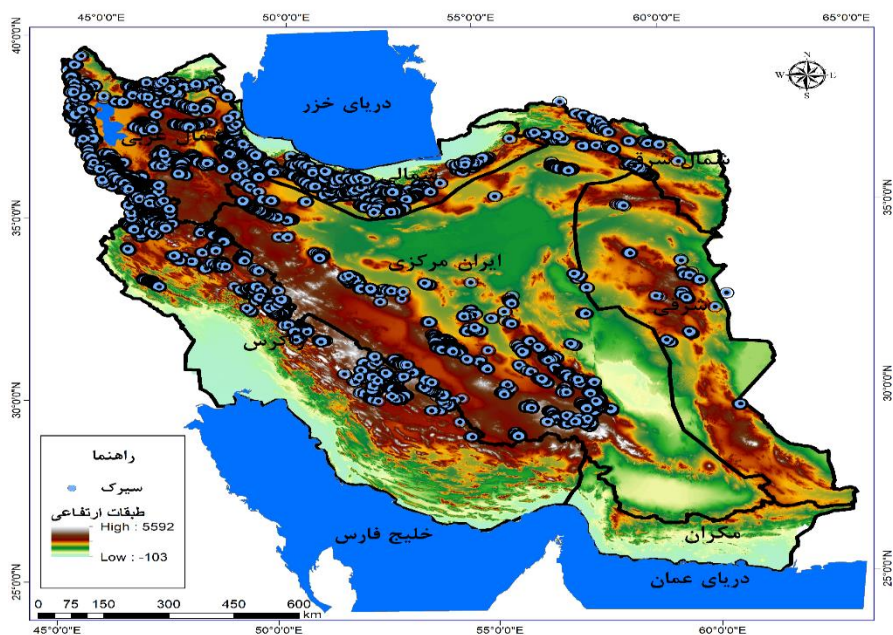
با استفاده از روش نسبت پنجه به دیواره ارتفاع خط تعادل (ELA) و نسبت THAR به دست می‌آید. با روش THAR بهترین نتیجه برای یخچال‌های کوچک و متقارن با توزیع نرمال پهنه‌ها و ارتفاعات به دست می‌آید. نسبت THAR بین ۰ تا ۱ است. برای شناسایی سیرک‌ها نیز از این روش استفاده می‌شود و اگر نسبت THAR کمتر از ۰,۴۶ یا بزرگ‌تر از ۰,۸۶ باشد، شکل شناسایی شده، سیرک محسوب نمی‌شود (رابطه ۴) (یمانی و مقیمی، ۱۳۹۲).

$$THAR = (ELA - AT) / (AH - AT) \quad \text{رابطه (۴)}$$

که ELA ارتفاع خط تعادل، AH بیش‌ترین ارتفاع، AT کمترین ارتفاع است.

۴- بحث و نتایج

سیرک‌های یخچالی، لندفرم‌هایی به شکل مقعر هستند که در یخچال‌های کوهستانی شکل گرفته‌اند (اوانز، ۲۰۰۶). با توجه به فرم و ارتفاع خطوط منحنی میزان، وضعیت آبراهه‌ها و ارتفاع قله‌های مسلط به سیرک، ۱۱۶۴۱ سیرک در ایران شناسایی شد (شکل ۲). در بسیاری از حوضه‌های واحدهای ژئومورفیک جهت شیب سطوح ارضی در تعداد سیرک‌ها اثر گذاشته است؛ به‌طوری‌که در کل ایران بیش از ۶۰ درصد سیرک‌ها در دامنه‌هایی شکل گرفته‌اند که شیب سطوح ارضی آن‌ها متمایل به شمال هست. این گونه دامنه‌ها با توجه به تمایل بیشتر زاویه خورشیدی، دامنه‌های نثار شناخته شده‌اند (جدول ۶). بعد از شناسایی سیرک‌ها، به روش‌های ذکر شده، ارتفاع برف مرز برآورد گردید.



شکل ۲- موقعیت مکانی سیرک‌های شناسایی شده در ایران

جدول ۶- فراوانی سیرک در جهات مختلف جغرافیایی در واحدهای ژئومورفیک

واحد ژئومورفیک	فراوانی کل	جهت	فراوانی در جهت	درصد فراوانی در جهت
ایران مرکزی	۲۶۱۵	شمال	۲۷۰	۱۰
		جنوب	۱۶۶	۶
		شمال شرق	۱۲۸۶	۴۹
		جنوب غرب	۸۹۳	۳۴
شمال	۱۹۴۸	شرق	۵۳	۳
		شمال	۱۱۷۶	۶۰
		جنوب	۷۱۹	۳۷
زاگرس	۱۵۰۶	شمال شرق	۹۲۲	۶۱
		جنوب غرب	۵۸۴	۳۹
شمال غرب	۲۷۲۰	شمال	۶۳۳	۲۳
		جنوب	۹۹	۴
		شمال شرق	۲۸۶	۱۰
شمال شرق	۱۱۲	شمال	۲۹	۲۴
		جنوب	۵۱	۴۲
		شمال شرق	۲۶	۲۱
		جنوب غرب	۱۶	۱۳

واحد ژئومورفیک	فراوانی کل	جهت	فراوانی در جهت	درصد فراوانی در جهت
شرق	۱۶	شمال شرق	۱۰	۶۲/۵
		جنوب غرب	۶	۳۷/۵

ارتفاع برف مرز به روش رایت در جهات مختلف ناهمواری

بعد از شناسایی آثار سیرکی به کمک نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای و پس از تفکیک سیرک‌ها در هشت جهت اصلی (شمال، جنوب، شرق، غرب) و فرعی (شمال شرق، جنوب غرب، شمال غرب، جنوب شرق) در حوضه‌های آبریز طبق رابطه (۱) ارتفاع برف مرز برآورد گردید. مقایسه تفاوت ارتفاع برف مرز در جهت‌های مختلف به روش رایت حاکی از آن است که بیشترین تفاوت در حوضه‌های دریاچه نمک (۴۴۹ متر) و ارس (۴۴۰ متر) برآورد شده است. کمترین تفاوت ارتفاع در حوضه‌های آبریز هراز- قره‌سو (۵۵۱- متر) و کویر درانجیر (۳۵۰- متر) بوده است و در ۳ حوضه آبریز هیچ‌گونه تفاوتی در ارتفاع برف مرز در جهات مختلف وجود نداشته است. عدم تفاوت ارتفاع برف مرز در حوضه‌های آبریز حاکی از آن است که نحوه پراکندگی ناهمواری‌ها به‌گونه‌ای است که جهت کمترین اثر را بر ارتفاع برف مرز گذاشته است. هرچه جهت اثر بیشتری بر ارتفاع برف مرز داشته باشد، تفاوت ارتفاع برف مرز نیز بیشتر برآورد می‌گردد. چنان‌چه در واحدهای ژئومورفیک شمال غرب (۲۸۳ متر)، ایران مرکزی (۲۳۱ متر) بیش‌ترین تأثیر جهت ناهمواری‌ها در ارتفاع برف مرز دیده می‌شود و واحد ژئومورفیک زاگرس کمترین اثر را از تغییر جهت ناهمواری‌ها پذیرفته‌اند (جدول ۷).

جدول ۷- ارتفاع برف مرز به روش رایت (رابطه ۲) در جهات مختلف ناهمواری‌ها

Δh	$X=(H_{max}-H_{min})/100*60$ $R=H_{min}+X$								حوضه آبریز	واحد ژئومورفیک
	SE	NW	W	E	SW	NE	S	N		
۲۰۴	-	-	-	-	۳۱۰۸	۲۹۰۴	-	-	گاوخونی	ایران مرکزی
۸۲	-	-	-	-	۳۵۳۰	۳۴۴۸	-	-	کویر لوت	
-۳۵۰	-	-	-	-	-	-	۳۰۹۹	۳۴۴۹	کویر درانجیر	
۱۶۵	-	-	-	-	۳۰۵۶	۲۸۹۱	-	-	کویر سیاه کوه	
۲۴۰	-	-	-	-	۳۱۶۷	۲۹۲۷	-	-	ابرقو- سیرجان	
۴۴۹	-	-	-	-	۳۳۳۶	۲۸۳۷	-	-	دریاچه نمک	
۰	-	-	-	۲۲۰۲	-	-	-	-	تالش-مرداب انزلی	شمال
-۳۴۸	-	-	-	-	-	-	۳۰۸۰	۳۴۲۸	سفیدرود-هراز	
-۵۵۱	-	-	-	-	-	-	۲۷۱۰	۳۲۶۱	هراز- قره‌سو	
۰	-	-	-	-	-	-	-	۲۵۷۲	قره‌سو-گرگان رود	
-۱۷	-	-	-	-	-	-	۲۸۰۲	۲۸۱۹	کویر مرکزی	

Δh	$X=(H_{max}-H_{min})/100 \times 60$ $R=H_{min}+X$								حوضه آبریز	واحد ژئومورفیک
	SE	NW	W	E	SW	NE	S	N		
۷۰	-	-	-	-	۲۸۷۹	۲۸۰۹	-	-	کرخه	زاگرس
-۲۸۲	-	-	-	-	۲۸۸۴	۳۱۶۶	-	-	کارون	
-۶۶	-	-	-	-	۲۴۱۴	۲۴۸۰	-	-	مرزی غرب	
۰	-	-	-	-	-	۲۹۸۴	-	-	بختگان-مهملو	
۴۴۰	-	-	-	۲۹۲۵	-	-	-	۲۴۸۵	ارس	شمال غرب
۲۸۰	-	-	-	۲۶۱۴	۳۱۲۷	۲۸۲۵	۲۸۷۲	-	سفیدرود	
۱۲۹/۵	-	-	۲۹۲۲	۲۶۳۷	-	-	۲۵۸۱	۲۶۰۷	دریاچه ارومیه	
۲۷۶	-	-	-	-	-	-	۲۴۸۴	۲۲۰۸	اترک	شمال شرق
-۵۰	-	-	-	-	۲۶۱۶	۲۶۶۶	-	-	قره‌قوم	
-۴۵	-	-	-	-	۲۵۲۰	۲۵۶۵	-	-	نمکزار خواف	شرق

ارتفاع برف مرز به روش ارتفاع کف سیرک پورتر

در این روش ابتدا سیرک‌ها از نظر ارتفاعی بافاصله ۱۰۰ متر طبقه‌بندی شد و فراوانی نسبی سیرک در هرکدام از طبقات مشخص گردید. ارتفاع برف مرز دائمی کواترنری در طبقه‌ای قرار دارد که سیرک‌ها بیشترین فراوانی را داشته باشد. با مشخص کردن طبقه نمادار، طبق رابطه (۳) عمل شد. مقایسه ارتفاع برف مرز برآورد شده به روش ارتفاع کف سیرک پورتر در جهات مختلف حاکی از آن است که حوضه‌های آبریز ارس (۷۶۱ متر)، سفیدرود (۶۰۲ متر) و کویر مرکزی (۳۵۰ متر) بیش‌ترین تفاوت را در جهات مختلف داشته‌اند. مقایسه واحدهای ژئومورفیک از این نظر حاکی از آن است که همانند روش رایت، واحد شمال غرب (۴۷۴ متر) بیش‌ترین تفاوت ارتفاع برف مرز در جهات مختلف داشته است (جدول ۸).

جدول ۸- ارتفاع برف مرز به روش ارتفاع کف سیرک در جهات مختلف ناهمواری‌ها

Δh	$Mo = L + \frac{d1}{d1+d2} \times h$								حوضه آبریز	واحد ژئومورفیک
	SE	NW	W	E	SW	NE	S	N		
۱۶	-	-	-	-	۲۷۶۶	۲۷۵۰	-	-	گاوخونی	ایران مرکزی
۲۶	-	-	-	-	۲۹۶۶	۲۹۴۰	-	-	کویر لوت	
-۱۲۵	-	-	-	-	-	-	۳۰۳۳	۳۱۵۸	کویر درانجیر	
۵۱۲	-	-	-	-	۳۰۶۲	۲۵۵۰	-	-	کویر سیاه کوه	
۱۱۸	-	-	-	-	۳۰۰۶	۲۸۸۸	-	-	ابرقو- سیرجان	
۳۳	-	-	-	-	۲۷۶۶	۲۷۳۳	-	-	دریاچه نمک	
۰	-	-	-	۱۹۶۴	-	-	-	-	تالش-مرداب انزلی	شمال

Δh	$Mo = L + \frac{d1}{d1+d2} \times h$								حوضه آبریز	واحد ژئومورفیک
	SE	NW	W	E	SW	NE	S	N		
۳۲۵	-	-	-	-	-	-	۳۱۵۰	۲۸۲۵	سفیدرود-هراز	
-۷	-	-	-	-	-	-	۲۹۵۷	۲۹۶۴	هراز-قرهسو	
۰	-	-	-	-	-	-	۰	۲۵۶۵	قرهسو-گرگان رود	
۳۵۰	-	-	-	-	-	-	۲۸۵۰	۲۵۰۰	کویر مرکزی	
-۶۸۷	-	-	-	-	۲۳۶۷	۳۰۵۴	-	-	کرخه	زاگرس
۳۰۲	-	-	-	-	۳۱۵۵	۲۸۵۳	-	-	کارون	
-۲۹۱	-	-	-	-	۲۱۴۲	۲۴۳۳	-	-	مرزی غرب	
۰	-	-	-	-	-	۲۹۱۶	-	-	بختگان-مهارلو	
۷۶۱	-	-	-	۲۸۳۴	-	-	-	۲۰۷۳	ارس	شمال غرب
۶۰۲	-	-	-	۲۶۱۶	۳۱۵۳	۲۱۵۳	۲۸۲۰	-	سفیدرود	
۲۶۳/۵	-	-	۳۰۵۵	۲۱۲۸	-	-	۲۴۵۰	۲۸۵۰	دریاچه ارومیه	
۲	-	-	-	-	-	-	۲۲۲۰	۲۲۱۸	اترک	شمال شرق
۱۴۰	-	-	-	-	۲۶۴۰	۲۵۰۰	-	-	قرهقوم	
-۲۲	-	-	-	-	۲۵۱۳	۲۵۳۵	-	-	نمکزار خواف	شرق

ارتفاع برف مرز به روش نسبت پنجه به دیواره

برآورد ارتفاع برف مرز به روش نسبت پنجه به دیواره در دو مرحله انجام شد.

مرحله اول

در این مرحله از اطلاعات پروفیل‌های تهیه‌شده در مرحله قبل، علاوه بر ارتفاع کف سیرک، ارتفاع پایین‌ترین و بالاترین قسمت پروفیل نیز استخراج گردید. پس از برداشت اطلاعات لازم، نسبت THAR برای هر کدام از سیرک‌ها محاسبه شد. به این صورت که ارتفاع پایین‌ترین قسمت پروفیل از ارتفاع کف سیرک کسر شد و عدد به‌دست‌آمده بر تفاوت بین حداقل ارتفاع و حداکثر ارتفاع پروفیل تقسیم شد. نسبت به‌دست‌آمده بین ۰ تا ۱ متغیر است. سیرک‌هایی که نسبت به‌دست‌آمده برای آن‌ها پایین‌تر از ۰/۴۶ و یا بالاتر از ۰/۸۶ است، سیرک محسوب نمی‌شوند و در برآورد ارتفاع برف مرز مدنظر قرار نمی‌گیرند (پورتر، ۲۰۰۱). پس از خارج کردن اطلاعات آن‌ها از جدول، ارتفاع برف مرز همانند روش رایت و روش ارتفاع کف سیرک پورتر (مد یا نما) برآورد شد. در واحد ژئومورفیک ایران مرکزی، اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت شمال-جنوب، ۳۲۶ متر و ۲۸۷ متر در جهت‌های شمال شرق-جنوب غرب، محاسبه شد. جهت شمال شرق-جنوب غرب در حوضه گاوخونی با ۵۹- متر و حوضه آبریز دریاچه نمک با ۴۸۳ متر کمترین و بیشترین اختلاف ارتفاع برف مرز را نشان دادند. در واحد ژئومورفیک شمالی، ارتفاع برف مرز در جهت‌های شمال-جنوب، ۲۵۲ متر تفاوت داشت. این تفاوت ارتفاعی در جهت‌های شرق - غرب این واحد و در

حوضه آبریز تالش-مرداب انزلی (شرق-غرب)، حوضه آبریز قره‌سو-گرگان رود (شمال-جنوب) صفر بود. در جهت شمال-جنوب حوضه آبریز هراز-قره‌سو ۹۷-متر و قسمت‌های شمالی حوضه آبریز کویر مرکزی ۵۶۷ متر کمترین و بیشترین اختلاف ارتفاع در برف مرز برآورد گردید. در واحد ژئومورفیک زاگرس، اختلاف ارتفاع برف مرز در بین سیرک‌های شناسایی شده در جهت‌های شمال شرق-جنوب غرب، ۹۱ متر محاسبه گردید. حوضه آبریز کارون با اختلاف ۴۳ متر و حوضه آبریز مرزی غرب ۳۱۸-متر کمترین اختلاف برف مرز را داشته‌اند. در واحد ژئومورفیک شمال غرب، اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت شمال شرق-جنوب غرب، ۲۷۳ متر و در جهت شمال-جنوب، ۲۸ متر برآورد گردید. جهت شمال-جنوب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه با ۲۸ متر و شمال شرق-جنوب غرب در حوضه آبریز سفیدرود با ۲۷۳ متر کمترین و بیشترین اختلاف ارتفاع برف مرز را به خود اختصاص داده‌اند. در واحد ژئومورفیک شمال شرق، اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت شمال-جنوب (حوضه آبریز اترک) ۱۵ متر و در جهت شمال شرق-جنوب غرب (حوضه آبریز قره‌قوم) ۲۶-متر برآورد گردید. در واحد ژئومورفیک شرق، اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت شمال شرق-جنوب غرب، ۶۹ متر بوده است (جدول ۹).

جدول ۹- ارتفاع برف مرز به روش نسبت پنجه به دیواره با اعمال روش رایت

Δh	THAR=(ELA-AT)/(AH-AT)								حوضه آبریز	واحد ژئومورفیک
	SE	NW	W	E	SW	NE	S	N		
-۵۹	-	-	-	-	۲۷۷۲	۲۸۳۱	-	-	گاوخونی	ایران مرکزی
۵۶۷	-	-	-	-	۳۰۸۰	۲۵۱۳	-	-	کویر لوت	
۳۲۶	-	-	-	-	-	-	۲۹۳۶	۳۲۶۱	کویر درانجیر	
۱۱۵	-	-	-	-	۲۸۶۵	۲۷۵۰	-	-	کویر سیاه کوه	
۳۸۴	-	-	-	-	۳۰۴۲	۲۶۵۸	-	-	ابرقو-سیرجان	
۴۸۳	-	-	-	-	۳۰۵۶	۲۵۷۳	-	-	دریاچه نمک	
۰	-	-	-	۲۰۱۸	-	-	-	-	تالش-مرداب انزلی	شمال
۲۸۶	-	-	-	-	-	-	۳۱۲۱	۲۸۳۵	سفیدرود-هراز	
-۹۷	-	-	-	-	-	-	۲۷۱۶	۲۸۱۳	هراز-قره‌سو	
۰	-	-	-	-	-	-	-	۲۴۹۱	قره‌سو-گرگان رود	
۵۶۷	-	-	-	-	-	-	۳۰۸۰	۲۵۱۳	کویر مرکزی	
۱۵۲	-	-	-	-	۲۵۷۷	۲۴۲۵	-	-	کرخه	زاگرس
۴۳	-	-	-	-	۲۹۱۳	۲۸۷۰	-	-	کارون	
-۳۱۸	-	-	-	-	۲۱۲۵	۲۴۴۳	-	-	مرزی غرب	
۰	-	-	-	-	-	۲۷۸۰	-	-	بختگان-مهارلو	
۵۹۶	-	-	-	۲۷۴۴	-	-	-	۲۱۴۸	ارس	شمال غرب
۹۹	-	-	-	۲۶۰۳	۲۵۶۷	۲۲۹۴	۲۵۲۸	-	سفیدرود	

Δh	THAR=(ELA-AT)/(AH-AT)								حوضه آبریز	واحد ژئومورفیک
	SE	NW	W	E	SW	NE	S	N		
۱۳۵	-	-	۲۶۵۰	۲۱۹۷	-	-	۲۴۷۲	۲۶۵۵	دریاچه ارومیه	
۱۵	-	-	-	-			۲۲۴۸	۲۲۳۳	اترک	شمال شرق
-۲۶	-	-	-	-	۲۵۰۴	۲۵۳۰	-	-	قره‌قوم	
۶۹	-	-	-	-	۲۴۷۵	۲۵۴۴	-	-	نمکزار خواف	شرق

مرحله دوم

تفاوت این مرحله با مرحله قبلی در این است که در این مرحله همانند روش ارتفاع کف سیرک پورتر ارتفاع برف مرز برآورد شده است. در واحد ژئومورفیک ایران مرکزی، اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت شمال-جنوب، ۳۶ متر و ۱۳۵ متر در جهت شمال شرق-جنوب غرب، برآورد گردید. جهت شمال شرق-جنوب غرب در حوضه آبریز کویر سیاه کوه با ۱۹- متر و حوضه آبریز دریاچه نمک با ۵۸۷ متر کمترین و بیشترین اختلاف ارتفاع برف مرز را نشان دادند. در واحد ژئومورفیک شمالی، اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت‌های شمال-جنوب، ۱۱۱ متر و در جهت شرق-غرب کل واحد و در حوضه آبریز تالش-مرداب انزلی (شرق-غرب)، حوضه آبریز قره‌سو-گرگان رود (شمال-جنوب) تفاوت ارتفاعی صفر است. در جهت شمال-جنوب در حوضه آبریز قره-سو گرگان رود با ۲۱۶- متر و قسمت‌های شمالی حوضه آبریز کویر مرکزی با ۳۸۴ متر کمترین و بیشترین اختلاف ارتفاع برف مرز برآورد گردید. در واحد ژئومورفیک زاگرس، اختلاف ارتفاع برف مرز در بین سیرک‌های شناسایی شده در جهت‌های شمال شرق-جنوب غرب، ۲۲۷- متر برآورد گردید. حوضه آبریز مرزی غرب با اختلاف ۲۷۶- متر و حوضه آبریز کرخه با اختلاف ۷۰۴- متر، کمترین اختلاف برف مرز را داشته‌اند. در واحد ژئومورفیک شمال غرب، بیشترین اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت شمال شرق-جنوب غرب، ۸۰۲ متر و کمترین اختلاف در جهت شمال-جنوب، ۱۸۶ متر برآورد گردید. در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، جهت شمال-جنوب با ۱۸۸ متر و جهت شرق-غرب با ۸۹۲ متر کمترین و بیشترین اختلاف ارتفاع برف مرز را به خود اختصاص دادند. در واحد ژئومورفیک شمال شرق، کمترین اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت‌های شمال-جنوب (حوضه آبریز قره‌قوم) ۱۰- متر و بیشترین اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت شمال شرق-جنوب غرب (حوضه آبریز اترک) ۴۶۰ متر برآورد گردید و در نهایت در واحد ژئومورفیک شرق، اختلاف ارتفاع برف مرز در بین سیرک‌های شناسایی شده در جهت شمال شرق-جنوب غرب، ۸۱- متر بوده است (جدول ۱۰).

جدول ۱۰- ارتفاع برف مرز به روش نسبت پنجه به دیواره با اعمال روش پورتر

Δh	THAR=(ELA-AT)/(AH-AT)								حوضه آبریز	واحد ژئومورفیک
	SE	NW	W	E	SW	NE	S	N		
۶۶	-	-	-	-	۲۸۶۶	۲۸۰۰	-	-	گاوخونی	ایران مرکزی
-۷۳	-	-	-	-	۲۹۳۳	۳۰۰۶	-	-	کویر لوت	
۳۶	-	-	-	-	-	-	۳۱۵۰	۳۱۱۴	کویر درانجیر	
-۱۹	-	-	-	-	۲۷۳۳	۲۷۵۴	-	-	کویر سیاه کوه	
۱۱۸	-	-	-	-	۳۰۸۰	۲۹۶۲	-	-	ایرقو- سیرجان	
۵۸۷	-	-	-	-	۳۰۳۷	۲۴۵۰	-	-	دریاچه نمک	
۰	-	-	-	۱۹۱۴	-	-	-	-	تالش-مرداب انزلی	شمال
۱۶۴	-	-	-	-	-	-	۳۱۲۱	۲۹۵۷	سفیدرود-هراز	
-۲۱۶	-	-	-	-	-	-	۲۵۵۰	۲۷۶۶	هراز- قره‌سو	
۰	-	-	-	-	-	-	۰	۲۴۹۱	قره‌سو-گرگان رود	
۳۸۴	-	-	-	-	-	-	۲۸۵۰	۲۴۶۶	کویر مرکزی	
-۷۰۴	-	-	-	-	۲۳۳۳	۳۰۳۷	-	-	کرخه	زاگرس
۳۰۰	-	-	-	-	۳۱۵۰	۲۸۵۰	-	-	کارون	
-۲۷۶	-	-	-	-	۲۱۶۶	۲۴۴۲	-	-	مرزی غرب	
۰	-	-	-	-	۰	۲۹۸۳	-	-	بختگان-مهارلو	
۷۴۲	-	-	-	۲۷۷۰	-	-	-	۲۰۲۸	ارس	شمال غرب
۲۴۳	-	-	-	۲۸۶۶	۳۱۴۴	۲۳۴۲	۲۵۵۰	-	سفیدرود	
۳۵۲	-	-	۳۰۴۲	۲۱۵۰	-	-	۲۶۶۲	۲۸۵۰	دریاچه ارومیه	
۴۶۰	-	-	-	-	-	-	۲۶۰۰	۲۲۶۰	اترک	شمال شرق
-۱۰	-	-	-	-	۲۶۵۰	۲۶۶۰	-	-	قره‌قوم	
-۸۱	-	-	-	-	۲۴۷۵	۲۵۵۶	-	-	نمکزار خواف	شرق

ارتفاع برف مرز به روش نسبت‌های ارتفاعی

در این مرحله پایین‌ترین ارتفاع با بالاترین ارتفاع پروفیل ترسیمی جمع و بر ۲ تقسیم گردید. برای به دست آوردن برف مرز از میانگین و مد استفاده شد. در واحد ژئومورفیک ایران مرکزی، کمترین اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت شمال-جنوب، ۲۸۰- متر و بیشترین اختلاف ارتفاع برف مرز ۶۵۷ متر در جهت‌های شمال شرق-جنوب غرب، محاسبه شد. جهت شمال شرق-جنوب غرب در حوضه گاوخونی با ۱۳۳- متر و حوضه آبریز دریاچه نمک با ۶۵۷ متر کمترین و بیشترین اختلاف ارتفاع برف مرز را نشان دادند. در واحد ژئومورفیک شمالی، ارتفاع برف مرز در جهت‌های شمال-جنوب، ۲۶۳ متر تفاوت داشت. در جهت شمال-جنوب در حوضه آبریز هراز-قره‌سو با ۱۲۵ متر و قسمت‌های شمالی حوضه آبریز کویر مرکزی با ۴۲۱ متر کمترین و بیشترین اختلاف ارتفاع در برف مرز برآورد

گردید. در واحد ژئومورفیک زاگرس، اختلاف ارتفاع برف مرز در بین سیرک‌های شناسایی شده در جهت‌های شمال شرق- جنوب غرب، ۳۹۳ متر محاسبه گردید. حوضه آبریز کارون با اختلاف ۴۲۵ متر و حوضه آبریز کرخه ۶۴۷ متر، در واحد زاگرس کمترین و بیشترین اختلاف برف مرز را داشته‌اند. در واحد ژئومورفیک شمال غرب، بیشترین اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت شمال شرق - جنوب غرب، ۸۹۹ متر و کمترین آن در جهت شمال - جنوب، ۲۰۰ متر برآورد گردید. جهت شمال - جنوب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه با ۱۵- متر و شمال شرق - جنوب غرب در حوضه آبریز ارس با ۷۰۷ متر کمترین و بیشترین اختلاف ارتفاع برف مرز را به خود اختصاص دادند. در واحد ژئومورفیک شمال شرق، کمترین اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت شمال- جنوب (حوضه آبریز اترک) ۲۳ متر و بیشترین اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت شمال شرق- جنوب غرب (حوضه آبریز قره‌قوم) ۶۳- متر برآورد گردید و در واحد ژئومورفیک شرق، در حوضه آبریز نمکزار خواف، اختلاف ارتفاع برف مرز در جهت شمال شرق- جنوب غرب، ۴۷- متر بوده است (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- ارتفاع برف مرز به روش نسبت‌های ارتفاعی

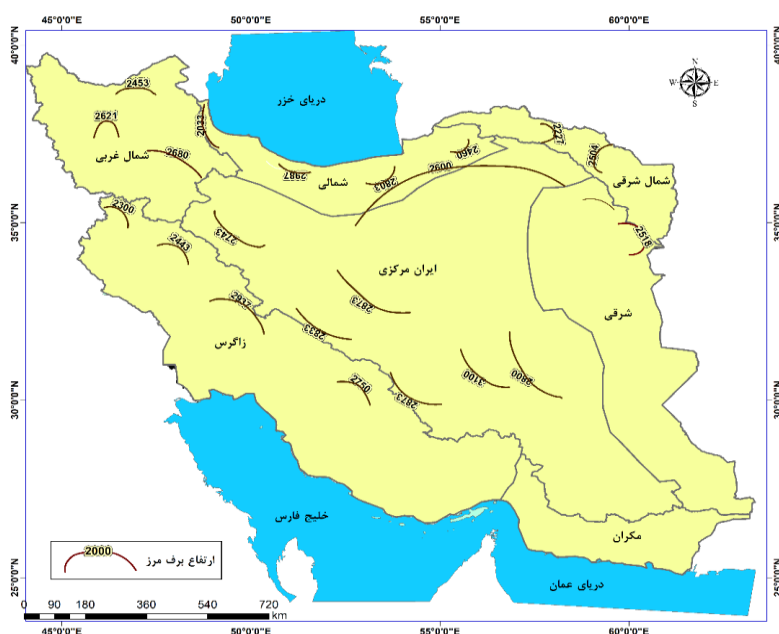
Δh	$R = (AH+AT)/2$								حوضه آبریز	واحد ژئومورفیک
	SE	NW	W	E	SW	NE	S	N		
۱۳۳	-	-	-	-	۲۷۴۳	۲۸۶۷	-	-	گاوخونی	ایران مرکزی
۲۶۶	-	-	-	-	۳۱۳۳	۲۸۶۷	-	-	کویر لوت	
۲۸۰	-	-	-	-	-	-	۲۸۵۰	۳۱۳۰	کویر درانجیر	
-۳۲۱	-	-	-	-	۲۷۵۰	۳۰۷۱	-	-	کویر سیاه کوه	
۲۱۳	-	-	-	-	۳۱۸۰	۲۹۶۷	-	-	ابرقو- سیرجان	
۶۵۷	-	-	-	-	۳۰۶۷	۲۴۱۰	-	-	دریاچه نمک	
۰	-	-	-	۲۰۳۳	-	-	-	-	تالش-مرداب انزلی	شمال
۲۴۳	-	-	-	-	-	-	۳۰۶۸	۲۸۲۵	سفیدرود-هراز	
۱۲۵	-	-	-	-	-	-	۲۸۵۷	۲۷۵۰	هراز- قره‌سو	
۰	-	-	-	-	-	-	۰	۲۴۶۰	قره‌سو-گرگان رود	
۴۲۱	-	-	-	-	-	-	۲۸۷۵	۲۴۵۴	کویر مرکزی	
۶۴۷	-	-	-	-	۲۷۶۷	۲۱۲۰	-	-	کرخه	زاگرس
۴۲۵	-	-	-	-	۳۱۵۰	۲۷۲۵	-	-	کارون	
۵۰۰	-	-	-	-	۲۵۵۰	۲۰۵۰	-	-	مرزی غرب	
۰	-	-	-	-	-	۲۷۵۰	-	-	بختگان-مهارلو	
۷۰۷	-	-	-	۲۷۴۳	-	-	-	۲۰۳۶	ارس	شمال غرب
۳۳۶	-	-	-	۲۴۷۶	۳۰۵۴	۲۱۵۵	۲۲۵۰	-	سفیدرود	
-۱۵	-	-	۲۴۲۰	۲۲۵۰	-	-	۲۵۸۰	۲۷۸۰	دریاچه ارومیه	

Δh	$R = (AH+AT)/2$								حوضه آبریز	واحد ژئومورفیک
	SE	NW	W	E	SW	NE	S	N		
۲۳	-	-	-	-	-	-	۲۲۸۹	۲۳۶۶	اترک	شمال شرق
-۶۲	-	-	-	-	۲۵۰۰	۲۵۶۲	-	-	قره‌قوم	
-۴۷	-	-	-	-	۲۵۰۹	۲۵۵۶	-	-	نمکزار خواف	شرق

تحلیل ارتفاع برف مرز به روش‌های مختلف در واحدهای ژئومورفیک

مقایسه ارتفاع برف مرز برآورد شده به روش‌های مختلف در واحدهای ژئومورفیک دال بر این است که روش رایت در واحدهای ژئومورفیک زاگرس، شمال، ایران مرکزی و شمال غرب با روش‌های ارتفاع کف سیرک پورتر، نسبت پنجه به دیواره (رایت و پورتر) و نسبت‌های ارتفاعی همخوانی ندارد و به‌طور متوسط ۲۰۰ متر بالاتر از آن‌ها برآورد شده است، در صورتی که در ارتفاع برف مرز برآورد شده واحدهای ژئومورفیک شرق و شمال شرق تفاوت چندانی با سایر روش‌ها ندارد. بر این اساس در واحدهای ژئومورفیکی که ارتفاع برآورد شده به روش رایت بیشتر از ارتفاع برآوردی در سایر روش‌ها بود، روش رایت در بررسی نهایی مدنظر قرار نگرفت. برای واحدهای ژئومورفیک شرق و شمال شرق در همه روش‌ها و برای سایر واحدها میانگین و انحراف معیار برآورد گردید. ارتفاعی که منطبق بر میانگین بود یا اختلاف کمتری از میانگین داشت، به‌عنوان روش برآورد ارتفاع برف مرز آن واحد ژئومورفیک معرفی گردید. نکته مهم دیگری که در انتخاب روش مناسب برای برآورد ارتفاع برف مرز دائمی در مناطق مختلف مدنظر قرار گرفت، تفاوت ارتفاع برف مرز دامنه‌های نثار از نگار بود. روش در صورتی در برآورد ارتفاع برف مرز حوضه و واحدی مناسب در نظر گرفته شد که علاوه بر برآورد ارتفاع برف مرز معقول، در جهات مخالف تفاوتی در ارتفاع برف مرز برآورد شده بود (شکل ۳)، (جدول ۱۲). بر این اساس تفاوت ارتفاع برف مرز در جهات مختلف در تمام روش‌ها، در دو واحد ژئومورفیک شرق و شمال شرق، تفاوت ارتفاع نزدیک به هم برآورد گردید. در واحد ژئومورفیک ایران مرکزی، با توجه به اختلاف ارتفاع برف مرز برآورد شده از میانگین، ابتدا روش ارتفاع کف سیرک پورتر و سپس روش نسبت پنجه به دیواره (رایت) شرایط مطلوب‌تری دارند. از این نظر فقط در حوضه آبریز کویر سیاه کوه به کمک روش ارتفاع کف سیرک پورتر، ارتفاع برف مرز متفاوتی در جهات مختلف برآورد شده است. در سایر حوضه‌های آبریز، به کمک روش نسبت پنجه به دیواره (رایت)، اختلاف ارتفاع معقول‌تری در جهات مختلف محاسبه شده است. بر این اساس در این واحد ژئومورفیک ارتفاع برف مرز برآورد شده در حوضه‌های آبریز مختلف و تفاوت ارتفاعی در جهات مختلف، نه از عرض جغرافیایی بلکه بیشتر از شرایط محلی تأثیر پذیرفته است؛ به‌طوری که ارتفاع برف مرز در حوضه آبریز کویر لوت (جنوبی‌ترین و گرم‌ترین حوضه) ۲۷۹۶ متر است، در صورتی که ارتفاع برف مرز در حوضه آبریز کویر درانجیر که در شرق حوضه آبریز کویر لوت واقع شده است، ۳۰۹۸ متر است. می‌توان گفت که جهت در ایجاد سیرک‌های یخچالی و ارتفاع برف مرز اثرگذار بوده است،

به طوری که ارتفاع بلندترین قله در حوضه‌های آبریز درانجیر و کویر لوت ۴۲۳۳ متر در کوه‌های پلوار است. جهت مؤثر بر ارتفاع سیرک‌ها در حوضه آبریز کویر لوت، شمال شرقی و در حوضه آبریز کویر درانجیر، جنوب غربی است و همین عامل در تفاوت ارتفاع برف مرز برآورد شده در آن‌ها نقش داشته است. در واحد ژئومورفیک شمالی از غرب به شرق، با توجه به کاهش ریزش‌های جوی و رطوبت نسبی، ارتفاع برف مرز کاهش داشته است. در حوضه‌های آبریز متعلق به این واحد ۲ استثنا وجود دارد؛ یکی حوضه آبریز تالش - مرداب انزلی که ناهمواری‌های آن جهت شمالی - جنوبی داشته است و بر اثر شرایط محلی کمترین ارتفاع برف مرز (۲۰۳۳ متر) را در کل ایران به خود اختصاص داده است و دیگری حوضه آبریز کویر مرکزی (قسمت‌های شمالی) که جهت دامنه‌های آن به سمت جنوب (البرز جنوبی) است. این حوضه آبریز ارتفاع برف متوسطی در بین حوضه‌های آبریز این واحد دارد (۲۶۶۴ متر). روش نسبت‌های ارتفاعی و روش ارتفاع کف سیرک پورتر، روش مناسب‌تری برای این واحد معرفی گردید.



شکل ۳- ارتفاع برف مرز در واحدهای ژئومورفیک ایران

جدول ۱۲- مقدار انحراف معیار در واحدهای ژئومورفیک

واحد ژئومورفیک	روش‌ها	میانگین	میانگین ارتفاع	انحراف از میانگین	انحراف معیار
ایران مرکزی	ارتفاع کف سیرک پورتر	۲۹۶۹	۲۹۶۷/۲۵	۱/۷۵	۱۸/۸۷۲
	پنجه به دیواره (رایت)	۲۹۵۶		-۱۱/۲۵	
	پنجه به دیواره (پورتر)	۲۹۹۷		۲۹/۷۵	
	نسبت‌های ارتفاعی	۲۹۴۷		-۲۰/۲۵	

واحد ژئومورفیک	روش‌ها	میانگین	میانگین ارتفاع	انحراف از میانگین	انحراف معیار
شمال	ارتفاع کف سیرک پورتر	۲۵۵۶	۲۵۲۸	۲۸	۳۲/۱۱۶
	پنجه به دیواره (رایت)	۲۵۵۱		۲۳	
	پنجه به دیواره (پورتر)	۲۴۷۵		-۵۳	
	نسبت‌های ارتفاعی	۲۵۳۰		۲	
زاگرس	ارتفاع کف سیرک پورتر	۲۶۸۴	۲۶۴۲/۲۵	۴۱/۷۵	۴۵/۱۲۴
	پنجه به دیواره (رایت)	۲۵۸۳		-۵۹/۲۵	
	پنجه به دیواره (پورتر)	۲۶۸۸		۴۵/۷۵	
	نسبت‌های ارتفاعی	۲۶۱۴		-۲۸/۲۵	
شمال غرب	ارتفاع کف سیرک پورتر	۲۶۶۱	۲۵۸۳	۷۸	۹۵/۲۳۳
	پنجه به دیواره (رایت)	۲۴۸۷		-۹۶	
	پنجه به دیواره (پورتر)	۲۶۹۴		۱۱۱	
	نسبت‌های ارتفاعی	۲۴۹۰		-۹۳	
شمال شرق	رایت	۲۴۹۳	۲۴۴۲/۲	۱۱۱	۶۳/۹۴۴
	ارتفاع کف سیرک پورتر	۲۳۹۴		-۹۳	
	پنجه به دیواره (رایت)	۲۳۷۸		-۶۴/۲	
	پنجه به دیواره (پورتر)	۲۵۴۲		۹۹/۸	
	نسبت‌های ارتفاعی	۲۴۰۴		-۳۸/۲	
شرق	رایت	۲۵۴۰	۲۵۲۲/۲	۱۷/۸	۱۰/۲۰۵
	ارتفاع کف سیرک پورتر	۲۵۲۴		۱/۸	
	پنجه به دیواره (رایت)	۲۵۱۰		-۱۲/۲	
	پنجه به دیواره (پورتر)	۲۵۱۵		-۷/۲	
	نسبت‌های ارتفاعی	۲۵۲۲		-۰/۲	

نتیجه بررسی روش‌های مختلف در واحد ژئومورفیک زاگرس حاکی از آن است که روش نسبت‌های ارتفاعی در این واحد، هم از نظر ارتفاع برف مرز و هم از نظر تفاوت اختلاف برف مرز در جهات مختلف کاربرد مناسب‌تری دارد. پیچیدگی امتداد ناهمواری‌ها در واحد ژئومورفیک شمال غرب باعث شد که در جهات اصلی به غیر شمال شرق- جنوب غرب سیرک‌ها پراکنده شده باشند و بر این اساس ارتفاع برف مرز در جهات مختلف برآورد گردید. در واحد ژئومورفیک شمال غرب، روش ارتفاع کف سیرک پورتر چه در برآورد ارتفاع برف مرز و چه در تفاوت ارتفاعی جهات مختلف، در همه زیرحوضه‌ها روش مناسب‌تری است. در واحد ژئومورفیک شمال شرق، روش نسبت‌های ارتفاعی و روش ارتفاع کف سیرک پورتر به ترتیب کمترین تفاوت را با میانگین ارتفاعی برآورد شده به روش‌های مختلف دارد. از نظر تفاوت ارتفاع برف مرز در جهات مختلف، حوضه آبریز قره‌قوم با روش ارتفاع کف

سیرک پورتر و حوضه آبریز اترک با روش نسبت‌های ارتفاعی هماهنگی بیشتری دارد و در واحد ژئومورفیک شرق و تنها حوضه آبریز آن (نمکزار خواف) ارتفاع برف مرز با روش نسبت پنجه به دیواره (رایت) همخوانی بیشتری دارد.

۵- نتیجه‌گیری

ارتفاع برف مرز کواترنری در واحد ژئومورفیک زاگرس در طی کواترنری به‌طور متوسط ۲۶۰۸ متر بوده است. اختلاف ارتفاع برف مرز کواترنری در این واحد ژئومورفیک که در عرض جغرافیایی گسترش بیشتری دارد، ۶۳۷ متر برآورد شد. ارتفاع برف مرز دامنه‌های نگار (سطوح ارضی به‌طرف جنوب غربی) ۵۲۴ متر بالاتر از ارتفاع برف مرز دامنه‌های شمال شرقی (دامنه‌های نثار) برآورد گردید. در واحد ژئومورفیک ایران مرکزی به‌عنوان خشک‌ترین واحدی که در طی کواترنری تحت تأثیر فرایندهای یخچالی بوده است، روش ارتفاع کف سیرک پورتر و روش نسبت پنجه به دیواره رایت مناسب‌ترین روش‌ها برای برآورد ارتفاع برف مرز کواترنری معرفی گردید. در این واحد ژئومورفیک ارتفاع برف مرز برآوردی بین ۲۷۴۳ متر تا ۳۰۹۸ متر متغیر بوده است (۳۶۰ متر اختلاف ارتفاع). ارتفاع برف مرز کواترنری این واحد ۲۸۵۳ متر و بالاترین ارتفاع برف مرز در بین واحدهای ژئومورفیک ایران بوده است. از نظر جهت در این واحد ژئومورفیک، تفاوت ارتفاع برف مرز دامنه‌های نثار با نگار در حدود ۳۳۷ متر بوده است واحد ژئومورفیک شمال در طول جغرافیایی گسترش بیشتری نسبت به عرض جغرافیایی دارد؛ ارتفاع برف مرز برآورد شده به‌خصوص برای حوضه‌های آبریزی جنوب دریای خزر، از غرب به شرق با کاهش بارش و رطوبت نسبی، کمتر شده است. بالاترین ارتفاع برف مرز برآورده شده در این واحد ۲۹۸۷ متر مربوط به حوضه آبریز سفیدرود-هراز در جنوب غربی دریای خزر و کمترین ارتفاع ۲۴۶۰ متر مربوط به حوضه آبریز قره‌سو-گرگان رود در جنوب شرقی دریای خزر است. در این واحد ژئومورفیک یک استثنای مهم وجود دارد و آن حوضه آبریز تالش-مرداب انزلی است که با امتداد شمالی-جنوبی کوه‌های تالش، کمترین ارتفاع برف مرز را در بین حوضه‌های آبریز ایران داشته است (۲۰۳۳ متر). در واحد ژئومورفیک شمال غرب، مناسب‌ترین روش برای برآورد ارتفاع برف مرز، روش ارتفاع کف سیرک پورتر بوده است، چراکه برف مرز برآورد شده در این روش هم کمترین اختلاف را با میانگین دارد و هم تأثیر جهت در تفاوت ارتفاع برف مرز را منعکس می‌کند. در این واحد ژئومورفیک ارتفاع برف مرز کواترنری بین ۲۴۵۳ متر (حوضه آبریز ارس) تا ۲۶۸۵ متر (حوضه آبریز سفیدرود) متغیر بوده است (۲۳۲ متر اختلاف ارتفاع). در مجموع باید گفت که در طی کواترنری از جنوب به شمال ایران، ارتفاع برف مرز کاهش داشته است، به‌طوری‌که از نظر عرضی این اختلاف بین حوضه آبریز کارون (جنوبی‌ترین حوضه آبریز) و حوضه آبریز ارس (شمالی‌ترین حوضه آبریز) ۴۸۴ متر است. از نظر طول جغرافیایی، حوضه آبریز مرزی غرب در غرب با ارتفاع برف مرز برآوردی ۲۳۰۰ متر و حوضه آبریز کویر درانجیر در مرکز ایران با ۳۱۰۰ متر، بیش از ۸۰۰ متر اختلاف ارتفاع برف

را داشته‌اند. در مجموع در طی کواترنری اختلاف ارتفاع برف مرز ایران بیش از ۱۰۶۵ متر و ارتفاع برف مرز بین ۲۰۳۰ تا ۳۱۰۰ متر متغیر بوده است. متوسط ارتفاع برف مرز کواترنری ایران ۲۵۹۵ متر بوده است. با توجه به عرض‌های جغرافیایی که آثار لندفرم‌های سیرکی در آن‌ها شناسایی شد، می‌توان نتیجه گرفت که هر درجه عرض جغرافیایی ۸۹ متر بر ارتفاع برف مرز اثر گذاشته است.

کتابنامه

- ابطحی، سید مرتضی؛ ۱۳۹۰. بررسی پالئوکلیمای حوضه آبخیز جاجرود به کمک شواهد یخچالی. کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی. (۱)۱. صص ۱۸۵ - ۲۰۱.
- احمدآبادی، علی؛ کرم، امیر؛ سرکیسیان، واردوهی؛ ۱۳۹۷. شناسایی سیرک‌های یخچالی زردکوه با تاکید بر ویژگی‌های ژئومورفومتر. هیدروژئومورفولوژی. ۱۵. صص ۱-۱۶.
- انتظاری، علیرضا؛ امیر احمدی، ابوالقاسم؛ قرنچیک، امان محمد؛ جهانفر، علی؛ شایان یگانه، علی اکبر؛ ۱۳۹۴. بررسی ژئومورفولوژیکی تحولات اقلیمی حوضه آبریز گرگان رود در کواترنر. فصلنامه کواترنری ایران (علمی - پژوهشی). (۲)۱. صص ۱۶۹ - ۱۸۰.
- بهشتی جاوید، ابراهیم؛ اسفندیاری؛ فریبا؛ ۱۳۹۷. استخراج و شناسایی لندفرم‌های یخچالی با استفاده از روش‌های گرا (مطالعه موردی سیرک‌های یخچالی سبلان). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. ۶(۴). صص ۸۸ - ۱۰۲.
- پاریزی، اسماعیل؛ رامشت، محمدحسین؛ تقیان، علیرضا؛ ۱۳۹۲. شواهد یخچال‌های کواترنری پایانی در حوضه‌ی تنگ‌تپه سیرجان. پژوهش‌های ژئومورفولوژیکی کمی. ۲(۳). صص ۱۱۱ - ۱۲۸.
- جعفریگلو، منصور؛ یمانی، مجتبی؛ عباس نژاد، احمد؛ زمان زاده، سید محمد؛ ذهاب ناظوری، سمیه؛ ۱۳۹۳. بازسازی برف مرزهای یخچالی کواترنر در کوهستان بیدخوان (استان کرمان). فصلنامه علمی-پژوهشی و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران. ۱۲(۴۰). صص ۹۳ - ۱۰۷.
- جعفری، غلامحسین؛ اصغری سراسکانرودی، صیاد؛ ۱۳۹۳. بررسی آثار یخچالی کواترنری زنجان رود. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. ۳(۲). صص ۱۶ - ۳۰.
- خوش‌رفتار، رضا؛ فرید مجتهدی، نیما؛ اسعدی اسکوئی، ابراهیم؛ نوروزپور شهربیجاری، کامبیز؛ ۱۳۹۵. شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال‌های کوهستانی پلیستوسن پایانی در کوه شاه البرز - البرز غربی. فصلنامه کواترنری ایران (علمی - پژوهشی). ۲(۲). صص ۱۵۵ - ۱۶۵.
- رامشت، محمدحسین؛ لاجوردی، محمود؛ لشکری، حسن؛ محمودی محمدآبادی، طیبه؛ ۱۳۹۰. ردیابی آثار یخچال‌های طبیعی (مطالعه موردی: یخچال طبیعی حوضه تیگرانی ماهان). جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. ۲۲(۲). صص ۵۹ - ۷۸.
- رامشت، محمدحسین؛ ۱۳۸۰. دریاچه‌های دوران چهارم بستر تبلور و گسترش مدنیت در ایران، تحقیقات جغرافیایی. ۱۶(۶۰). صص ۹۰ - ۱۱۱.

- رامشت، محمدحسین؛ ۱۳۹۳. نقشه‌های ژئومورفولوژی (نمادها و مجازها). نشر سمت، دانشگاه تهران.
- سرور، جلیل‌الدین؛ فرید مجتهدی، نیما؛ ۱۳۹۰. شواهد ژئومورفولوژیکی یخچالی پلیستوسن در دامنه شمالی کوه خشچال (البرز غربی). فصلنامه جغرافیایی سرزمین ۸(۳۱). صص ۵۱ - ۶۷.
- سیف، عبدالله؛ ثروتی، محمدرضا؛ راهدان مفرد، محمد؛ ۱۳۹۴. بازسازی برف مرزهای کواترنری پایانی در محدوده سایت ریگ. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی ۳۰(۱). صص ۱۹۳-۲۰۸.
- شریفی، محمد؛ فرح‌بخش، زهرا؛ ۱۳۹۴. بررسی آنومالی حرارتی و رطوبتی بین زمان حال و پلیستوسن و بازسازی شرایط اقلیمی با استفاده از شواهد ژئومورفیک (مطالعه موردی: حوضه‌ی خضرآباد - یزد). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی ۴(۴۷). صص ۵۸۳-۶۰۴.
- شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ باقری سید لشکری، سجاد؛ جعفری اقدم، مریم؛ سلیمی منش، جبار؛ ۱۳۹۴. بازسازی برف مرزهای آخرین دوره یخچالی با شواهد دوره‌های یخچالی در زاگرس شمال غربی (مطالعه موردی: تاق‌دیس قللجه). جغرافیا و توسعه، شماره ۳۹. صص ۶۱ - ۷۴.
- طاحونی، پوران؛ ۱۳۸۳. شواهد ژئومورفولوژیک فرسایش یخچالی پلیستوسن در ارتفاعات طالش. پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۴۶، صص ۳۱ - ۵۵.
- علایی طالقانی، محمود؛ ۱۳۹۱. ژئومورفولوژی ایران، انتشارت قومس.
- علیزاده، امین؛ ۱۳۹۰. اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- قربانی شورشانی، علی؛ خسروی، عذرا؛ نور محمدی، علی محمد؛ ۱۳۹۵. بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی یخچالی کواترنری در ارتفاعات شمال شرق ایران (مطالعه موردی: رشته‌کوه بینالود). پژوهش‌های ژئومورفولوژیکی کمی، ۵(۱). صص ۱-۱۳.
- قهرودی تالی، منیژه؛ حسنی قارنایی، رسول؛ خورشیدی، طاهر؛ حیدری، مهنوش؛ ۱۳۹۶. شواهد یخچالی رندوله و بابوله در قلمرو مرزهای ایران، ترکیه و عراق. فصلنامه کواترنری ایران (علمی-پژوهشی) ۳(۳). صص ۲۷۷-۲۸۸.
- قهرودی تالی، منیژه؛ ۱۳۹۰. تخمین و مقایسه برف مرزهای دائمی در عصر یخچالی و بین یخچالی (مطالعه موردی: حوضه رود هراز). جغرافیا و توسعه. شماره ۲۵. صص ۹۷-۱۱۰.
- کیانی، طیبه؛ رامشت، محمدحسین؛ ملکی، امجد؛ صفاکیش، فریده؛ ۱۳۹۵. بررسی تغییرات حوضه گاوخونی در فاز پایانی کواترنر. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی ۴۸(۲). صص ۲۱۳-۲۲۹.
- نعمت‌الهی، فاطمه؛ رامشت، محمدحسین؛ ۱۳۸۵. آثار یخساری در ایران، نشریه دانشکده علوم انسانی تبریز. شماره ۳. صص ۱۳۰-۱۴۹.
- یمانی، مجتبی؛ ۱۳۸۸. اندازه‌گیری حرکت سالیانه یخچال علم‌کوه. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۷. صص ۳۱ - ۵۲.
- یمانی، مجتبی؛ زمانی، حمزه؛ ۱۳۸۶. بازیابی حدود مرز برف دره شهرستانک در آخرین دوره یخچالی. جغرافیا (نشریه علمی-پژوهشی انجمن جغرافیایی ایران) ۵(۱۲ و ۱۳). صص ۹۹-۱۱۶.

یمانی، مجتبی؛ زمانی، حمزه؛ ۱۳۹۵. تعیین ارتفاع خط تعادل (ELA) در دره هراز در آخرین دوره یخبچالی. فصلنامه کوآترنری ایران (علمی - پژوهشی). ۲(۴). صص ۳۰۵-۳۱۴.

یمانی، مجتبی؛ شمسی‌پور، علی اکبر؛ جعفری اقدم، مریم؛ ۱۳۹۰. بازسازی برف مرزهای پلیوستوسن در حوضه‌ی جاجرود. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۷۶. صص ۳۵-۵۰.

یمانی، مجتبی؛ مقیمی، ابراهیم؛ عزیزی، قاسم؛ باخویشی، کاوه؛ ۱۳۹۲. تعیین قلمروهای مورفوکلیماتیک هولوسن در بلندی‌های غرب استان کردستان. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران، ۴۵(۴). صص ۱۴-۱.

- Barr, ID., Spagnolo, M., 2015. Glacial cirques as palaeoenvironmental indicators: Their potential and limitations, *Earth-Science Reviews*. 151. 48-78.
- Delmas, M., Gunnell, Y., Calvet, M., 2015. A critical appraisal of allometric growth among alpine cirques based on multivariate statistics and spatial analysis, *Geomorphology*. 228. 637-652.
- Evans DJ. ReaBR. 2003. Surging glacier land system. In *Glacial land systems*. Taylor and Francis
- Evans, IS., 2006. Allometric development of glacial cirque form: geological, relief and regional effects on the cirques of Wales, *Geomorphology*. 80(3). 245-266.
- GhahroudiTali, M., Hassani Gharnaie, R., 2012. Evolution of glacial landforms in Iraq and Iran borders .*Geological Conference of Kurdistan*, November 14-16, Sulaimani, Kurdistan Region, Iraq.
- Mîndrescu, M., Evans, IS., 2014. Cirque form and development in Romania: allometry and the buzzsaw hypothesis, *Geomorphology*. 208. 117-136.
- Mitchell, S.G., Montgomery, D.R., 2006. Influence of a glacial buzz saw on the height and morphology of the Cascade Range in central Washington State, USA. *Quaternary Research*. 65(1). 96-107.
- Moayeri, M., Ramesht, M.H., Saif, A., Yamani, M., JafariGhH., 2011. The impact of mountainous skirts direction of Iran on differences in altitude of withers and ice equilibrium line of quaternary, *Geography and environmental planning journal*. 40(4). 1-12.
- Moussavi, M.S., Valadan, Zoej, M.J. Vaziri, F., Sahebi, M.R., Rezaei, Y., 2009. A new glacier inventory of Iran, *Annals of Glaciology*. 50(53). 93-103.
- Napieralski, J., HarborJ.Li. Y., 2007. Glacial geomorphology and geographic information systems, *Earth-Science Reviews*. 85(1). 1-22.
- Oskin, M., Burbank, D.W., 2005. Alpine landscape evolution dominated by cirque retreat, *Geology*. 33(12). 933-936.
- Pedrami, M., 1982. Pleistocene Glaciation's and Paleoclimate in Iran. *Geol. Surv. Iran*, Tehran.
- Porter, S.C., 2000. Snowline depression in the tropics during the Last Glaciation, *Quaternary science reviews*. 20(10). 1067-1091.
- Salcher, B.C., Kober, F., Kissling, E., Willett, S.D., 2014. Glacial impact on short-wavelength topography and long-lasting effects on the denudation of a DE glaciated mountain range, *Global and Planetary Change*. 115. 59-70.
- Sarikaya, M. A., Zreda, M., Çiner, A., 2009. Glaciations and paleoclimate of Mount Erciyes, central Turkey, since the Last Glacial Maximum, inferred from 36 Cl cosmogenic dating and glacier modeling, *Quaternary Science Reviews*. 28(23). 2326-2341.
- Sarikaya, M.A., Ciner, A., Zreda, M., 2011. Quaternary glaciations of Turkey, *Developments in quaternary science*. 15. 393-403.

- Seif, A., Ebrahimi, B., 2014. Combined Use of GIS and Experimental Functions for the Morphometric Study of Glacial Cirques in Zardkuh Mountain, Iran, *Quaternary International* .353.236-249.
- Spotila, J. A., Buscher, J. T., Meigs, A. J., &Reiners, P. W., 2004. Long-term glacial erosion of active mountain belts: example of the Chugach–St. Elias Range, Alaska, *Geology*. 32(6). 501-504.
- Stokes, C. R., Gurney, S. D., Shahgedanova, M., &Popovnin, V. (2006). Late-20th-century changes in glacier extent in the Caucasus Mountains, Russia/Georgia. *Journal of Glaciology*, 52(176), 99-109.
- Xu X. 2014. Climates during Late Quaternary glacier advances, glacier-climate modeling in the Yingpu Valley, the eastern Tibetan Plateau. *Quaternary Science Reviews* 101, 18-27.

Seismic Hazard in Babolrud and Talar Basins based on Morphometric Indices

Mohammad Khalaj^{a*}

^a Assistant professor, Department of Geology, Faculty of Science, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran

Received: 14 May 2020

Accepted: 16 July 2020

1. Introduction

Tectonic geomorphology is a knowledge that can determine the effect of active tectonic using the geomorphic indices as a quantitative description of the rivers form. Accordingly, quantitative measurements provide conditions that allow them to identify the status of active tectonics areas. Active tectonic processes can affect the shape and performance of rivers. The extraction of geomorphic indices using digital elevation map (DEM) in the GIS in the past two decades has been a fast and accurate method for drainage basin analysis so that these indices are used for quick evaluation of recent tectonic activities in a particular region. Base on a natural theory, rivers are the first environmental forms that show a relatively rapid response to changes in the bedding or changes in the outflow of the bed. Regarding the proved reactions of rivers to the occurrence of normal changes, it is possible to analyze them by using geomorphic indices as the result of the effects of tectonic on the river's route. Geomorphic indices are especially used for active tectonic studies. With the study of topographic landforms and the model of drainage systems using geomorphic indices and the geological structure of each area, it is possible to evaluate the active tectonic performance and to determine the absence of active tectonic movements. The quantitative measurements provide conditions that allow them to identify the status of active tectonics areas. Along with the advancement of tectonic science of geomorphology, scientists have found that active tectonic processes can affect the shape and function of rivers being one of the most important observations that occur rapidly. Consistently in respond to deformation caused by active tectonics at the surface reflecting minor changes in topography, thus examining drainage pattern and river diversion provides important information on structural expansion and evolution of the area. The study area is classified into four categories of very high, high, medium and low tectonic activities. Alborz mountain range is the result of two orogenic movements. One of them is Precambrian orogenic (Acinitic), the course of which is essentially a metamorphism that leads to the interconnection and hardening of the paving stones in the Precambrian, The second one is the Alpine orogeny movements that happens in Mesozoic and Cenozoic periods. This mountain range is approximately 600 kilometers long and 100 kilometers wide along the south side of the Caspian Sea.

*. E-mail: m_khalaj@pnu.ac.ir

Tel: +989122725698

The northern margin of the Alborz line is usually sloping. General trend of study area is NE-SW.

2. Materials and Methods

In this research, with using the Arc GIS software and 1:100000 Geological maps, at first, rivers and basins shapes of the area were extracted using STRAHLER method using 30 m accuracy digital elevation model in Arc GIS software. Then the necessary modifications to the wells and extraction basins were carried out using topographic maps and satellite images and finally a part of central Alborz at Talar and BabolRud area was divided into 19 catchments. 5 morphotectonic indices such as hierarchical anomalies (Δa), Bifurcation (R), Form factor (Ff), drainage density (Dd) and Relative relief (Bh) were calculated in drainage basins. Using the Relative Active Tectonic (IAT) index, the study area was classified into 4 categories. Category 1 indicates a very high tectonic activity. Category 2 is the high tectonic activity. Category 3 shows the average geological activity and category 4 activities are low relative construction. A tectonic activity zoning map was prepared for each indicator in the study area and the results of the indices were analyzed

3. Results and Discussion

Based on studies of hierarchical anomaly indices in sub-basins associated with North Alborz and Khatirkuh faults, this index increases and shows very high and high rates. Intersection between these faults and the sub-basins waterway has caused anomalies in the connection of low-grade waterways to several degrees higher. In sub-basins 11, 12, 13 and 14 which are dominated by the above-mentioned faults, the bifurcation index and the elevation changes are due to the activity of these faults are high.

4. Conclusion

Studies in this section of the Alborz mountain range using morphometric indices such as hierarchical anomalies (Δa), Bifurcation (R), Form factor (Ff), drainage density (Dd) and Relative relief (Bh) and using the IAT Index in this area, shows that recent tectonic activity is generally due to the faults activity in the region such as North Alborz and Khatirkuh faults are in a high and very high categories. Based on these studies, it was found that some other minor faults formed due to high tectonic activity and caused by major faults such as North Alborz, Khatirkuh and other major faults in the area affect the indices numbers. Tectonic impacts show that about 33.3% of the sub-basins associated with the major and minor faults of the study area have very high and high tectonic activity.

Keywords: Alborz, Catchment, Fault, Morphotectonic, River, Earthquake

References (In Persian)

- Mosadeghzadeh, E. (2018). بررسی تکتونیک ژئومورفولوژی محدوده شمال سمنان، شرق البرز مرکزی [Tectonic Geomorphology of north of Semnan]. Ms.c thesis. Kharazmi University.
- Nabavi, M, H. (1987). نقشه زمین شناسی 1:100000 سمنان [Semnan 1:100000 geological map]. Geological Survey and Mineral Explorations of Iran (GSI).

- Shahpasandzadeh, M., & Zare, M. (1995). بررسی مقدماتی لرزه‌خیزی و لرزه‌زمین‌ساخت و خطر زمین‌لرزه و گسلش در پهنه استان مازندران [first study on seismicity and earthquake hazard on Mazandaran Province]. International Institute of Earthquake Engineering and Seismology Report.
- Shamayelian, A. (2017). بررسی تکتونیک فعال حوضه‌های آبریز جاجرود، حبله‌رود و ایوانکی با استفاده از شاخص‌های رودخانه‌ای در البرز مرکزی [Tectonic geomorphology of Jajrud, Hableriud and Eyvanaki basins with rivers indices in central Alborz]. Ms.c thesis. Kharazmi university.

References (In English)

- Alavi, M. (1996). Tectonostratigraphic synthesis and structural style of the Alborz mountain system in northern Iran. *Geodynamics*, 21, 1- 33.
- Berberian, M. (1983). The southern Caspian: A compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 20, 163- 183.
- Berberian, M. (1994). Natural hazards and the first earthquake catalogue of Iran. historical hazards in iran prior to 1900, No 1.
- Berberian, M., & King, G. C.P. (1981). Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 18, 210- 265.
- Berberian, M., Qorashi, M., Argang Ravesh, B., & Mohajer Ashjaie, A. (1993). Seismotectonics and earthquake-fault hazard investigation in the Tehran Region: contribution to the seismotectonics of Iran. *Geological Survey of Iran*, Report 56.
- Ciccacci, S., Fredi, P., Lupia Palmieri, E., & Pugliese, F. (1987). *Indirect evaluation of erosion entity in drainage basins through geomorphic, climatic and hydrological parameters. In International geomorphology*, 1986: proceedings of the First International Conference on Geomorphology/ed on behalf of the British Geomorphological Res Group.
- EL Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., & Keller, E. A. (2007). Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). *Geomorphology*, 969, 150- 173.
- Guarnieri, P., & Pirrotta, C. (2008). The response of drainage basins to the late quaternary tectonics in the Sicilian side of the Messina strait (NE Sicily). *Geomorphology*, 95, 260-273.
- Holbrook, J., & Schumm, S. A. (1999). Geomorphic and sedimentary response of rivers to tectonic deformation: A brief review and critique of a tool for recognizing subtle epeirogenic deformation in modern and ancient settings. *Tectonophysics*, 305, 287-306.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56, 275- 370.
- Keller, E. A., & Pinter, N. (2002). *Active tectonics: Earthquakes, uplift and landscape*. New Jersey, NJ: Prentice Hall.
- Keller, E. A., Zepeda, R. L., Rockwell, T. K., Ku, T. L., & Dinklage, W. S. (1998). Active tectonics at Wheeler Ridge, southern San Joaquin Valley, California. *Geological Society of America Bulletin*, 110, 298-310.
- Ritz J. F., Nazari, H., Salamati, R., Shafeii, A., Solaymani, S., & Vernant, P. (2006). Active transtension inside Central Alborz: a new insight into the Northern Iran–Southern Caspian geodynamics. *Geology*, 34, 477-480.
- Schumm, S. A. (1997). Drainage density: Problems of prediction. In D. R. Stoddart (Ed.), *Process and form in geomorphology* (pp. 15-45). London: Routledge.
- Seeber, L., & Gornitz, V. (1983). River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. *Tectonophysics*, 92, 335-367.

- Singh, P., Gupta, A. and Singh, M., 2014. *Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques*. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 17(2), 111-121.
- Stocklin, J. (1968). Structural history and tectonics of Iran: A review. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 52, 1229-1258.
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area- altitude) analysis of erosiona topography. *Geological Society of America Bulletin*, 63, 1117-1142.
- Strahler, A.N., (1964). Quantative geomorphology of drainage basins and channel networks. In V. Te Chow (Ed.), *Handbook of applied hydrology* (pp. 33-60). New York, NY: McGraw Hill Book Company.
- Vernant, P., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M. R., Vigny, C., Masson, F., ... & Tavakoli, F. (2004). *Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman*. *Geophysical Journal International*, 157(1), 381-398.
- Walker, R. T. (2006). A remote sensing study of active folding and faulting in southern Kerman province, S.E. Iran. *Journal of Structural Geology*, 28, 654-668.

Evaluation of Soil Contamination by Heavy Metals around Fasa-Darab Road

Marziyeh Mokarram ^a, Saeed Negahban ^{b*}

^a Department of Range and Watershed Management, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Shiraz, Iran.

^b Department of Geography, Shiraz University, Shiraz, Iran.

Received: 26 February 2020

Accepted: 29 July 2020

1. Introduction

Automobiles are generally one of the major sources of heavy metal pollutants in roadside sediments that enter the environment as particles from the exhaust or other components of the vehicle and pollute the soil and vegetation of these areas (Van Bohemen, 2003). The most common heavy metals in vehicles on the road are Cd, Cu, Pb, Ni and Zn (Elik, 2003; Li, 2001). These heavy metals have a toxic effect on the human body and cause many complications such as blood, nervous and bone diseases (Sarkar, 2002). So, in this study, the amount of heavy metal changes in sediments of road margins Darab-Fasa road was investigated. Al-Chalabi and Hawker (2000) collected samples from three-site soil in Brisbane, Australia, and studied the distribution of Pb around roads. The results showed that vehicle traffic was the main source of pollution, and in areas with more stable climatic conditions, the distribution of Pb in soil was significantly reduced by increasing the distance from the road. The study also found that Pb is accumulated in the first five cms of soil depth. Fakayode and Owolabi-Olu (2003) studied the soil contamination of the streets of Osgbo, Nigeria. By selecting 39 sites with different traffic volumes, they measured the distribution of zinc, nickel, copper, cadmium and lead metals at distances of 5, 15, 30 and 50 meters from the streets. The results showed that with increasing distance from the streets (distance of 50 meters), the concentration of soil metals decreases. Given the importance of the subject, this study investigates the soil contamination to heavy metals in the margins of Darab-Fasa road. In this study, the effect of distance to gas station and its effect on soil pollution was investigated. For this purpose, index of mular and contamination factor (CF), ecological risk index (RI), tolerance contamination index (PLI) were calculated and measured.

2. Study Area

The study area is located in the south of Fars province (Darab-Fasa road) at a geographical location of 28 ° 36' - 28 ° 54' N and 53 ° 36' - 54 ° 30' E. Fasa-Darab road with a length of about 100 km has long been considered as the main road connecting Shiraz (Iran's largest city in the southern half of the country) to Bandar Abbas (Iran's largest commercial

*. Corresponding author: Saeed Negahban. E-mail: Snegahban@shirazu.ac.ir Tel: +989191133750

port). This road has always been used by a variety of light and heavy cars. The cities of Fasa and Darab are the most important demographic centers in the southeast of Fars province, and have a long history and their route is known as one of the busiest roads in Fars province.

3. Materials and Methods

For this purpose, soil samples were collected from distance of 2.15 m from two depths of 0-15 cm in a randomized complete block design. Total and absorbable amounts of heavy metals were measured and read with atomic absorption spectrophotometer.

Contamination factor (CF) was used to determine soil pollution to heavy elements. Based on this factor, the amount of elements can be measured in relation to its normal value and determine the degree of soil pollution. The contamination factor was calculated according to the following equation for all elements of the study (Hakanson, 1980).

$$CF_{metal} = C_{metal} / C_{background} \quad (1)$$

where CF_{metal} is the ratio of the concentration of each metal (C_{metal}) to the concentration of the natural background of that metal (C_{background}).

In order to assess the state of soil contamination with heavy metals, the PLI index for the 5 metals under study was calculated. The index, the number of times the concentration of heavy metals in soils and sediments has increased due to pollution and shows a summary of the toxicity of metals (Chan, ., Ng, , Davis, , Yim & Yeung. 2001). The PLI, which is used to study the environmental situation, is defined as the nth root of the multiple concentration of the various metals studied (Angulo, 1996):

$$PLI = \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n CF_{metal}} \quad (2)$$

where CF_{metal} represents the contamination factor of each metal and n is the number of heavy metals studied.

The RI index has been used by various researchers such as Wang, Z., Wang, Y., Chen, L., Yan, C., Yan, Y., & Chi, Q.(2015). based on the toxicity of metals. According to Hakanson (1986), the toxicity factor for Cd, Zn, Pb, Cr and Zn metals is 30, 5, 5, 2 and 1, respectively. In this study, the ecological risk potential was calculated based on Eq. 3 and 4.

$$E_r^i = \frac{C^i}{C_o^i} \cdot T_r^i \quad (3)$$

$$RI = \sum_{i=1}^5 E_r^i \quad (4)$$

Where E_r^i is the potential ecological risk index, C^i and C_o^i , are the measured value and the normal background values respectively and T_r^i is the toxicity response factor of the metal.

4. Results and Discussion

The results showed that the mean concentrations of Ni, copper, Zn, cadmium, and Pb were 1.20, 2.86, 9.81, 10.08, and 84.17, respectively, which was higher than the local background to Pb, and Cd. The highest amount of heavy metals for the nearest road distance is 5 meters and it is 38.86 mg / kg which decreases with increasing distance from the road. The Igeo index calculated indicates no serious contamination of the area with copper, Zn and Ni metals and only Cd and Pb in the contaminated grade to moderate contamination, and high contamination to highly contaminated were affected. In fact, the results of the Igeo index show that these elements are naturally present in the soil, but anthropogenic activity has increased the concentration of these metals in the soil. Results of CF index showed that Ni, Cu and Zn values were less than 1 and were in low pollution class. Whereas, Pb with values range from 6-6 in high pollution class and Pb is with values greater than 6 in high pollution class. PLI index was used to evaluate and determine the contaminated stations. PLI indicator's results for the most polluted stations showed that stations 14 and 23 were classified as highly polluted and the rest of the stations were classified as non-polluting. According to RI results, stations 13, 15, 14, 22, 18, 38, 40, 35, 20, 41, 29, 30, 43, 16, 4, 48, 11, 12, 36, 39, 21, 8 have very high risk and other stations have medium risk. Kriging distribution map of RI index of pollution load index showed that the highest RI index is near the gas pump and near urban areas. Furthermore, the results of Kriging interpolating maps showed that Zn, Ni and Pb are found in the southern region (near Darab city), Cd is found in the north (near Fasa city) and Cu is found in the northern, central and southern parts.

5. Conclusion

The results of this study showed that the mean concentrations of Pb, Ni, Zn, Cu and Cd in the roadside margins were higher. Statistically, there was a significant difference between the mean concentrations of Pb, Ni, Zn, Cu and Cd within 5 m of the roads and the values (out-of-town locations and other pollutant sources) and in most observations of concentrations of Pb, Ni, Zn, Cu and Cd are higher than background values. This difference is related to the impact of traffic and transportation factors on the contamination of the roadside. Therefore, caution should be exercised in the application of these soils to create green space and even plant crops. The results also showed that Pb and Cd concentrations in areas close to gas pumps and urban areas were higher than other areas, indicating the impact of human activities.

Keywords: Pollutants, heavy metals, Igeo index, CF index, PLI index, RI index, kriging method, road distance.

References :

- Abanuz, Y. (2011). Heavy metal contamination of surface soil around Gebze industrial area, Turkey. *Microchemical Journal*, 99, 82-92.
- Aguilar Pesantes, A., Peña Carpio, E., Vitvar, T., María Mahamud López, M., & Menéndez-Aguado, J.M. (2019). A multi-index analysis approach to heavy metal pollution assessment in river sediments in the Ponce Enríquez area. *Ecuador Water*, 11(3), 590-598.

- Al-Chalabi, A.S., & Hawker, D. (2000). Distribution of vehicular Pb in roadside soils of major roads of Brisbane, Australia. *Water, Water Air Soil Poll*, 118, 299–310.
- Angulo, E. (1996). The Tomlinson pollution load index applied to heavy metal, ‘Mussel-Watch’ data: A useful index to assess coastal pollution. *Science of the Total Environment*, 187(1), 19-56.
- Bakirdere, S., & Yaman, M. (2008). Determination of Pb, Cd and Cu in roadside soil plants in Elazig, Turkey. *Environmental monitoring and assessment*, 136, 401-410.
- Carlson, C., D’Alessandro, M., & Swartjes, F. (2007). Derivation methods of soil screening values in Europe. A review and evaluation of national procedures towards harmonization. *European Commission, Joint Research Centre, Ispra, EUR*, 306.
- Chan, L.S., Ng, S.L., Davis, A.M., Yim, W.W., & Yeung, C.H. (2001). Magnetic properties and heavy-metal contents of contaminated seabed sediments of Penny’s Bay, Hong Kong. *Marine Pollut Bull*, 42(7), 569-83.
- Chaturvedi, A., Bhattacharjee, S., Mondal, G. C., Kumar, V., Singh, P. K., & Singh, A. K. (2019). Exploring new correlation between hazard index and heavy metal pollution index in groundwater. *Ecological Indicators*, 97, 239-246.
- Chen, J., Wei, F., Zheng, C., Wu, Y., & Adriano, D.C. (1991). Background concentrations of elements in soils of China. *Water Air Soil Poll*, 57(1), 699-712.
- Dash, S., Swapna Borah, S., & Kalamdhad, A. (2019). A modified indexing approach for assessment of heavy metal contamination in Deepor Beel, India. *Ecological Indicators*, 106, 105-114.
- Dolezalova, W. H., Pavlovsky, J., & Chovanec, P. (2014). Heavy metal contamination on urban soil in Ostrva, Czech Republic: Assessment of metal pollution and using principal component analysis. *International Journal of Environmental Research*, 9(2), 683-96.
- Elik, A. (2003). Heavy metal accumulation in street dust samples in Sivas. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34, 145–156.
- Fakayode, S.O., & Olu-Owolabi, B.I. (2003). Heavy metal contamination of roadside topsoil in Osogbo, Nigeria: its relationship to traffic density and proximity to highways. *Environmental Geology*, 44(2), 150-7.
- Feng, Y., Bao, Q., Yunpeng, C., Lizi, Z., & Xiao, X. (2019). Stochastic potential ecological risk model for heavy metal contamination in sediment. *Ecological Indicators*, 102, 246-251.
- Hakanson, L. (1980). An ecological risk index for aquatic pollution control. A sedimentological approach. *Water Research*, 14(8), 975-1001.
- Harrison, R.M., & Laxen, D.P.H. (1977). A comparative study of methods for the analysis of total Pb in soil. *Water Air Soil Poll*, 8, 387-392.
- Harrison, R.M., Laxen, D.P., & Wilson, S.J. (1981). Chemical associations of lead, cadmium, copper, and zinc in street dusts and roadside soils. *Environmental Science & Technology*, 15(11), 1378-1383.
- Hegazi, A.A., & El-Kady, A. (2010). Effect of road dust on vegetative characters and leaves heavy metal contents of Zizyphus Spina-christi (L.). willd, Syzygiumcuimini (L.) skeels and Olea europea L. seedlings. *Journal of Horticulture Science and Ornamental Plants*, 2, 98-107.
- Islam, M.S., Ahmed, M.K., Raknuzzaman, M., Habibullah-Al-Mamun, & M., Islam, M.K. (2015). Heavy metal pollution in surface water and sediment: a preliminary assessment of an urban river in a developing country. *Ecological indicators*, 48, 282-291.
- Jia, L., Wang, W., Li, Y., & Yang, L. (2010). Heavy metals in soil and crops of an intensively farmed area: A case study in Yucheng City, Shandong Province, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* , 7, 395-412.

- Jinfei, F., Jian, Z., Xinmin, B., & Weijian, Z. (2012). Spatial distribution and controlling factors of heavy metals contents in paddy soil and crop grains of rice–wheat cropping system along highway in East China. *Environmental geochemistry and health*, 34, 605- 614.
- Kabata-Pendias, A.P., & Pendias, H.H. (2001) Trace Elements in Soils and Plants. *CRC press*.
- Khalifa, M., & Gad, A. (2018). Assessment of heavy metals contamination in agricultural soil of southwestern Nile Delta, Egypt. *Soil Sediment Contam*, 27(7), 619-642.
- Li, X., Poon, C.S., & Liu, P.S. (2001). Heavy metal contamination of urban soils and street dusts in Hong Kong. *Applied geochemistry*, 16, 1361–1368.
- Liu, M., Yang, Y., Yun, X., Zhang, M., Li, Q.X., & Wang, J. (2014). Distribution and ecological assessment of heavy metals in surface sediments of the East Lake, China. *Ecotoxicology*, 23(1), 92-101.
- Masoudi, S.N., Ghajar Sepanlo, M., & Bahmanyar, M.A. (2012). Distribution of Pb, Cd, Cu and zinc in roadside soil of Sari-GHaemshahr, rood, Iran. *African Journal of Agricultural Research*, 7, 198-204.
- Naser, H.M., Sultana, S., Gomes, R., & Noor, S.H. (2012). Heavy metal pollution and vegetable grown near roadside at Gazipur. *Agricultural Research* 37: 9-17. Page AL, Miller RH and Keeney DR, 1982. Methods of soil analysis The chemistry of submerged soils. *Adv Agron*, 24, 26-92.
- Ndiokwere, C. L. (1984). A study of heavy metal pollution from motor vehicle emissions and its effect on roadside soil, vegetation and crops in Nigeria. *Environmental Pollution (Series B)*, 7, 35-42.
- Pagotto, C., Remy, N., Legret, M., & LeCloirec, P. (2001). Heavy metal pollution of road dust and roadside soil near a major rural highway. *Environ Technol*, 22, 307-319.
- Pendias, A.K., & Pendias, H. (1992). *Trace Elements in Soils and Plants*. Boca Ratton Arbor, London.
- Princewell-Ogbonna, L., & Ogbonna, C. (2011). Heavy metal content in soil and medicinal plants in high traffic urban area. *Pakistan Journal of Nutrition*, 10, 618-624.
- Qing, X., Yutong, Z., & Shenggao, L. (2015). Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. *Ecotoxicology and environmental safety*, 120, 377-85.
- Rahman, S.H., Khanam, D., Adyel, T.M., Islam, M.S., Ahsan, M.A., & Akbor, M.A. (2012). Assessment of heavy metal contamination of agricultural soil around Dhaka Export Processing Zone (DEPZ), Bangladesh: implication of seasonal variation and indices. *Applied Science*, 2(3), 584-601.
- Robinson, T.P., & Metternicht, G. (2006). Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. *Computers and electronics in agriculture*, 50(2), 97-108.
- Safari Sinegani, A.A. (2007). Temporal and spatial variability of Pb levels in Salsola kali near Razan-Hamadan highway. *JASEM*, 11, 143-146.
- Sarkar, B. (2002). *Heavy metals in environment*. New York: Marcel Dekker.
- Sheng-Gao, L.U., Shi-Qiang, B.A., & Li-Xia, F.U. (2008). Magnetic properties as indicators of Cu and Zn contamination in soils. *Pedosphere*, 18(4), 479-85.
- Shi, J., Wang, H., Xu, J., Wu, J., Liu, X., Zhu, H., & Yu, C. (2007). Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of Changxing, China. *Environmental Geology*, 52(1), 1-0.
- Sobotra, K., & Tanda, F. (2006). Evaluation of Pb and Cd concentrations in soils and bedrocks. *Environmental Pollutant*, 12, 457-460.
- Van Bohemen, H.D., Janssen, V.D., & Laak, W.H. (2003). The influence of road infrastructure and traffic on soil, air and water quality. *Environmental Management*, 31, 50-68.

-
- Wang, Z., Wang, Y., Chen, L., Yan, C., Yan, Y., & Chi, Q. (2015). Assessment of metal contamination in coastal sediments of the Maluan Bay (China) using geochemical indices and multivariate statistical approaches. *Marine Pollution Bulletin*, 99(1-2), 43-53.
- Wojciechowska, E., Nawrot, N., Walkusz-Miotk, J., Matej-Łukowicz, K., & Pazdro, K. (2019). Heavy metals in sediments of urban streams: Contamination and health risk assessment of influencing factors. *Sustainability*, 11(3), 563-575.

Zoning of Flood Risk in Kashkan River basin using Two Models WOE and EBF

Fahimeh Azadi ^{a*}, Seyed Hasan Sadough ^b, Manijeh ghahroudi ^c, Himan Shahabi ^d

^a PhD student in Geomorphology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran,

^b Professor, Department of Geomorphology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

^c Professor, Department of Geomorphology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

^d Associate Professor, Department of Geomorphology, Kurdistan University, Sanandaj, Iran

Received: 21 September 2019

Accepted: 29 July 2020

1. Introduction

Among natural disasters, floods are of the most devastating. The accurate assessment of its dangers has failed at various scales due to lack of information and knowledge about flood losses. During heavy rains, flow in a river increases rapidly and the water level rises above normal and covers the floodplain and its surroundings and causes floods. Catastrophic floods occur in the Kashkan River basin every year. Due to the abundance of floods in this region, flood sensitivity maps should be considered to prevent loss of life and economic damage. From 1955 to 2011, the Kashkan River was faced with 16 floods with a volume of more than 1000 cubic meters per second, which was one of the most severe floods in 2019 in this river. The April 2019 flood was one of the most unprecedented floods that's recorded in the last 200 years; therefore, the development of flood sensitivity maps and river area preparation to identify flood areas in the watershed is essential to improve flood management and decision making. The main purpose of this study is to evaluate the performance of the weighted evidence function and the definitive evidence function to prepare a flood susceptibility map in the Kashkan River watershed.

2. Study Area

Kashkan River is one of the most important and full of water branches of Karkheh river which collects the waters of a large area of Lorestan province. This river joins Seymareh river in the southwest of Poldokhtar in an area called Kol-e-Sefi and forms Karkheh river.

The length of Kashkan river is about 270 km and its catchment area upstream of Kashkan-Poldakhtar station is 9400 square kilometers. The main drainage system of the Kashkan river first consists of the join together branches of the Hero and Aleshtar doab rivers in the northeast and north of the basin, respectively, from east to west and north to south. These tributaries which originate from the high and snow capped Garin and Misho paro mountains along the main route joins other sub-rivers such as Cham

*. Corresponding author: Fahimeh Azadi E-mail: fahimehazadi402@yahoo.com

Tel: +989227848966

Zakaria, Khorram Rud, Chulhol, and Madian Rivers. The largest recorded flood in the province was the flood on April 1, 2019 in Kashkan River with a peak discharge of 6500 cubic meters per second. The amount of damage caused by it in different sectors was estimated 11 thousand billion Tomans (report of the provincial crisis headquarters 2019).

3. Materials and Methods

The geographical location map of 260 flood points in the region was prepared based on the information of Lorestan Regional Water Company. This set was randomly divided into two groups including training group data (70%) and validation group data (30%). In this study several factors used including slope percentage, slope direction, height, distance from river, river density, distance from road, land use, soil type, slope curvature, lithology, vegetation, rainfall, NDVI, stream capacity index (SPI) And topographic wet index (TWI) were considered for zoning of flood risk potential. It should be noted that the classification of the layers was done according to the conditions of the region and experts' opinion. The tools used in this study were divided into two parts: physical tools including DEM maps, geological maps, land use and waterway, and conceptual tools including ArcGIS and Excel software. Two methods, WOE and EBF, were used. The WOE method or evidence weight method is a data-driven method used to combine data sets and is based on the use of a linear form of the Bayesian probability model to estimate the relative importance of evidence using statistics. The EBF method includes several parameters Bel or degree of confidence, Dis degree of uncertainty, Unc or degree of uncertainty, and Pls degree of reasonableness in the range between zero and one. The main part of this theory is presented by the degree of certainty and the degree of reasonableness, so the degree of reasonableness is greater than or equal to the degree of certainty. Data extracted from EBF not only estimates the spatial correlation between effective factors and flood occurrence but also the spatial correlation between classes of each effective factor.

4. Results and Discussion

According to the model of gravitational evidence and the function of conclusive evidence, southeast direction, slope of 0-5%, altitude of 448-900 m, soil type (Inceptisol/Vertisol), distance from the river (0-50), river density (0.43-0.69), residential use, rain (348-450mm), concave slope curvature, Lithology (OMq), TWI (high floor), SPI (very low), NDVI (very low) and the distance from the road (200-150 meters) have the greatest impact on creating flood potential. The maps obtained from the EBF model include degrees of certainty (Bel), uncertainty (Dis), unreliability (Unc) and probability (Pls) in the range between zero and one, and the sum of the values of certainty, uncertainty and unreliability is 1. As can be seen 47/32% of the study area is in the medium to very high risk class. Among the studied WOE and EBF models, the highest accuracy was attributed to the EBF model (0.875); Therefore, in terms of flood risk potential, the EBF model performs better than the WOE model.

5. Conclusion

In this study, two models, EBF and WOE, were used to predict flood risk potential. The largest area of areas with very high potential was observed in the WOE model. The results of the study showed that flooding is the result of various environmental and human factors. Based on the presented flood risk forecast map, appropriate management measures can be taken to reduce flood damage and casualties. Areas that have a very high potential for flooding according to the final plan should be given more attention while planning.

Keywords: Flood, Kashkan River Watershed, WOE Model, EBF Model

References (In Persian)

- Alavicheh, E., Karimi, S., & Alavipoor, F. (2017). ارزیابی آسیب پذیری مناطق شهری در برابر سیل با منطق فازی (مطالعه موردی: منطقه ۲۲ تهران) [Assessing the vulnerability of urban areas to floods with fuzzy logic (Case study: District 22 of Tehran)]. *Journal of Environmental Science and Technology*, 5, 1-12.
- Azad Talab, M., Shahabi, H., Chapi, K., & Shirzadi, A. (2018). پیش‌بینی مکانی مخاطره سیلاب در شهر سنندج با استفاده از مدل‌های ترکیبی [Spatial flood risk forecasting in Sanandaj city using hybrid models]. Master Thesis in Environmental Hazards. The University of Kordestan.
- Behdarvand, N., Kaboli, M., Jabarian Amiri, B., Ebrahimipoor, R., Asadi Aghbolaghi M., & Imani Harsini, J. (2014). شناسایی مناطق پرخطر و عوامل محیطی مؤثر بر حملات گرگ به دام در استان همدان با به MAXENT . [Identification of high risk areas and environmental factors affecting wolf attacks on livestock in Hamadan province using MAXENT modeling method]. *Natural Environment*, 67(3), 245-252.
- Hoseini, M., Jafarbeigloo, M., & Geravand, F. (2015). تعیین پهنه‌های سیل‌گیر رود کشکان با استفاده از مدل هیدرولیکی به منظور کاهش مخاطرات سیل [Determination of floodplains of Kashkan River using hydraulic model in order to reduce flood risks]. *Environmental Risk Management*, 2(3), 355-369.
- Khosravi, Kh., Maroufnia, E., Noohani, E., & Chapi, K. (2012). ارزیابی کارایی مدل رگرسیون لجستیک در تهیه نقشه حساسیت به وقوع سیل [Evaluating the efficiency of logistic regression model in preparing flood susceptibility map]. *Iranian Journal of Natural Resources*, 69(4), 863-876.
- Poorghasemi, H., Moradi, H., Mohammadi, M. (2013). پهنه‌بندی حساسیت زمی نلغزش با استفاده از مدل احتمالاتی وزن واقعه [Landslide sensitivity zonation using a probabilistic event weight model]. *Journal of Spatial Information Technology Engineering*. 1 (2): 80-69.
- Rahmani, M., Oboori, M., & Mola Aghajanzadeh, S. (2015). پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از (مطالعه موردی: شهر OWA) و سناریوهای میانگین وزنی مرتب‌شده (WLC) روش‌های همپوشانی ترکیب خطی وزنی (Urban Flood Risk Zoning Using Weighted Linear Composition (WLC) Overlap and Arranged Mean Weight (OWA) Scenarios Case Study: Sari / Mazandaran / Iran]. International Conference on New Research in Agricultural and Environmental Sciences. University of Tehran, Tehran.

- و EBF تهیه‌ی نقشه‌ی حساسیت سیلاب با استفاده از ترکیب مدل باور شهودی . (Razavi, V., & Malek, M. (2016) .
 [Preparation of flood sensitivity map using a combination of intuitive belief model (EBF) and hierarchical analysis (AHP) (Case study: Jahrom city]. *Journal of Surveying and Spatial Information Engineering*, 3, 1-15.
- پتانسیل‌یابی مناطق مستعد سیل با استفاده از مدل شاخص آماری و وزن . (Siahkamari, S., & Zeynivand, H. (2015).
 [Potential of flood prone areas using statistical index model and weight of evidence (Case study: Maderso watershed, Golestan)]. *Remote Sensing and GIS in Natural Resources*, 7(4), 116-131.

References (In English)

- Arianpour, M., & Jamali, A. A. (2015). Flood hazard zonation using Spatial Multi-Criteria Evaluation (SMCE) in GIS (Case Study: Omidieh-Khuzestan). *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 4(1), 39-49.
- Bui, D. T., Panahi, M., Shahabi, H., Singh, V. P., Shirzadi, A., Chapi, K., ... & Ahmad, B. B. (2018). Novel hybrid evolutionary algorithms for spatial prediction of floods. *Scientific Reports*, 8(1), 1-14.
- Chapi, K., Singh, V. P., Shirzadi, A., Shahabi, H., Bui, D. T., Pham, B. T., & Khosravi, K. (2017). A novel hybrid artificial intelligence approach for flood susceptibility assessment. *Environmental Modeling & Software*, 95, 229-245.
- Chen, J., Zhao, S., & Wang, H. (2011). Risk analysis of flood disaster based on fuzzy clustering method. *Energy Procedia*, 5, 1915-1919.
- Grahn, T., & Nyberg, L. (2017). Assessment of pluvial flood exposure and vulnerability of residential areas. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 21, 367-375.
- Khosravi, K., Pourghasemi, H. R., Chapi, K., & Bahri, M. (2016). Flash flood susceptibility analysis and its mapping using different bivariate models in Iran: a comparison between Shannon's entropy, statistical index, and weighting factor models. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188(12), 656. 10.1007/s10661-016-5665-9
- Pradhan, B. (2010). Flood susceptible mapping and risk area delineation using logistic regression, GIS and remote sensing. *Journal of Spatial Hydrology*, 9(2) 1-18.
- Rahmati, O., Pourghasemi, H. R., & Zeinivand, H. (2016). Flood susceptibility mapping using frequency ratio and weights-of-evidence models in the Golestan Province, Iran. *Geocarto International*, 31(1), 42-70.
- Song, K. Y., J. Oh, J. Choi, I. Park, C., & Lee, S. (2012). Prediction of landslides using ASTER imagery and data mining models. *Advances in Space Research*, 49, 978-993.
- Tehrany, M. S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. (2014). Flood susceptibility mapping using a novel ensemble weights-of-evidence and support vector machine models in GIS. *Journal of Hydrology*, 512, 332-343.
- Verikou-Papaspiridakou, E. (2003). Investigating the flooding events of the urban regions of Glyfada and Voula, Attica, Greece: a contribution to Urban Geomorphology. *Geografiska Annaler: Topal, T., & Suzen, M. L. (2012). GIS-based landslide susceptibility mapping using bivariate statistical analysis in Devrek (Zonguldak-Turkey). Environmental Earth Science*, 65, 2161- 2178

Analysis of Hydrogeomorphic Properties of Aland Chai Basin to Prioritize Sub-Basins in terms of Flood Sensitivity

Mohammad Hossein Rezaei Moghaddam^{a*}, S.Asedolah Hejazi^b, Khalil Valizadeh Kamran^c, Tohid Rahimpour^d

^a Professor of Geomorphology, Department of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

^b Associate Professor of Geomorphology, Department of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

^c Associate Professor of RS and GIS, Department of GIS and RS, University of Tabriz, Tabriz, Iran

^d PhD Candidate in Geomorphology, Department of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Received: 16 December 2019

Accepted: 29 July 2020

1. Introduction

Flood is a disaster which causes a lot of economic damages to farmlands, forests, gas and power transmission lines, roads, engineering structures, and buildings. There are numerous floods in the northwest of the country at the beginning of spring and the start of spring rains, which in most cases results in heavy damage. The purpose of this study is Geographic Information System (GIS)-based analysis of hydrogeomorphic properties of Aland Chai Basin for preparing flood sensitivity map. To this aim, hydrogeomorphic parameters of sub-basins have been studied from three aspects of drainage network characteristics (e.g., stream order, streams number, streams length, stream frequency, bifurcation ratio, length of overland flow, drainage density, drainage texture, texture ratio, infiltration number, constant of channel maintenance, and rho coefficient), basin geometry (e.g., basin area, compactness coefficient, circulatory ratio, elongation ratio, form factor, and shape factor) and relief properties (relief, relief ratio, ruggedness number, and gradient).

2. Study area

Aland Chai basin is located between 38, 30' and 38, 48' N and between 44, 15' and 45, 01' E in the West Azerbaijan province. It covers an area of 1147.30 km² and it is situated in the north-western part of Iran. This basin is one of the sub-basins of the Aras River basin to which surface water flows after joining the grand Qotour River. Basin elevation variations are from 1093m in the Aland Chai River bed to 3638m above sea level in the Avrin Mountain.

*. Corresponding author: Mohammad Hossein Rezaei Moghaddam. E-mail: Rezmogh@tabrizu.ac.ir Tel: +989144142190

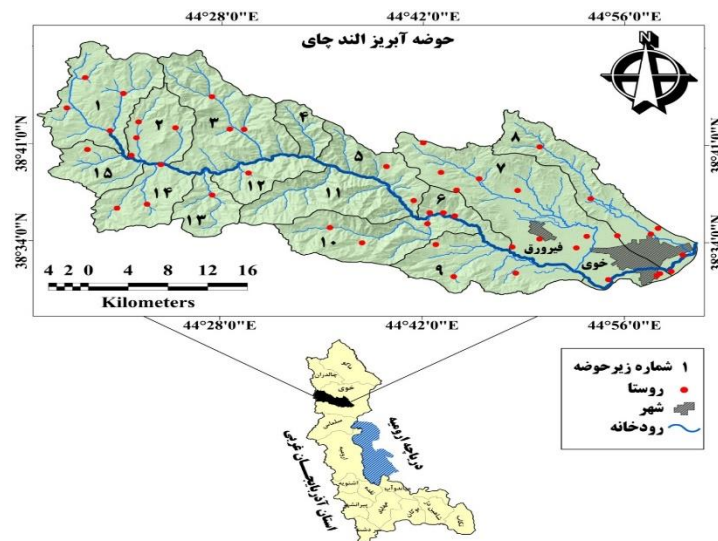


Figure 1. The study area location in the West Azerbaijan province

3. Materials and Methods

The Step-Wise Weight Assessment Ratio Analysis (SWARA) model was introduced to the provided relational database in weighting of data layers. SWARA technique is one of the multi-criteria decision methods which was developed by Keršuliene et al. (2010). In this method, an expert has an important role in evaluating and calculating weights. Based on this method, the most significant criterion is ranked as the first, while the least significant one is ranked as the last.

4. Results and Discussion

Hydrogeomorphic analysis plays an important role in the analysis of hydrological behavior of the basins. In the present study, 22 hydrogeomorphic parameters were analyzed from three aspects of drainage network characteristics, shape parameters, and relief properties in order to investigate the role of these parameters in flood sensitivity of Aland Chai basin. Digital Elevation Model (DEM) with 12.5m spatial resolution and ArcGIS software were used to generate the data layers maps. In the next step, all necessary weights were calculated for factors and Sub-basins using SWARA model. According to a comparison between factors for each sub-basin, it was specified that sub-basins 3, 1, 4, and 2 (weighted as 0.142, 0.122, 0.091, and 0.087) have the highest impacts on Flood occurrence in study area. On the contrary, sub-basins 13 and 6 (weighted as 0.018 and 0.020) show the lowest weight.

5. Conclusion

In this study, an attempt was investigated to identify sub-basins with high potential for flood occurrence in Aland Chai basin. Based on the effective parameters, flood occurrence inside of Aland Chai basin could be separated into 5 distinguished classes from very high to very low flood susceptibility. According to the SWARA-based flood susceptibility map, sub-basins 3, 1, 4, and 2 of the study area have very high potential,

sub-basin 7, 15 and 11 have high susceptibility, sub-basin 12, 5, and 9 have moderate susceptibility, sub-basins 8, 10, and 14 have low susceptibility, and sub-basins 6 and 13 have very low susceptibility toward flood occurrence. The total area of sub-basins in the high and very high class of flood is 656.72 km², which comprises 57.24% of the total Aland Chai basin. Therefore, according to the results of the study, it is necessary to take protective measures such as watershed planning and dam construction in the sub-basins that are highly sensitive to prevent flood or reduce potential damages in case of flooding.

Keywords: Flood, Hydrogeomorphic analysis, Prioritization, GIS, SWARA, Aland Chai Basin

References (In Persian)

- Arab Ameri, A., Pourghasemi, H. R., & Shirani, K. (2017). Pahneshbandi Hasasiyateh Seil Giri ba estefadeh az raveshah tarkibi nowin teori bizin-farayandeh tahlil selseleh maratebi (motale moredi: hozeh abkhiz Naka-ostan Mazandaran) [Flood susceptibility zonation using new ensemble Bayesian-AHP methods (Case study: Neka Watershed, Mazandaran Province)]. *Iranian Journal of Eco Hydrology*, 4(2), 1-15.
- Badri, B., Zare Bidaki, R., Honarbakhsh, A., & Atashkhar, F. (2016). Olaviyat bandi zirhozeh hayeh abkhiz Behesht Abad az nazareh Potansieleh Seil Khizi [Prioritization of flooding potential in Beheshtabad Subbasins]. *Physical Geography Research Quarterly*, 48(1), 143-158.
- Rezaei Moghaddam, M. H., Yasi, M., Nikjoo, M. R., & Rahimi, M. (2017). Pahneshbandi va Tahlil Morfologiki Seilabhayeh roudkhaneh Ghareh Sou ba estefadeh az model hydrodynamic HEC-RAS [Flood zonation and morphological analysis of Qaraso River using HEC-RAS hydrodynamic model (From Pirazmeyeran Village to the Confluence of Ahar-Chay River)]. *Geography and Environmental Hazards*, 48, 1-15.

References (In English)

- Abuzied, S., Yuan, M., Ibrahim, S., Kaiser, M., & Saleem, T. (2016). Geospatial risk assessment of flash floods in Nuweiba area, Egypt. *Journal of Arid Environments*, 133, 54-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.06.004>.
- Ahmadisharaf, E., Tajrishy, M., & Alamdari, N. (2016). Integrating flood hazard into site selection of detention basins using spatial multi-criteria decision-making. *Journal of Environmental Planning and Management*, 59, 1397-1417. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1077104>.
- Bisht, S., Chaudhry, S., Sharma, S., & Soni, S. (2018). Assessment of flash flood vulnerability zonation through Geospatial technique in high altitude Himalayan watershed, Himachal Pradesh India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 12, 35-47. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.09.001>.
- Borga, M., Gaume, E., Creutin, J.D., & Marchi, L. (2008). Surveying flash floods: gauging the ungauged extremes. *Hydrological Processes*, 22, 3883-3885. <https://doi.org/10.1002/hyp.7111>.
- Chandrashekara, H., Lokesh, K.V., Sameena, M., Roopa, J., & Ranganna, G. (2015). GIS – based morphometric analysis of two reservoir catchments of Arkavati River, Ramanagaram

- District, Karnataka. International Conference On Water Resources, Coastal And Ocean Engineering (ICWRCOE 2015). doi: 10.1016/j.aqpro.2015.02.175.
- Christopher, O., Idowu, A., & Olugbenga, A. (2010). Hydrological analysis of Onitsha North East drainage basin using Geoinformatic techniques. *World Appl. Sci. J*, 11(10), 1297-1302.
- Cloke, H.L., & Pappenberger, F. (2009). Ensemble flood forecasting: a review. *Journal of Hydrology*, 375(3), 613-626. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.06.005>.
- Das, S. (2019). Geospatial mapping of flood susceptibility and hydro-geomorphic response to the floods in Ulhas basin, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 14, 60-74. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2019.02.006>.
- Degiorgis, M., Gnecco, G., Gorni, S., Roth, G., Sanguineti, M., & Celeste Taramasso, A. (2012). Classifiers for the detection of flood prone areas using remote sensed elevation data. *Journal of Hydrology*, 470-471. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.09.006>.
- Faniran, A. (1968). The index of drainage intensity – a provisional new drainage factor. *Australian Journal of Science*, 31, 328-330.
- Furl, C., Sharif, H., Zeitler, J.W., El Hassan, A., & Joseph, J. (2018). Hydrometeorology of the catastrophic Blanco River flood in South Texas, May 2015. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 15, 90-104. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2017.12.001>.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56(3), 275-370.
- Kale, V. S., & Gupta, A. (2001). *Introduction to geomorphology*. Academic (India). Publishers New Delhi.
- Kendall, M. G. (1970). *Rank correlation methods* (4th ed.). London: Griffin.
- Keršulienė, V., Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). Selection of rational dispute resolution method by applying new step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA). *Journal of Business Economics and Management*, 11(2), 243-258. <https://doi.org/10.3846/j.bem.2010.12>.
- Kourgialas, N.N., & Karatzas, G.P. (2011). Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas—a case study. *Hydrological Sciences Journal*, 56(2), 212-225. <https://doi.org/10.1080/02626667.2011.555836>.
- Kumar Rai, P., Narayan Mishra, V., & Mohan, K. (2017). A study of morphometric evaluation of the Son basin, India using geospatial approach. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 7, 9-20. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rsase.2017.05.001>.
- Mahmood, S., & Rahman, A. (2019). Flash flood susceptibility modelling using geomorphometric approach in the Ushairy Basin, eastern Hindu Kush. *J. Earth Syst. Sci*, 128(97), 1-14. <https://doi.org/10.1007/s12040-019-1111-z>.
- Mahmood, S., & Rahman, A. (2019). Flash flood susceptibility modeling using geomorphometric and hydrological approaches in Panjkora Basin, Eastern Hindu Kush, Pakistan. *Environmental Earth Sciences*, 78(43), 1-16. <https://doi.org/10.1007/s12665-018-8041-y>.
- Mesa, L. M. (2006). Morphometric analysis of a subtropical Andean basin (Tucuman, Argentina). *Environ. Geol*, 50(8), 1235-1242.
- Miller, V.C. (1953). A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee. *Technical Report*, 3, 389-402.
- Nookaratnam, K., Srivastava, Y. K., Venkateswarao, V., Amminedu, E., & Murthy, K. S. R. (2005). Check dam positioning by prioritization of micro-watersheds using SYI model and morphometric analysis - remote sensing and GIS perspective. *Jour. Indian Soc. Remote Sens*, 33(1), 25-38.

- Ozdemir, H., & Bird, D. (2009). Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods. *Environmental Geology*, 56(7), 1405-1415. <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1235-y>.
- Prasad, R. N., & Pani, P. (2017). Geo-hydrological analysis and sub watershed prioritization for flash flood risk using weighted sum model and Snyder's synthetic unit hydrograph. *Modeling Earth Systems and Environment*, 3(4), 1491-1502. <https://doi.org/10.1007/s40808-017-0354-4>.
- Ramani Sujatha, E., Selvakumar, R., Rajasimman, U.A.B., & Victor, R.G. (2015). Morphometric analysis of sub-watershed in parts of Western Ghats, South India using ASTER DEM, Geomatics. *Natural Hazards and Risk*, 6, 326-341. <http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2013.845114>.
- Reddy, O.G.P., Maji, A.K., & Gajbhiye, S.K. (2004). Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in a basaltic terrain, Central India-a remote sensing and GIS approach. *Int J Appl Earth Observation Geoinf*, 6(1), 1-16.
- Schanze, J., Zeman, E., & Marsalek, J. (2006). *Flood risk management: hazards, vulnerability and mitigation measures*. Springer, Dordrecht, <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-4598-1>.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5), 597-646. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2).
- Shulits, S. (1968). Quantitative formulation of stream and watershed morphology. *Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology*, 3, 201-207.
- Singh, N., & Singh, K. K. (2017). Geomorphological analysis and prioritization of sub-watersheds using Snyder's synthetic unit hydrograph method. *Applied Water Science*, 7(1), 275-283. <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0243-1>.
- Singh, S., & Singh, M.C. (1997). Morphometric analysis of Kanhar river basin. *Natl. Geogr. J. India*, 43(1), 31-43.
- Smith, K. G. (1950). Standards for grading texture of erosional topography. *Am. J. Sci*, 248, 655-668.
- Strahler, A. N. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks*. Handbook of applied hydrology.
- Taha, M. M. N., Elbarbary, S. M., Naguib, D. M., & El-Shamy, I. Z. (2017). Flash flood hazard zonation based on basin morphometry using remote sensing and GIS techniques: A case study of Wadi Qena basin, Eastern Desert, Egypt. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 8, 157-167. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.08.007>.
- Tang, Z., Zhang, H., Yi, Sh., & Xiao, Y. (2018). Assessment of flood susceptible areas using spatially explicit, probabilistic multi-criteria decision analysis. *Journal of Hydrology*, 558, 144-158. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.01.033>.
- Van Tu, T., Duc, D.M., & Tung, N.M. (2016). Preliminary assessments of debris flow hazard in relation to geological environment changes in mountainous regions, North Vietnam. *Vietnam Journal of Earth Sciences*, 38(3), 277-286.
- Yousefi, S., Mirzaee, S., Keesstra, S., Surian, N., Pourghasemi, H. R., Zakizadeh, H. R., & Tabibian, S. (2018). Effects of an extreme flood on river morphology (case study: Karoon River, Iran). *Geomorphology*, 304, 30-39. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.12.034>.
- Zavadskas, E. K., & Vilutiene, T. (2006). A multiple criteria evaluation of multi-family apartment block's maintenance contractors: I-model for maintenance contractor evaluation and the determination of its selection criteria. *Building and Environment*, 41(5), 621-632.

-
- Zavadskas, E. K., Turskis, Z., Ustinovichius, L., & Shevchenko, G. (2010). Attributes weights determining peculiarities in multiple attribute decision making methods. *Economics of Engineering Decisions*, 21(1), 32-43.

Analysis of Key Factors Affecting the Promotion of Resilience of Rural Settlements against Environmental Hazards (Case Study: Rural Settlements of Fariman City)

Fahimeh Jafari ^a, Hamid Shayan ^{b*}, Homa Bataghva Sarabi ^c

^a Ph.D. Candidate in Geography and Rural Planning, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

^b Professor, Department of Geography and Rural Planning, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

^c Master of Geography and Rural Planning Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Received: 11 May 2020

Accepted: 29 July 2020

1. Introduction

There are dramatic changes in attitudes toward risk today; thus, the prevailing view has shifted from focusing solely on reducing "vulnerability" to increasing "resilience" to disasters. Resilience is a kind of futurism emerging due to the dynamic response of society to risks which can have an impact on expanding policy choices to deal with uncertainty and changes. Accordingly, on a global scale, in a situation where risks and uncertainties are rising, efficient natural disaster planning and management strategies are highly required. As a result, human societies can reduce vulnerability at different levels, especially at the local level. Accordingly, one of the most effective approaches in risk management, planning, and increasing the resilience of rural settlements is the futuristic approach., uncertainties in the planning process can be detected and managed by analyzing the main factors and drivers of development.

2. Study Area

The study area in this research is the rural settlements of Fariman. Fariman is one of the cities of Khorasan Razavi. In 2016, it had a population of 99001 people and consisted of two central parts of Qalandarabad and five villages named Fariman, Sang Bast, Balaband, Sefid Sang, and Qalandarabad. It has a total of 177 inhabited villages. Fariman Sangbast, Qalandarabad, Kalateh Minar, and Barashk rivers flow to this region while it is located on an active fault. The studied villages include 29 villages in Qalandarabad district who have suffered human and financial losses due to floods and earthquakes. According to the city governor's office, in villages where the earthquake occurred, about 40 to 100 percent has been destroyed. Besides, according to the city housing foundation, 285 rural housing units and 324 livestock places have been damaged due to the flood for about 10 to 100 percent. More importantly, 200 hectares of wheat and saffron fields in Fariman have been damaged due to flood. In general, about 15 billion toman of the damage has been caused by floods to farms, livestock, and roads in Qalandarabad, Fariman.

*. Corresponding author: Hamid Shayan.

E-mail: shayan34@yahoo.com

Tel: +989155161518

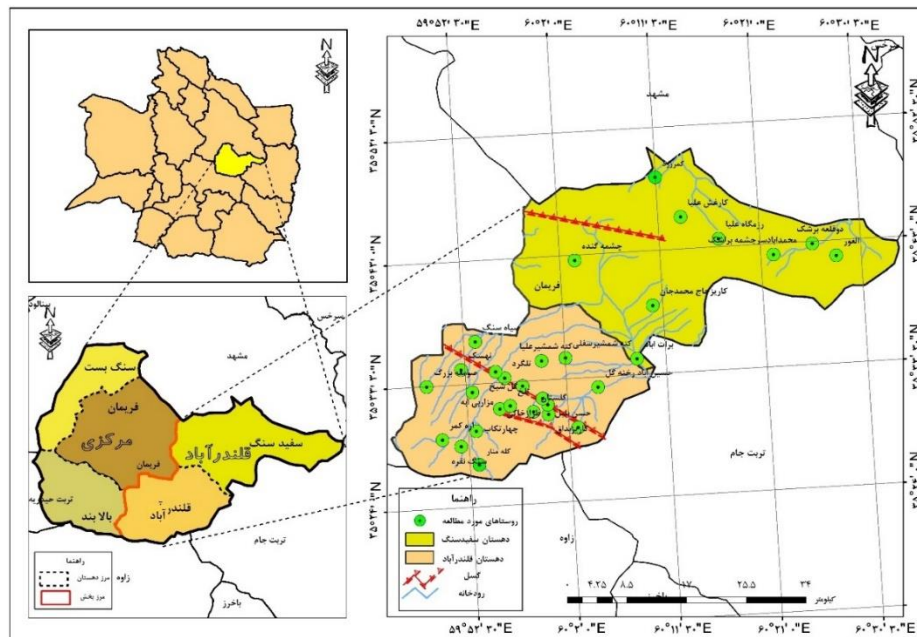


Figure 1. Introduction of the Study Area

3. Materials and Methods

The present research is an applied one in terms of purpose and nature which is conducted using new methods of futures studies, analytical, and structural ones. It is a mixed methods approach using a combination of both quantitative and qualitative models. The present study identifies the most important factors affecting the promotion of resilience of rural settlements against environmental hazards in Fariman. To this end, Delphi technique has been applied to identify variables and indicators. In this regard, first, to collect the variables, published scientific-research articles on the factors affecting the increase of resilience against environmental hazards were used. Then, a semi-structured questionnaire was designed and distributed using selected Delphi method in several stages among selected experts - experts in the field of research and rural managers. In order to consciously select the participants, purposive sampling method was used. The statistical population of the present study is 50 people including 29 villagers and members of Islamic councils of the studied villages while 21 others involved 8 university professors, 7 doctoral students and specialists in the study area, 3 experts of the housing foundation of the Islamic Revolution of Khorasan Razavi, and 3 experts of the city governors. The applied futuristic method of the study is used for cross-impact analysis. This method is an expert-centered method through which a few results are obtained. The method is based on the analysis of interactions in the matrix. In crossover effects analysis, events along with events and trends are considered as independent variables and the probabilities of the phenomenon in the future are plotted by examining the output (in pairs) of the effective variables or drivers (in the column row). This method uses Mick Mac software.

4. Results and Discussion

Based on the results of the number of variables, the dimensions of the 47×47 matrix are set in six different domains. The results show that the number of repetitions is double and the degree of matrix filling is 75.73%. The results indicate that the number of high-intensity relationships accounted for a higher percentage. How variables are distributed on the scatter plot determines the stability and instability of the system. The status of distribution and the dispersion of variables affecting the promotion of resilience of rural settlements against environmental hazards in the distribution plate indicates that the status of the system is unstable. So, the most variables are scattered around the diagonal axis of the plane. To analyze the system environment and finally to identify the drivers and key effective factors, the impact plan and the variability of variables are examined along with the ranking and displacement of variables. Due to the instability of the system, five types of variables including effective variables, two-dimensional variables, regulatory variables, affective variables, and independent variables were identified. Moreover, the system shows the sum of influential variables and their interactional effect. Among the research variables, social variables had the highest impact on increasing the resilience of rural settlements and environmental hazards while environmental-physical variables had the lowest impact. Comparing the results of direct and indirect effects analysis, the key factors affecting the promotion of resilience of rural settlements against environmental hazards were detected. According to the results, the key driving forces in terms of the impact on the 16 key factors are more important, both in direct and indirect effects. Finally, the key factors affecting the increase in resilience were ranked from highest to lowest.

5. Conclusion

In the present study, 16 factors were selected as the most prominent ones including the increase in people's cooperation and convergence in times of danger, accountability of government organizations and local institutions, partnership between communities, the private sector and local authorities, taking the necessary measures to protect the village from hazards by local management, strong buildings for use in times of danger, granting credit and loans to victims, coordination between different institutions and timely supervision to provide assistance, increasing non-agricultural incomes of villagers, use of GIS in natural hazard management by relevant organizations, informing people about ways to deal with accidents, rehabilitation of residential units with the advice of local architects and engineers, use of information tools by relevant institutions, access to organizations for post-accident management, training people to build durable structures, creating insurance coverage in various aspects, and training and maneuvering by government agencies. The problems regarding the crisis management can be solved and the effects of natural disasters in the city of Fariman will be reduced if only these factors are well taken into account.

Keywords: Environmental risk management, Resilience, Rural settlements, Awareness and participation, Futures studies

References (In Persian)

- Ali Akbari, I., Poorahmad, A., & Jalalabadi, L. (2018). شناسایی پیشرانهای مؤثر بر وضعیت آینده گردشگری [Identifying the driving forces affecting the future of sustainable tourism in Kerman with a futures research approach.]. *Tourism and Development*, 7(1), 156-178.
- Anabestani, A., Javanshiri, M., Mahmoudi, H., & Darban Astaneh, M. R. (2017). تحلیل فضایی سطح تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات محیطی (مورد مطالعه: بخش مرکزی شهرستان فاروج). [Spatial analysis of the resilience level of rural settlements against environmental hazards (Case study: Central part of Farooj city)]. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 4(4), 17-38.
- Badri, S. A., Karimzadeh, H., Saadi, S., & Kazemi, N. (2008). تحلیل فضایی تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی در برابر مخاطرات زلزله، مطالعه موردی: شهرستان مریوان. [Spatial analysis of resilience of rural settlements against earthquake hazards, a case study: Marivan city]. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, 6(1), 1-16.
- Badri, S. A., Ramezanzadeh Lasbouei, M., Asgari, A., Ghadiri Masum, M., & Salmani, M. (2012). نقش مدیریت محلی در ارتقای تاب آوری مکانی در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر سیلاب، مطالعه موردی: دو حوضه چشمه کله‌تنگ و سردآبرود کلاردشت. [The role of local management in promoting spatial resilience to natural disasters with emphasis on flood case study: Cheshmeh Kileh, Tonekabon and Sardabroud, Kelardasht]. *Journal of Crisis Management*, 1(2), 37-48.
- Barghi, H., Hashemi, S., & Jafari, N. (2016). سنجش تاب آوری محیطی روستاهای در معرض خطر زلزله (مطالعه موردی: دهستان معجزات در شهرستان زنجان). [Assessing the environmental resilience of villages at risk of earthquakes (Case study: Miracles village in Zanjan city)]. *Journal of Rural Research and Planning*, 6(1), 81-97.
- Bazrafshan, J., Tulabi Nejad, M., & Tulabi Nejad, M. (2017). تحلیل فضایی تفاوت‌های تاب آوری در نواحی شهری و روستایی در برابر مخاطرات طبیعی (مورد مطالعه: شهرستان پل دختر). [Spatial analysis of resilience differences in urban and rural areas against natural hazards (Case study: Pol-e Dokhtar city)]. *Journal of Rural Research*, 9(1), 119-135.
- Erfani, M., & Mircheraghkhani, Y. (2019). تعیین پیشرانهای توسعه گردشگری طبیعی و فرهنگی در سیستان با روش تجزیه و تحلیل ساختاری. [Determining the drivers of natural and cultural tourism development in Sistan by structural analysis]. *Natural Environment, Natural Resources of Iran*, 72(1), 97-111.
- Gholami, F. (2016). تحلیل و بررسی تاب آوری اجتماعی و اقتصادی جوامع روستایی در برابر مخاطرات محیطی با تأکید بر سیلاب مطالعه موردی: روستاهای حوزه ی ماسوله رودخان فومن. [Analysis and study of social and economic resilience of rural communities against environmental hazards with emphasis on floods Case study: Villages of Masouleh Fooman river basin.]. (Master Thesis). Payame Noor University of Guilan, Iran.
- Hajizadeh, F., & Eastgold, M. (2017). تحلیلی بر تاب آوری سکونتگاه‌های روستایی با تأکید بر زلزله (مطالعه موردی: دهستان حومه شهرستان لامرد). [An analysis on the resilience of rural settlements with emphasis

- on earthquake (Case study: Suburbs of Lamerd County)]. *Journal of Environmental Risk Management (Former Risk Knowledge)*, 5(1), 67-83.
- Hasanvand, A. (2016). بررسی عوامل مؤثر بر تاب آوری اقتصادی و اجتماعی سکونتگاه های روستایی بعد از رخداد زلزله (مطالعه موردی: سکونتگاه های روستای دهستان سیلاخور شهرستان دورود). [Investigating the Factors Affecting the Economic and Social Sustainability of Rural Settlements after the Earthquake (Case Study: Settlements in Silakhor village of Dorud city)]. (Master Thesis). University of Guilan, Iran.
- Imani, B., & Imranzadeh, B. (2008). راهکارهای رفع نارسایی مدیریت بحران در نواحی روستایی ایران. [Crisis management failure solutions in rural areas of Iran]. *Quarterly Journal of Housing and Rural Environment*, 28(125), 46-57.
- Kazemi, D., & Andalib, A. (2017). ارزیابی مولفه های مؤثر بر تاب آوری اجتماعی سکونتگاه های روستایی در شرایط بحرانی [Assessing the effective components on social resilience of rural settlements in critical situations]. *Journal of Housing and Rural Environment*, 158, 131-145.
- Kheyrghoo, M., & Shokri, Z. (2010). توسعه فرایند سیاست گذاری با استفاده از راهبرد آینده نگاری. [Develop the policy process using futuristic strategy]. *Journal of Military Management*, 11, 103-116.
- Latifian, S. (2005). [Strategies and methods of strategic planning]. Tehran: Ministry of foreign affairs.
- Malekzadeh, N., Bazazzadeh, M., & Rafieiyan, M. (2016). شناسایی و تحلیل عوامل کلیدی مؤثر بر توسعه شهری با رویکرد آینده نگاری (مطالعه موردی: کلانشهر کرج). [Identification and analysis of key factors affecting urban development with a futuristic approach (Case study: Karaj metropolis)]. *Geography and Development of Urban Space*, 3(2), 21-38.
- Mirza Ali, M., Nazari, A. H., Onogh, M. (2017). سنجش ابعاد کالبدی تاب آوری جوامع روستایی در مواجهه با سیل (مطالعه موردی: حوضه آبخیز گرگانرود). [Assessing the physical dimensions of resilience of rural communities in the face of floods (Case study: Gorganrood watershed)]. *Physical Development Planning*, 3(7), 111-133.
- Nodehi, A. (2016). سنجش میزان تاب آوری مولفه های اقتصادی اجتماعی خانوارهای روستایی در مقابل مخاطرات طبیعی با تأکید بر خشکسالی (مورد مطالعه دهستان قهستان، شهرستان درمیان). [Assessing the resilience of socio-economic components of rural households against natural hazards with emphasis on drought (case study of Ghohestan rural district, Darmian city)] (Master Thesis). Birjand University, Iran.
- Norouzi, A. (2019). سنجش میزان تاب آوری سکونتگاه های روستایی در برابر مخاطرات محیطی (مطالعه موردی: بخش بلداجی). [Assessing the resilience of rural settlements against environmental hazards (Case study: Beldaji ward)]. *Physical Development Planning*, 4(3), 73-88.
- Nouri, S. H., & Sepahvand, F. (2016). تحلیل تاب آوری سکونتگاه های روستایی در برابر مخاطرات طبیعی با تأکید بر زلزله (مورد مطالعه: شهرستان بروجرذ) دهستان شیروان. [Resilience analysis of rural settlements against natural hazards with emphasis on earthquake (Case study: Boroujerd city) of Shirvan district.]. *Journal of Rural Research*, 7(2), 275-285.
- Pourtaheri, M., Roknodineftekhari, A., & Kazemi, N. (2012). نقش رویکرد مدیریت ریسک خشکسالی در کاهش آسیب پذیری اقتصادی - اجتماعی کشاورزان روستایی (از دیدگاه مسئولان و کارشناسان) مطالعه موردی: دهستان سولدوز،

- آذربایجان غربی. [The role of drought risk management approach in reducing socio-economic vulnerability of rural farmers (from the perspective of officials and experts) Case study: Soldoz village, West Azerbaijan]. *Journal of Rural Research*, 4(1), 1-22.
- Rabbani, T. (2003). روش تحلیل ساختاری، ابزاری برای شناخت و تحلیل متغیرهای مؤثر بر آینده موضوعات شهری [Structural analysis method, a tool for identifying and analyzing variables affecting the future of urban issues]. Published in the Proceedings of the First National Conference on Futurology, Tehran.
- Rafieyan, M., Rezaei, M. R., Asgari, A., Parhizgar, A., & Shayan, S. (2009). تبیین مفهومی تاب آوری [Explaining the concept of resilience and its indexing in community-based accident management (CBDAM)]. *Land Use Planning*, 15(4), 19-41.
- Rezaei Mirqaed, M. (2002). ارائه راهبردهای افزایش تاب آوری جوامع روستایی در برابر سیلاب مورد مطالعه: دهستان [Presenting strategies to increase resilience روست Rural communities against floods studied: Even rural, Lali city] (Master Thesis). Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.
- Roknoddin Eftekhari, A., Mousavi, S. M., Pourtaheri, M., & Farajzadeh Asl, M. (2013). تحلیل نقش تنوع معیشتی در تاب آوری خانوارهای روستایی در شرایط خشکسالی (مطالعه موردی: مناطق در معرض خشکسالی استان اصفهان). [Analysis of the role of livelihood diversity in rural resilience in drought conditions case study: Drought exposed areas of Isfahan province]. *Journal of Rural Research*, 5(3), 639-662.
- Sadeghloo, T., & Sajasi Gheidari, H. (2013). اولویت بندی عوامل مؤثر بر افزایش تاب آوری کشاورزان در برابر [Prioritization of مخاطر طبعی (با تاکید بر خشکسالی) منطقه مورد مطالعه: کشاورزان روستاهای شهرستان ایجرود. effective factors on increasing farmers' resilience against natural hazards (with emphasis on drought) Study area: Rural farmers of Ijroud city]. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 10, 129-153.
- Saeedi, A. (2003). عمران و توسعه روستایی: مسایل و چشم انداز عمران و توسعه روستایی در ایران. [Rural development: Issues and perspectives of rural development in Iran]. *Journal of Housing and Rural Environment*, 108, 2-13.
- Salehi, I., Aghababaei, M. T., Sarmadi, H., & Farzad Behtash, M. R. (2010). بررسی میزان تاب آوری [Investigation of environmental resilience using causality محیطی با استفاده از مدل شبکه علیت. network model]. *Journal of Environmental Science*, 37(59), 99-112.
- Salmani, M., Badri, A., Matuf, S., & Kazemi Thani Ataullah, N. (2015). ارزیابی رویکرد تاب آوری [Evaluation of community resilience جامعه در برابر مخاطر محیطی، مورد مطالعه: شهرستان دماوند approach against environmental hazards, case study: Damavand city]. *Journal of Risk Knowledge*, 2(4), 409- 393.
- Shayan, M., Stable, A., & Bazvand, S. (2016). تحلیل تأثیرات ارتقای شاخص های تاب آوری بر پایداری [Analysis of the سکونتگاه های روستایی در مقابل سیلاب (مورد مطالعه: نواحی روستایی شهرستان زرین دشت). effects of improving resilience indices on the sustainability of rural settlements against floods]

- (Case study: rural areas of Zarrin Dasht city).] . *Environmental Risk Management (Former Risk Knowledge)*, 4 (2), 103-121.
- Shukri Firoozjah, P. (2016). تحلیل فضایی میزان تاب آوری مناطق شهر بابل در برابر مخاطرات محیطی [Spatial analysis of the resilience of the regions of Babylon against environmental hazards]. *Physical Development Planning*, 2(6), 27-44.
- Statistics Center of Iran. (2016). *Statistical yearbook of Khorasan Razavi Province*.
- Weiss, F., & Shakeri, B. (2017). ارزیابی میزان تاب آوری کالبدی سکونتگاه‌های روستایی از دیدگاه دهیاران (مطالعه موردی: بخش مرکزی شهرستان مریوان). [Evaluation of physical resilience of rural settlements from the perspective of villagers (Case study: Central part of Marivan city)]. *Rescue Quarterly*, 8(4), 1-22.
- Zali, N., & Atrian, F. (2015). تدوین سناریوهای توسعه گردشگری منطقه‌ای براساس اصول آینده پژوهی (مورد مطالعه: استان همدان). [Development of regional tourism development scenarios based on the principles of future research (Case study: Hamadan province)]. *Land Use Planning*, 8(1), 107- 131.

References (In English)

- Ainuddin, S., & Routray, J. K. (2012). Community resilience framework for an earthquake prone area in Baluchistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2(1), 25-36.
- Arouri, M. C., & Nguyen, A. B.Y. (2015). Natural disasters, household welfare, and resilience: Evidence from rural Vietnam. *World Development*, 70, 59-77.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., & Wisner, B. (2005). *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters*. USA: Taylor & Francis e-Library
- Cutter S. L., Mitchell J. T., & Scott M. S. (2008). Revealing the vulnerability of people and places: A case study of Georgetown County, South Carolina. *Annals of the Association of American Geographers*, 90, 1-19.
- Foundation of Development Tomorrow. (2005). *Methods of technology foresight, knowledge light technology development institute*. Tehran: Foundation of Development Tomorrow.
- Godet, M., & Roubelat, F. (1996). Creating the future: The use and misuse of scenarios. *Long Range Planning*, 29(2), 164-171.
- Godschalk, D. R. (2003). Urban hazard mitigation: Creating resilient cities. *Natural Hazards Review*, 4(3), 136-143.
- Hwang, S.H. (2017). Resilience and sustainability of rural areas a case study of the indigenous Laiji Village. *Rural Planning Seminar*, 21(4), 9-10.
- Manyena, S. B. (2006). The concept of resilience revisited. *Disasters*, 30(4), 434-450.
- Manyena, S. B., OBrien, G., OKeefe, Rose, J. (2011). Disaster resilience: Abounce back or bounce forward ability. *Local Environment*, 16, 417-424.
- Manyena, S., B. (2014). Disaster resilience: A question of multiple faces and multiple spaces? *Internayional Journal of Disastre Risk Reduction* , 210-224.
- Mitchell, T., & Harris, K. (2012). Resilience: A risk management approach, background note, Overseas Development Institute (ODI), www.sistemaprotezionecivile.it
- Neuma, W. (2007). *Social research methods* (6th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, London.
- Robin S. C., & Hamlen, M. (2015). Community disaster resilience and the rural resilience index. *American Behavioral Scientist*, 59(2), 220-237

-
- Schouten, M., Vander, H., M., & Heijman, W. (2009). *Resilience of socialecological systems in European rural areas: theory and prospects*. paper prepared for presentation at the 113theaae seminar , the role of knowledge, innovation and human capital in multifunctional agriculture and territorial rural, Belgrade, Republic of Serbia,.
- Skerratt, S. (2013). Enhancing the analysis of rural community resilience: Evidence from community land ownership. *Journal of Rural Studies*, 31, 36-46.
- Vásquez-León, M. C. T., West, & Finan, T. J. (2003). A comparative assessment of climate vulnerability: Agriculture and ranching on both sides of the US–Mexico border. *Global Environmental Change*, 13(3), 159-173.
- Young, C. (2007). Housing microfinance: designing a product for the rural poor. *Centre for Microfinance Working Paper Series*, 2(19), 45-57.
- Zhou, H., Wan, J., & Jia, H. (2010). Resilience to natural hazards: A geographic perspective. *Natural Hazards*, 53(1), 21-41.

Presenting a Model for Predicting Meteorological and Hydrological Drought Risk by Statistical Methods under the Influence of Climate Change (Case study: Afin Catchment Area)

Ghazale Kavakebi ^a, Mohammad Mousavi Baygi ^{b*}, Amin Aizadeh ^b, Abolfazl Mosaedi ^b, Mehdi Jabbari Noghabi ^c

^a PhD of Agricultural Meteorology, Department of Water Science and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad.

^b Professor, Department of Water Science and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad

^b Professor, Department of Water Science and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad

^b Professor, Department of Water Science and Engineering, Ferdowsi University of Mashhad

^c Assistant Professor, Department of Mathematical Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

Received: 7 January 2020

Accepted: 14 April 2020

1. Introduction

Drought is a common, natural climate phenomenon on the earth with various effects on the economic, social, and environmental aspects of life. The impact of drought on agriculture, water access, and socioeconomic activities of the region depends on various physiological, environmental, and social factors. Due to declined rainfall in specific and efficient periods, drought could lead to water scarcity. Hydrological drought is defined as the reduction of available water in all its forms (Ma, Ren, Singh, Yuan, Chen, Yang, & Liu, 2016). Climate change could influence the frequency and severity of droughts. Therefore, drought vulnerability depends on several factors, such as topographic features, development of soil, land, and water resources, groundwater utilization, and the regional water demand for domestic, industrial, and agricultural activities. Since these impacts may be local or regional, it is difficult to evaluate the effects of drought on various sectors. Risk is often recognized as the combined probability of a specific event (e.g., drought) and its negative consequences. Risk is defined as the endangerment of a system, which could often be the environment, where drought is interpreted as an environmental risk. The response of the environment to a hazard depends on the severity of the hazard and environmental properties, which could be classified into four categories of economic, social, physical, and environmental factors. The previous studies in this regard have mainly introduced economic and social factors as the risk factors for the occurrence of droughts. In the aforementioned studies, field questionnaires have not been used to assess drought vulnerability, while in the present study, the main research instrument was a questionnaire to estimate drought vulnerability. The present study aimed to assess the risk status of drought in a region in Iran based on observational data and the climatic downscaled data obtained from the

*. Corresponding author: Mohammad Mousavi Baygi E-mail: mousavib@um.ac.ir Tel: +989153167311

coordinated regional climate downscaling experiment (CORDEX) project in order to predict the risk of drought.

2. Study Area

Afin sub-basin covers an area of 655 square kilometers. The Afrin basin is between 33 degrees and 42 minutes north to 33 degrees and 58 minutes north and 52 degrees 35 minutes east to 53 degrees and 31 minutes north. Khoshbakht river is the permanent river of this basin and part of a larger sub-basin known as Esfedan, which is connected to Zuzan (northeast) and Khaf salt pan. It is also connected to Qaen (northwest), Sharokht (southeast), and Saddeh and Birjand (southwest). The average precipitation in Afin sub-basin is approximately 156.4 millimeters, and the average temperature in the region is 14.7°C (Figure 1).

Based on the climate classification methods proposed by Amberje, the climate of Afin sub-basin is arid-cold. The arid-cold climate of the area is suitable for the growth of barberries. The economy of the village in the vicinity of Afin sub-basin has historically relied on agriculture, especially the cultivation of barberries. In fact, most of Iran's barberry is produced in this region.

3. Materials and Methods

At the first stage, the standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI), effective reconnaissance drought index (eRDI), and standardized runoff index (SRI) were applied as the hydrological indices in this regard. The base period was the year 1983, and the utilized data included the monthly data on the average maximum temperature, average minimum temperature, mean surface air temperature, precipitation, and river flow data of Khoshbakht River in Afin sub-basin. Drought Hazard is defined as the probability of drought occurring at various levels of severity. In the current research, the probability of drought occurrence, and the probability of drought occurrence in each drought class was calculated using the normal z-score table. Vulnerability is a set of economic, social, and environmental conditions, which determine the sensitivity of an environment to risk. In the present study, a questionnaire consisting of 35 items was prepared in order to identify the extent of the impact of each vulnerability factor, and exploratory factor analysis and confirmatory factor analysis were applied to determine the vulnerability level of the selected area. Risk is defined as the result of the interactions between a system (environment), natural hazards, and socioeconomic vulnerability relative to the risk. The level of drought risk could be estimated after calculating the drought hazard and its vulnerability based on the definition of risk. In order to access the required meteorological data in the future (as mentioned in the Methodology section) and due to the level of access to the CORDEX project data, only three models of GFDL-ESM2M, CNRM-CERFAC, and ICHEC-EC-EARTH were selected in the current research since all the required meteorological parameters must have historical data, RCP4.5, and RCP8.5. In the present study, the IHACRES model was utilized to obtain the future runoff data. Since the vulnerability level obtained by the questionnaire was considered constant over time in the modeling of drought risk, hazard modeling was carried out. After the prediction of the hazard,

future drought risk was estimated by multiplying the vulnerability value as described in the previous section. Two methods were exploited for the modeling of the drought risk, including the bootstrapped quantile regression (500 repetitions) and loess nonparametric regression.

4. Results and Discussion

Correlation-coefficient (R), explanation coefficient (R²), and Nash-Sutcliffe coefficient (NS) were used to assess the predictive ability of the climate models. After correction, the combined model for the precipitation and temperature parameters was determined using the weighted average method and Bayesian approach. According to the obtained results, the ICHEC-EARTH model had the highest coefficient as an integrated model based on the RCP4.5 scenario. Based on the two scenarios, the amount of runoff will have no significant changes in the upcoming years. Increased temperature and the subsequent probability of excessive rainfall in the studied area may be the reason for the lack of runoff in the upcoming years. Based on the completed questionnaires, the vulnerability score was 0.53 for Afin sub-basin, which indicated that about half of the sub-basin vulnerability was due to the economic, social, and environmental factors of the sub-basin. Furthermore, the vulnerability value was considered to be a mediator of the sensitivity of the mentioned factors. According to the results based on the mentioned meteorological drought indices, most variations in the drought risk were observed in winter. The results of drought risk assessment indicated that most variations in the frequency of droughts occurred in winter compared to the base season. On the other hand, the SRI findings showed no significant risk of severe droughts in any of the time scales within the next three periods based on the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios.

5. Conclusion

The present study aimed to provide a model to predict the drought risk status in the future in the form of a case study of Afin sub-basin in Iran based on the meteorological drought indices of SPEI and eRDI and hydrological drought index of SRI. In general, the obtained results could be summarized as follows:

- SPEI and eRDI had the same performance in estimating the frequency of drought events, while eRDI showed higher drought intensity compared to SPEI, which could be due to the use of effective precipitation as an input in this index. In addition, SPI and eRDI indicated approximately equal drought severity.
- A slight increase was observed in the runoff of the future years based on the RCP8.5 scenario.
- Based on the meteorological drought indices, the possibility of highly severe droughts within the next 27 years is lower compared to the mid and far future periods.
- The meteorological drought indices showed that most drought changes in the investigated time scales occur in winter.

Keywords: Drought Hazard, Drought Vulnerability, Drought Risk, Climate Change

References (In Persian)

- Jabbari Noghabi, H., & Jabbari Noghabi, M. (2007). نکاتی چند در مورد برآورد حجم نمونه و معرفی نرم افزار مربوطه [A few tips on estimating sample size and introducing relevant software.]. *Student Journal of Statistics*, 4, 13-21.
- Khalil, N., Rezaee Pazhand, H., Derakhshan, H., & Davari, K. (2017). توسعه چارچوبی برای ارزیابی ریسک خشکسالی کشاورزی بر گندم دیم. [Development of a framework for agricultural drought risk assessment on rain fed wheat]. *Iranian Water Resources Research*, 14, 59-70.
- Mosaedi, A., Kavakebi, G., & Abdollahzade, Z. (2011). آزمون آماری آشکارسازی تغییرات اقلیمی براساس من-ویتنی در شهر مشهد. [Climate change detection based on Mann-Whitney statistical test in Mashhad. Paper presented at First National Conference on Meteorological and Agricultural Water Management.

References (In English)

- Anderson-cook, C. M., & Prewitt, K. (2005). Some guidelines for using nonparametric methods for modeling data from response surface designs. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 4, 12, 106-119.
- Apurv, T., & Cai, X. (2019). Evaluation of the stationarity assumption for meteorological drought risk estimation at the multi-decadal scale in contiguous United States. *Water Resources Research*, 55(6), 5074-5101.
- Arnell, N. W. (1999). The effect of climate change on hydrological regimes in Europe: A continental perspective. *Global Environmental Change*, 9, 5-23.
- Bachmair, S., Svensson, C., Prosdoci, I., Hannaford, J., & Stahl, K. (2017). Developing drought impact functions for drought risk management. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17, 1947-1960.
- Chopra, P. (2006). Drought risk assessment using remote sensing and GIS: a case study of Gujarat. University of Twente International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation ITC.
- Efron, B. (2000). The bootstrap and modern statistics. *Journal of the American Statistical Association*, 95, 1293-1296.
- Fan, G., Zhang, Y., He, Y., & Wang, K. (2017). Risk assessment of drought in the Yangtze river delta based on natural disaster risk theory. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2017, 1-7.
- Fox, J. & Weisberg, S. 2018. An R companion to applied regression, Sage Publications.
- Hashemi-ana, S. K., Khosravi, M. & Tavousi, T. 2015. Validation of AOGCMs capabilities for simulation length of dry spells under the climate change in Southwestern area of Iran. *Open J Air Pollut*, 4, 76-85.
- Kim, H., Park, J., Yoo, J. & Kim, T.-W. (2015). Assessment of drought hazard, vulnerability, and risk: a case study for administrative districts in South Korea. *Journal of Hydro-environment Research*, 9, 28-35.
- Lin, M.-L. & Chen, C.-W. (2011). Using GIS-based spatial geocomputation from remotely sensed data for drought risk-sensitive assessment. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 7, 657-668.
- Lubis, M., Taki, H., Anurogo, W., Pamungkas, D., Wicaksono, P. & Aprilliyanti, T. (2017). Mapping the distribution of potential land drought in Batam Island using the integration of

- remote sensing and geographic information systems (GIS)*. Paper presented at IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, 98(1), 012012.
- Ma, M., Ren, L., Singh, V. P., Yuan, F., Chen, L., Yang, X. & Liu, Y. (2016). Hydrologic model-based almer indices for drought characterization in the Yellow River basin, China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 30, 1401-1420.
- McKee, T. B., Doesken, N. J. & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society Boston, MA, 179-183.
- Meng Dai ., Shengzhi Huang ., Qiang Huang ., GuoyongLeng ., Yi Guo ., Lu Wang ., WeiFang ., Pei Li ., Xudong Zheng (2020). Assessing agricultural drought risk and its dynamic evolution characteristics. *Agricultural Water Management*, 231, 106003.
- Pandey, R. P., Pandey, A., Galkate, R. V., Byun, H.-R. & Mal, B. C. (2010). Integrating hydro-meteorological and physiographic factors for assessment of vulnerability to drought. *Water resources management*, 24, 4199-4217.
- Pandey, S., Pandey, A., Nathawat, M., Kumar, M. & Mahanti, N. (2012). Drought hazard assessment using geoinformatics over parts of Chotanagpur plateau region, Jharkhand, India. *Natural hazards*, 63, 279-303.
- Pei, W., Fu, Q., Liu, D., Li, T.-X., Cheng, K. & Cui, S. 2017. Spatiotemporal analysis of the agricultural drought risk in Heilongjiang Province, China. *Theoretical and Applied Climatology*, 133, 151-164.
- Prathumchai, K., Honda, K. & Nualchawee, K. (2001). Drought risk evaluation using remote sensing and GIS: a case study in Lop Buri Province. Paper presented at 22nd Asian conference on remote sensing, 9. Singapore
- Reduction, U. N. S. F. D. (2007). Drought risk reduction framework and practices: Contributing to the implementation of the hyogo framework for action. UNISDR Geneva (CH).
- Samani, Z. (2000). Estimating solar radiation and evapotranspiration using minimum climatological data. *Journal of irrigation and drainage engineering*, 126, 265-267.
- Shahidi, S. & Behrawan, H. (2008). Drought risk assessment in the western part of Bangladesh. *Natural Hazards*, 46, 391-413.
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M. & Miller, H. L. (2007). Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, 2007. Cambridge University Press, Cambridge.
- Tigkas, D., Vangelis, H. & Tsakiris, G. (2017). An enhanced effective reconnaissance drought index for the characterisation of agricultural drought. *Environmental Processes*, 4, 137-148.
- Tsakiris, G. (2007). Practical application of risk and hazard concepts in proactive planning. *European Water*, 19, 47-56.
- UNISDR, U. (2009). Terminology on disaster risk reduction. United Nations Office for Disaster Risk Reduction Geneva, Switzerland.
- Valverde-arias, O., Garrido, A., Valencia, J. L. & Tarouis, A. M. (2018). Using geographical information system to generate a drought risk map for rice cultivation: Case study in Babahoyo canton (Ecuador). *Biosystems Engineering*, 168, 26-41.
- Vicente-serrano, S. M., Begueria, S. & Lopez-moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23, 1696-1718.
- Vicente-serrano, S. M., Begueria, S. & Lopez-moreno, J. I. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23, 1696-1718.

- Wentz, F. J., Ricciardulli, L., Hilburn K. & Mears, C. (2007). How much more rain will global warming bring? *Science*, 31(7), 233-235.
- Wilhite, D. A., Hayes, M. J., Knutson, C. & Smith, K. H. (2000). Planning for Drought: Moving From Crisis to Risk Management 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 36, 697-710.
- Wu, H. & Wilhite, D. A. (2004). An operational agricultural drought risk assessment model for Nebraska, USA. *Natural Hazards*, 33, 1-21.
- Yaduvanshi, A., Srivastava, P. K. & Pandey, A. (2015). Integrating TRMM and MODIS satellite with socio-economic vulnerability for monitoring drought risk over a tropical region of India. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 83, 14-27.
- Yuan, X.-C., Zhou, Y.-L., Jin, J.-L. & Wei, Y.-M. (2013). Risk analysis for drought hazard in China: A case study in Huaibei Plain. *Natural Hazards*, 67, 879-900.
- Zhiyong Wu., Huating Xu., Yuanyuan Li., Lei Wen., Jianqiang Li., Guihua Lu., Xiaoyan Li (2018). Climate and drought risk regionalisation in China based on probabilistic aridity and drought index. *Science of the Total Environment*, 612, 513-521.

Impact of Anthropogenic Activities on Environmental Hazards Caused by Heavy Metal Pollution in Agricultural Ecosystems

Amir Mohseni ^a, Neda Mohseni ^{b*}, Seyed Reza Hosseinzadeh ^c

^a PhD in Soil Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

^b Assistant Professor in Geomorphology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

^c Associate Professor in Geomorphology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: 17 September 2020

Accepted: 14 October 2020

1. Introduction

Environmental pollution is one of the most contributing factors to the degradation of the biosphere quality and its components. Among these, heavy metals play an important role in human health. Metals can be divided into two categories in terms of plant nutrition. The first category includes some metals such as copper (Cu), nickel (Ni), selenium (Se) and zinc (Zn) that are essential in low concentrations for the health, growth, and production of microorganisms, plants, animals, and humans. Other groups of metals such as lead (Pb), arsenic (As), cadmium (Cd), and mercury (Hg) are not essential metals and may cause toxicity in plants and animals even in low concentrations. Soil contamination with heavy metals has become a global concern due to its threats to ecosystems including soil, water, plants, animals, and human life. Soil contamination by excess metals occur primary as a result of industrial activities such as metallurgical processes, mining, and sewage sludge application to agricultural land. In Iran, as the result of development of urbanization and industrialization, there is considerable concern about soil contamination by heavy metals.

Zanjan province is one of the most industrialized cities in Iran due to having many heavy metal mines. One such heavy metal contaminated area is in the vicinities of the mining site of Zanjan Zinc Industrial Complex, Zanjan, Iran, where significant metal contamination of agricultural soils has been identified. Mining waste generated by mines and smelting units in this area is spread by wind or runoff to other areas and thus pollutes the soil, plants, surfaces, and groundwater. Crops grown in polluted areas are contaminated directly through the roots and indirectly through atmospheric subsidence. It has also been reported that agricultural products in Zanjan province are heavily contaminated with heavy metals in some areas and these metals can enter the food chain and thus affect human and animal health. The potential health risk from consumption of crops is assessed by hazard quotient (HQ). The safe range of HQ is values less than one. When the quotient is <1 , this means no potential health effects are expected from exposure, but when it is >1 , it signifies that there are potential health risks due to

*. Corresponding author: Neda Mohseni.

E-mail: nedamohseni@um.ac.ir

Tel: +989112916943

exposure. Despite the existence of many mines in Zanjan province, a comprehensive study on the potential health risks of consumption of grain crops has not been done, so the aim of this study was to investigate the changes in the concentrations of lead (Pb), cadmium (Cd), copper (Cu) and zinc (Zn) in wheat grains and soils at selected distances from a heavy metal pollution source (the mining site of Zanjan Zinc Industrial Complex, Zanjan, Iran) as well as the potential hazard quotient (HQ) related to these metals through the consumption of the product.

2. Materials and Methods

This descriptive cross-sectional study was performed on soil and wheat randomly selected samples located around the zinc mines in Zanjan; so that the samples could indicate the distribution of Pb, Cd, Cu and Zn in the area. Ten samples of wheat plants were harvested randomly from a radius of 10 to 40 km (10 (S1), 20 (S2), 30 (S3) and 40 (S4) km) from the mine during the harvest season. After separating the plant grain from other parts, the samples were placed in the oven for 24 hours at 100 ° C. Then plant extracts were extracted using digestion with 65% nitric acid and the concentrations of Pb, Cd, Cu and Zn were analyzed using atomic absorption spectrometry (AAS). Also, in order to study the changes in the concentrations of the soil metals at the selected distances from the mine, 3 soil samples were taken from a depth of 0-20 cm at any specified distance from the mine (S1, S2, S3 and S4). After air drying and sieving the soil samples, Pb, Cu, Zn and Cd available and total concentrations in the studied samples were extracted by DTPA-TEA and 4M nitric acid method, respectively, and then analyzed by AAS.

3. Results and Discussion

The results showed that distancing from the mine, the total and available concentrations of all four metals significantly decreased. The highest total concentrations of Pb (168.9 mg kg⁻¹), Cd (5.6 mg kg⁻¹), Zn (434.5 mg kg⁻¹) and Cu (97.6 mg kg⁻¹) were obtained from the S1 soil. The lowest total concentrations of these metals were recorded in S4 soil and equal to 59.1, 1.1, 88.5 and 28.9 mg kg⁻¹, respectively. The available concentrations of all four metals were also decreased with increasing distance from the mine so that the highest concentrations of available Pb (45.6 mg kg⁻¹), Cd (1.7 mg kg⁻¹), Zn (52.4 mg kg⁻¹) and Cu (24.8 mg kg⁻¹) were obtained from the S1 soil. The lowest available concentrations of these metals were recorded in S4 soil and equal to 9.6, 0.2, 14.3 and 1.9 mg kg⁻¹, respectively. However, no significant difference was observed between the available Pb concentration of soils taken from S3 soil and S4 soil. The comparison results of the mean Pb, Cd, Cu and Zn concentrations in wheat grains harvested from the soils around the mine showed that Pb, Cd, Zn and Cu concentrations in grain decreased with increasing distance from the mine. The highest concentrations of Pb (59.3 mg kg⁻¹), Cd (1.3 mg kg⁻¹), Zn (79.7 mg kg⁻¹) and Cu (48.8 mg kg⁻¹) were obtained from the grain samples harvested from S1 soil, followed by grains harvested from S2, S3 and S4 soils. Also, unlike Zn, Cu and Cd, no significant difference was observed in the Pb concentrations of grain samples harvested from S3 and S4 soils, which can be due to the non-significant reduction of the available concentration of Pb in

the soil of S4 compared to S3 soil. Comparison results of hazard quotients (HQ) revealed that the HQ amounts of all four metals were significantly decreased with increasing distance from the mine. The HQ levels of each metals at all distances from the mine are below one (with the exception of Pb), which indicates that the possibility of exposure to non-cancerous diseases caused by that metals will not be present for the consumer throughout life. If the HQ value of metal is greater than one, the toxicity of that metal may adversely affect the health of the consumer. Therefore, Pb has such a property and the HQ values of this metals in the distances of 10 (6.17), 20 (5.35), 30 (3.48) and 40 (3.31) km from the mine are high and dangerous.

4. Conclusion

It is concluded that the consumers of these products will not be in the safe range in terms of the adverse effects of non-cancerous diseases caused by high concentrations of Pb. Moreover, despite the low HQ amounts of Zn, Cu and Cd, it is likely that the amounts of HQ increase in the coming years, especially for Cd and Cu. Therefore, much attention should be paid to consumption and cultivation around industrial areas.

Keywords: Hazard Quotient, Heavy Metal, Environmental Hazard, Agricultural Ecosystem

References (in English)

- Abdel-Kader, N. H., Shahin, R. R., & Khater, H. A. (2013). Assessment of heavy metals immobilization in artificially contaminated soils using some local amendments. *Open Journal of Metal*, 3, 68-76.
- Alloway, B. J. (2013). *Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability*. Netherlands: Springer.
- Bi, X., Feng, X., Yang, Y., Li, X., Shin, G. P., Li, F., ... & Fu, Z. (2009). Allocation and source attribution of lead and cadmium in maize (*Zea mays* L.) impacted by smelting emissions. *Environmental Pollution*, 157(3), 834-839.
- Black, A., McLaren, R. G., Reichman, S. M., Speir, T. W., & Condron, L. M. (2011). Evaluation of soil metal bioavailability estimates using two plant species (*L. perenne* and *T. aestivum*) grown in a range of agricultural soils treated with biosolids and metal salts. *Environmental Pollution*, 159(6), 1523-1535.
- Chehregani, A., Noori, M., & Lari Yazdi, H. (2009). Phytoremediation of heavy-metal-polluted soils: screening for new accumulator plants in Angouran mine (Iran) and evaluation of removal ability. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(5), 1349-1353.
- Ferré-Huguet, N., Martí-Cid, R., Schuhmacher, M., & Domingo, J. L. (2008). Risk assessment of metals from consuming vegetables, fruits and rice grown on soils irrigated with waters of the Ebro River in Catalonia, Spain. *Biological Trace Element Research*, 123(1), 66-79.
- Huang, M., Zhou, S., Sun, B., & Zhao, Q. (2008). Heavy metals in wheat grain: assessment of potential health risk for inhabitants in Kunshan, China. *Science of the Total Environment*, 405(1-3), 54-61.

- Jia, L., Wang, W., Li, Y., & Yang, L. (2010). Heavy metals in soil and crops of an intensively Farmed area: A case study in Yucheng city, Shandong province, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 7, 395-412.
- Joint FAO/WHO Export Committee on Food Additives. (1999). *Summary and conclusions, 53rd meeting*. Rome: Joint FAO/WHO.
- Karami, M., Afyuni, M., Rezainejad, Y., & Schulin, R. (2009). Heavy metal uptake by wheat from a sewage sludge-amended calcareous soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 83(1), 51-61.
- Kumpiene J, Lagerkvist A, Mauri C. 2008. Stabilization of As, Cr, Cu, Pb and Zn in soil using amendments—a review. *Waste Management* 28(1): 215-225.
- Lair, G. J., Gerzabek, M. H., & Haberhauer, G. (2007). Retention of copper, cadmium and zinc in soil and its textural fractions influenced by long-term field management. *European Journal of Soil Science*, 58(5), 1145-1154.
- Lindsay, W. L., & Norvell, W. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society of America Journal* 42(3), 421–428.
- Lozano-Rodríguez, E., Luguera, M., Lucena, J. J., & Carpena-Ruiz, R. O. (1995). Evaluation of two different acid digestion methods in closed systems for trace element determinations in plants. *Quimica Analitica-Bellaterra*, 14, 27-27.
- Luo, C., Liu, C., Wang, Y., Liu, X., Li, F., Zhang, G., & Li, X. (2011). Heavy metal contamination in soils and vegetables near an e-waste processing site, south China. *Journal of Hazardous Materials*, 186(1), 481-490.
- Qian, Y., Chen, C., Zhang, Q., Li, Y., Chen, Z., & Li, M. (2010). Concentrations of cadmium, lead, mercury and arsenic in Chinese market milled rice and associated population health risk. *Food Control*, 21, 1757-1763.
- Rattan, R. K., Datta, S. P., Chhonkar, P. K., Suribabu, K., & Singh, A. K. (2005). Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater—a case study. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 109(3-4), 310-322.
- Salehipour, M., Ghorbani, H., Kheirabadi, H., & Afyuni, M. (2015). Health risks from heavy metals via consumption of cereals and vegetables in Isfahan Province, Iran. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21(7), 1920-1935.
- Sposito, G., Lund, L., & Chang, A. (1982). Trace metal chemistry in arid-zone field soils amended with sewage sludge: I. Fractionation of Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in solid phases. *Soil Science Society of America Journal* 46(2), 260–264.
- Street R. (2012). Heavy metals in medicinal plant products-An African perspective. *South African Journal of Botany*, 82, 67-74.
- Torabian, A., & Mahjouri, M. (2002). Heavy metals uptake by vegetable crops irrigated with wastewater in south Tehran. *Journal of Environmental Study Science*, 16, 255-263.
- USEPA, IRIS. (2006). United States Environmental Protection Agency, Integrated Risk Information System. <http://www.epa.gov/iris/subst>.
- Wang, X., Sato, T., Xing, B., & Tao, S. (2005). Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. *Science of the total environment*, 350(1-3), 28-37.
- Yadav, S. K. (2010). Heavy metals toxicity in plants: an overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. *South African Journal of Botany*, 76(2), 167-179.

-
- Zhao, F. J., Su, Y. H., Dunham, S. J., Rakszegi, M., Bedo, Z., McGrath, S. P., & Shewry, P. R. (2009). Variation in mineral micronutrient concentrations in grain of wheat lines of diverse origin. *Journal of Cereal Science*, 49(2), 290-295.

Evaluation and Simulation of Land Use Change Using Object-oriented Classification and Markov Chain Model, Case Study: Birjand City

Saeed Hossein Abadi ^a, Ebrahim Akbari ^{b*}, Afsaneh Naghdbishi ^c

^a Assistant Professor of Geography and Urban Planning, Bozorgmehr University of Qaenat, Qaen, Iran

^b Master of Remote Sensing and GIS, University of Tabriz, Tabriz, Iran

^c Master of Remote Sensing and GIS, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Received: 10 July 2019

Accepted: 8 September 2019

1. Introduction

The global expansion of urbanization has created a motive for turning green and natural spaces into urban or human environments. On the one hand, increasing demand for land and housing, and on the other hand, limitation of land within cities, are pushing residents to find alternative housing in the surrounding areas. This process leads to increasing conversion and change of land cover and land use in the periphery of cities. Land use change is a process by which human activities transform the natural landscape and usually refers to the functional role of land for economic activities.

This change of use can take place in the agricultural lands and orchards, or the ranges and forests and the slopes of mountains and hills. Therefore, one of the environmental hazards and ecological crises that the world faces is the phenomenon of land use change. Given the importance of the land use change process, it is necessary to estimate the rate and extent of land use or land cover changes in the region and the main drivers of these changes. Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing techniques provide effective tools in studying and monitoring land use change / land cover in space and time. In general, the classification of satellite data refers to the separation of similar spectral sets and their classification. In other words, it expresses the classification of pixels constituting images, assigning or introducing each pixel to a class or a particular phenomenon. Object-oriented method is one of the methods of classifying images. In object-oriented classification, in addition to spectral features, geometric features of phenomena are also considered. In this way, object-oriented classification is a process that links land cover classes to visual objects. After the classification process, each image object is assigned to one (or none) of the class.

In this research, it has been tried to analyze the land use change of Birjand city using two models of object-oriented classification and Markov chain model and to predict its trend for 2025.

*. Corresponding author: Ebrahim Akbari. E-mail: E.akbari.2791@gmail.com

Tel: +989150476427

2. Study Area

Birjand is a city in eastern Iran and the center of Birjand city and the capital of South Khorasan province. The city is located at 59 degrees and 13 minutes of longitude and 32 degrees and 53 minutes of latitude and at an altitude of 1470 meters above sea level.

According to Population and Housing Censuses of Iran in 2016, the population of this city was about 203,000 people and it is a city with relatively high and physical and population growth in the east of the country.

3. Materials and Methods

In this research, the land use changes in Birjand city were evaluated and simulated using satellite imagery images from 2000 to 2017 and predicted their changes by 2025. For this purpose, the object-oriented classification method has been used to classify the images. In this classification, for segment generation, the scale parameter is 10, the color parameter is 0.8, and the compression is 0.1 and shape is considered 0.4. In order to increase the resolution of classification classes for each class, further classes were created that merged with the main classes at the end. The final result is the segmentation of 4 general classes including vacant land, rangelands, built-up area, orchards and agriculture lands. After the classification of images, the CA-Markov model was used to predict of land use changes in the Birjand city.

4. Results and Discussion

According to satellite images, in 2010 compared to 2000, the built-up areas have been stretched discontinuously to the north and northeast direction of Birjand city, as well as to the west and to some extent to the east, which indicates that the physical growth of the city follows the pattern of sprawl in this period.

The results of the classification of images in this study show that the area of built-up lands and the orchards and agricultural lands increased during the period between 2000, 2010 and 2017, and this increase is more significant between 2010 and 2017. The pattern of change has been such that the share of vacant lands and rangeland has been reduced. During the 17-year period, 0.48% of the area of rangelands and 0.38% of vacant land have been reduced annually. In contrast, the largest increase is related to built-up area, so that 6.12% has been added to this land use annually. Orchards and agricultural lands have also increased in area with a growth rate of 2.61% per year.

According to the Markov chain model, the changes in the area of land uses in 2025 compared to 2017 will be similar to 2000-2017, so that orchards and agricultural lands (1.09), built-up areas (1.17), vacant lands (0.98), rangelands (0.97) will be.

5. Conclusion

In the present study, using satellite images during the period from 2000 to 2017, changes in land use of orchards and agricultural land, built-up areas and rangelands were investigated. In order to evaluate these changes, the object-oriented classification method in Ecogonation software was used and to predict and simulate the future, Markov chain method was used. Using the Markov chain model, the pattern of land use

change for 2025 was predicted and modeled. The model consists of three steps: 1. calculating the conversion probabilities by using Markov chain analysis. 2. Calculating suitability of land use/land cover maps based on the multi-criteria evaluation. 3. The allocation of the land cover based on the CA's spatial operator. Based on the changes made in previous years, this model examines the probability of future changes and the spatial allocation of these changes. According to the Markov chain model, during the years 2000 to 2017, the area of the built-up lands, agriculture and orchards increased and the area of vacant lands and range decreased. If the same trend continues, between 2017 and 2025, the area of the built-up area will increase by 17.13%, orchards and agricultural lands by 9.8%, and in contrast, the area of vacant lands will decrease by 1.81% and the area of rangelands will decrease by 2.32%.

In general, this pattern of land use change indicates an increase in human intervention and the dominance of human landscapes (settlements, orchards and agricultural lands) over the natural environment (especially rangelands). The next point that can be understood from the comparison of the maps is the development and sprawl growth of the settlements, which causes a part of rangeland and even agriculture and orchards to be changed to use for construction. In general, this abnormal trend of land use change should be controlled with a systemic approach to the study area, taking into account urban-rural, environmental and socio-economic dimensions in planning. This means that the change of use of good agricultural lands, orchards and rangelands must be controlled. This means that the change of use of good agricultural lands, orchards and rangelands must be controlled. One of the most important measures that can be considered is to follow the pattern of compact and urban infill growth with a focus on the use of urban brownfields and eroded texture.

Keywords: Land Use Change, Object-Oriented Classification, Markov Chain, Birjand

References (In Persian)

- Alavipanah, S. K. (2005). کاربرد سنجش از دور در علوم زمین [Application of remote sensing in earth sciences]. Tehran: University of Tehran Press.
- Arekhi, S. (2015). آشکارسازی تغییرات پوشش/کاربری اراضی با پردازش شیء‌گرای تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نرم‌افزار Idrisi selvi [Detecting land cover/land use changes by object-oriented processing of satellite images using IdrisiSelva Software (Case study: Abdanan Region)]. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 24(95), 51-62.
- Feizizadeh, B. (2007). مقایسه روش‌های پیکسل پایه و شیء‌گرا در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی [Comparison of basic pixel and object-oriented method in preparing land use maps]. (Unpublished master's thesis). University of Tabriz, Tabriz, Iran.
- Feizizadeh, B., Haji Mir Rahimi, S. M. (2007). آشکارسازی تغییرات فضای سبز شهر تبریز با استفاده از روش‌های شیء‌گرا [Detection of changes in green space of Tabriz city using object-oriented methods]. Paper presented at *First Urban GIS Conference*. Shomal University, Amol, Iran.
- Feizizadeh, B., Haji Mir Rahimi, S. M. (2008). آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی شیء‌گرا (مطالعه موردی: شهرک اندیشه).

- classification method (Case study: Andisheh town)]. Paper presented at *Geomatics National Conference*, National Cartographic Center, Tehran, Iran.
- Feyzzadeh, B., Jafari, F., & Nazmfar, H. (2008). کاربرد داده های سنجش از دور در آشکارسازی تغییرات [Application of remote sensing data in change detection of urban land uses]. *Honar-ha-ye-Ziba*, 34, 17-24.
- Ghadermazi, H. (2004). نقش روستا شهرها در توسعه روستاهای پیرامونی؛ مطالعه موردی روستا شهر دهگلان. [The role of villages and cities in the development of surrounding villages; Case study of Dehgolan village]. (Unpublished master's thesis). Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.
- Ghafari, S., Moradi, H., & Modarres, R. (2018). مقایسه روش های طبقه بندی پیکسل پایه و شیءگرا در تهیه نقشه کاربری اراضی [Comparison of object-oriented and pixel-based classification methods for land use mapping (Case study: Isfahan-Borkhar, Najafabad and Chadegan plains)]. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 9(1), 40-57.
- Khallaghi, S. (2006). پایش تغییرات خط ساحل دریای خزر. [Monitoring of Caspian Sea coastline changes]. (Unpublished master's thesis). University of Tabriz, Tabriz, Iran.
- Moharrami, M., Rasuly, A. A., & Rostamzadeh, H. (2016). مدل سازی تاثیرات پس روی دریاچه ارومیه بر [Modeling the impacts of Urmia lake retrogression upon the east coast villages by object-based image analysis procedure]. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards* 3(3), 81-98.
- Mousavi, S., Ranjbar, A., & Haseli, M. (2016). پایش و روند یابی تغییرات کاربری اراضی حوضه ابرکوه با [Monitoring and Trending of LandUse Changes in Abarkooh Basin using Satellite Images (1976-2014)]. *Geographical Data (SEPEHR)*, 25(97), 129-146. doi: 10.22131/sepehr.2016.20141
- Razavian, M. T. (2002). برنامه ریزی کاربری اراضی شهری [Urban land use planning]. Tehran, Iran: Monshi.
- Shanani Hoveyze, S. M., & Zarei, H. (2017). بررسی تغییرات کاربری اراضی طی دو دهه دوره زمانی (مطالعه [investigation of land use changes during the past two last decades (Case study: Abolabas Basin)]. *Journal of Watershed Management Research*, 7(14): 244-237
- Sharifi, L., Rasuli, A., Hejazi, M., & Roastamzade, H. (2013). کاربری/پوشش اراضی. آشکارسازی تغییرات [Land cover/ use changes detection by object-oriented processing satellite image dates (Case study: Tabriz County)]. *Geography and Planning Journal*, 17(44), 203-214.

References (In English)

- Addae, B., & Oppelt, N. (2019). Land-use/land-cover change analysis and urban growth modelling in the Greater Accra Metropolitan Area (GAMA), Ghana. *Urban Science*, 3(1), 1-20.
- Aithal, B., Chandan, M. C., Nimish, G. (2019). Assessing land surface temperature and land use change through spatio-temporal analysis: a case study of select major cities of India. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(11), 367.

- Bagan, H., & Yamagata, Y. (2014). Land-cover change analysis in 50 global cities by using a combination of Landsat data and analysis of grid cells. *Environmental Research Letters*, 9(6), 1-14.
- Blaschke, T. (2010). Object based image analysis for remote sensing. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), 2-16.
- Cahya, D. L., Martini, E., & Kasikoen, K. M. (2018). Urbanization and Land Use Changes in Peri-Urban Area using Spatial Analysis Methods (Case Study: Ciawi Urban Areas, Bogor Regency). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 123 012035 2nd Geoplanning-International Conference on Geomatics and Planning, Surakarta, Indonesia.
- Chen, G., Hay, G. J., Carvalho, L. M., & Wulder, M. A. (2012). Object-based change detection. *International Journal of Remote Sensing*, 33(14), 4434-4457.
- Desclée, B., Bogaert, P., & Defourny, P. (2006). Forest change detection by statistical object-based method. *Remote Sensing of Environment*, 102(1), 1-11.
- Escolano, J., Navarro-Pedreño, J., Gómez Lucas, I., Almendro-Candel, M., & Zorpas, A. (2018). Decreased organic carbon associated with land management in Mediterranean Environments. In book: *Soil Management and Climate Change* (pp.1-13), Edited by: María Ángeles Muñoz and Raúl Zornoza Elsevier Science, 2017 ,10.1016/B978-0-12-812128-3.00001-X.
- Fan, F., Wang, Y., & Wang, Z. (2008). Temporal and spatial change detecting (1998–2003) and predicting of land use and land cover in Core corridor of Pearl River Delta (China) by using TM and ETM+ images. *Environmental Monitoring and Assessment Journal*, 137(1-3), 127-147 .
- FAO. (1993). *Guidelines for land use planning*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Im, J., Jensen, J. R., & Tullis, J. A. (2008). Object-based change detection using correlation image analysis and image segmentation. *International Journal of Remote Sensing*, 29(2), 399-423.
- Patraa, S., Satiprasad, S., Pulak Mishra, S., Chandra, M. (2018). Impacts of urbanization on land use /cover changes and its probable implications on local climate and groundwater level. *Journal of Urban Management*, 7(2), 70-84.
- Paul, B. (2017). Chapter six - land use change and coastal management. In B. Kanti Paul & H. Rashid (Eds.), *Climatic hazards in Coastal Bangladesh Butterworth-Heinemann*, (pp. 183-207). Oxford, England: Butterworth-Heinemann.
- Razafindrakoto, M., Andriamananjara, A., Razafimbelo, T., Hewson, J., & Andrisoa, R., Jones, J.,... & Razakamanarivo, H. (2017). Organic Carbon stocks in all pools following land cover change in rainforest of Madagascar. In book: *Soil Management and Climate Change: Effects on Organic Carbon, Nitrogen Dynamics, and Greenhouse Gas Emissions* (pp.25-37)Publisher: Elsevier Editors: Maria Munoz, Raúl Zornoza.
- Stürck, J., Levers, C., van der Zanden, E. H., Schulp, C. J. E., Verkerk, P. J., Kuemmerle, T., ... & Schrammeijer, E. (2018). Simulating and delineating future land change trajectories across Europe. *Regional Environmental Change*, 18(3), 733-749.
- Yu, W., Zhou, W., Qian, Y., & Yan, J. (2016). A new approach for land cover classification and change analysis: Integrating backdating and an object-based method. *Remote Sensing of Environment*, 177, 37-47.

Spatial Resilience Analysis in Mashhad Inefficient Texture Sites

Mohammad Ajza Shokouhi ^a, Sajedeh Baghban ^{b*}

^a Associate Professor in Geography and Urban Planning, Department of Geography, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

^b MSc. in Geography and Urban Planning, Department of Geography, Ferdowsi University, Mashhad, Iran

Received: 9 September 2019

Accepted: 5 October 2019

1. Introduction

At the global level, there are significant changes in attitudes toward hazards, so that the dominant view has shifted from focusing solely on reducing vulnerability to increased resilience to disasters. Mashhad like many of the Iran's cities is in a high potential risk. Active and powerful faults in the vicinity of the city testify to the high risk of earthquakes in Mashhad. Moreover, there are seventeen rivers in and around the city of Mashhad that increases the risk of flooding in this city. Overall, the city is in a high-risk in upstream plans from a natural hazard perspective and the existence of 6688 hectares of inefficient texture (worn-out and marginal) in the city has added to its vulnerability. Although some predictive tools are effective in reducing the impact of crises, but based on evidence, future risks cannot be predicted; so it is necessary to know the resilience of city neighborhoods to avoid vulnerabilities. Resilience, however, is not a feature that is evenly distributed across different parts of the city, and it can be said that inefficient urban textures are less resilient than other parts of the city, largely due to their distinct social and physical characteristics. In addition to severe burnout and poor quality of buildings, low levels of social and demographic characteristics such as literacy, education, and employment that are effective in restoring urban neighborhoods, after a crisis lead to increased vulnerability to natural hazards. Therefore, this research was conducted with the aim of investigating the spatial resilience pattern in inefficient (worn-out and marginal) textures of Mashhad.

2. Study Area

Mashhad is the capital of Khorasan Razavi province and situated in the northeast of Iran. This city is located at a longitude of 59 degrees and 2 minutes to 60 degrees and 38 minutes and a latitude of 35 degrees and 43 minutes to 37 degrees and 7 minutes between the Binaloud and Hezarmasjed Mountains. It is placed in a high-risk natural hazard zone. Mashhad has thirteen districts and 3057679 population. Of the 154 neighborhoods in Mashhad, all or part of 42 neighborhoods are inefficient. In general,

*. Corresponding author: Sajedeh Baghban

E-mail: sbaghban70@yhoo.com

Tel: +989105003508

about 6688 hectares of Mashhad are composed of inadequate (worn out and marginal) texture.

3. Material and Methods

The present study was conducted with descriptive-analytical and practical methods. The indicators were extracted through library studies. Eventually, by using the opinion of experts in the framework of the Delphi method, required data were collected. Furthermore, some data were Extracted from Mashhad Master Plan (Farnahad, 2006), Statistical Yearbook of Mashhad (2016), and Road, Housing and Urban Development Research Center (2014), these indices are divided into social and social-physical divisions. Social indices only reflect social and demographic characteristics and socio-physical indices emphasize the physical characteristics and shape of neighborhoods in addition to demographic characteristics. The population consisted of 42 neighborhoods with inefficient texture in Mashhad. At first, using the MOORA technique, the social and socio-physical resilience of the inefficient neighborhoods was investigated. Then, the relationship between the distribution of resilience and social indicators using ArcGIS software was determined. In order to analyze the resiliency pattern, spatial self-dependency technique was used. There are different models for measuring spatial self-dependency statistics, among which the Global Moran Model and the G_i statistics have been used. Finally, in order to evaluate the accuracy and importance of geographic weight regression, the output of this model was evaluated.

4. Results and Discussion

In order to calculate the resilience of each neighborhood, all data for each criterion were first standardized and evaluated using the MOORA technique. The findings show that the neighborhoods of Panjtan Al Abba, Shahid Avini, Hosseinabad, Ayatollah Khamenei, Valiasr and Abobargh have low social resilience, Imam Hadi neighborhood, Ivan, Torq, Mustafa Khomeini, Mohammadabad, Maaghoul, Arvand, Sajadiyyah, Onsory, Rezaei, Paian Khiaban, Dahdey, Amel, Sisabad and Bilal, have middle social resilience and the other are in the up social resilience of this category. Studying the social and socio-physical resilient spatial pattern of inefficient textures areas of Mashhad has been done by using the Global Moran method and general G statistics. Results show that the distribution pattern of these neighborhoods is clustering based on social resilience variables and is random based on socio-physical variables. In fact, there is statistically significant meaning in the social resilience of inefficient textures in Mashhad, On the other hand, this pattern does not exist in the socio-physical resilience. According to the Geographic weight regression, the variables of percentage of employed population, literacy rate and education level have an increasing effect on the level of social resilience of these neighborhoods, while the sponsorship rate and the mean age have a decreasing effect.

5. Conclusion

Much of Iran's urban area is suffering from burnout and inefficiency, causing the country's capital to face the dangers of natural disasters. A review of the theoretical foundations and global experience shows that indices of identification of inefficient textures have moved from purely physical to social and economic dimensions. A review of the past researches about the resilience of urban inefficient textures showed that most studies like the research ahead, emphasize the impact of education indices and the percentage of the employed population on social resilience of societies, given that these indices are subject to socioeconomic conditions, this conclusion is justified. Studying the spatial pattern of socio-physical resilience in inefficient neighborhoods of Mashhad shows that the distribution pattern of these neighborhoods is clustered based on social resilience variables and randomly based on socio-physical resilience variables. In fact, there is a statistically significant pattern of spatial autocorrelation in the social resilience of Mashhad's inefficient textures, while this pattern does not exist in their socio-physical resilience. Since some of the inefficient textures of the city are being revived, it is not unexpected to compare these two patterns in the neighborhoods studied. More precisely, the inefficient textures revitalization in Mashhad has been occurred according to economic and managerial conditions of the neighborhoods, which has led to improvement of physical conditions and subsequently the improvement of the physical resilience while the social aspects of these neighborhoods have been neglected. In fact, the social aspects of development have been neglected in the development of dysfunctional textures. However, recognizing the social characteristics of each neighborhood as the smallest social unit of urban planning is particularly important in order to achieve sustainable development.

The results of this study indicate that the inefficient neighborhoods in the city center and in the northern marginal areas of the city have a significant role in creating cluster patterns. In this regard, in order to increase the effectiveness of interventions, attention to the effectiveness of each of the variables in the targeting structure of interventions in this sector is necessary because the way these variables influence in different locations is different, and this should be considered in planning for inefficient textures regeneration.

Overall, according to the findings of this study, it can be said that in the development of inefficient textures, paying attention to the social and demographic characteristics of each textures is important in promoting the quality of life of residents and the sustainable development of neighborhood. Moreover, it is necessary to pay attention to the differences in the strategies adopted with respect to the worn out and marginal textures. Because worn out and marginal textures each have unique and distinctive social, economic and physical characteristics, so attention and focus on these features are very important in their development process. This can partly indicate the type of intervention and its extent in the textures and guide the experts in selecting the type of intervention. In this regard, the following measures are suggested to increase the resilience of inefficient urban textures in the face of natural hazards:

1. Revising and changing management practices
2. Increasing the economic ability of people to improve their quality of life

3. Providing community decision-making and local partnerships in neighborhood improvement
4. Applying scientific methods and mathematical logic in identifying effective indicators and the degree of impact of indicators and prioritizing neighborhoods

Keywords: Resilience, Inefficient texture, spatial dependence, Geographic weights regression

References (In Persian)

- Farnahad. (2008). [Development and Construction plan (comprehensive) of the holy city of Mashhad (basic studies of natural environment)]. Mashhad: Mashhad Municipality.
- Ghisvand, A., & Abdolshah, F. (2015). [Indicators of economic resilience]. *Trend Quarterly*, 22(71), 106-79.
- Heidarian, S., Rahimi, M., Fathollahi, S., & Ghafouri, S. (2017). تحلیل شاخص‌های تاب‌آوری [Analysis of resilience indices of informal settlements against earthquakes with a social approach (Case study: Farahzad neighborhood of Tehran)]. *Journal of New Attitudes in Human Geography*, 10(1), 245-260.
- Housing and Urban Research Center. (2014). آیین نامه طراحی ساختمان در برابر زلزله [Design of building against Earthquake Regulations], Standard 2800, Fourth Edition.
- Iran Statistics Center. (2017). آمارنامه شهر مشهد ۱۳۹۵ [Statistics of Mashhad city, 2016]. Mashhad: Statistics Center.
- Kavian, F. (2011). بررسی نقش برنامه‌ریزی کاربری اراضی در بهبود تاب‌آوری جوامع شهری در برابر زمین‌لرزه؛ نمونه موردی: شهر سبزوار [Investigating the role of land use planning in improving the resilience of urban communities against earthquakes; Case study: Sabzevar city]. (Unpublished master's thesis). Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.
- Malekshahi, G. Vakili, S. (2017). بررسی توزیع خدمات عمومی بر اساس عدالت اجتماعی با استفاده از مدل یکپارچه [Investigating the distribution of public services based on social justice using an integrated access model (case study: Saez)]. *Quarterly Journal of Urban Structure and Function Studies*, 14(13), 70-85.
- Nikmard Namin, S., BarakPour, N., Abdollahi, M. (2014). کاهش خطرات زلزله با تاکید بر عوامل اجتماعی [Reducing earthquake risks by emphasizing the social factors of the resilience approach; Case study: District 22 of Tehran]. *Journal of Urban Management*, 37, 34-19.
- Rafiean, M., & Zahed, N. (2018). تحلیل فضایی فرسودگی محله‌های شهرقم با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی [Spatial analysis of erosion in Qom neighborhoods using geographical weight regression]. *Journal of Urban Planning Geography Research*, 6(2), 361-383.
- Rafiean, M., Rezaie, M. R., Asgari, A., Parhizkar, A., & Shayan, S. (2010). تبیین مفهومی تاب‌آوری و (CBDM) [Explicitaion of the concept of resilience and شاخص‌سازی آن در مدیریت سوانح اجتماع‌محور]

- its indexing in community-based deer management (CBDMD)]. *Journal of Planning and Spatial Planning*, 15(4), 19-41.
- Rahnama, M. R., & Zabihi, J. (2011). تحلیل توزیع تسهیلات عمومی شهری در راستای عدالت فضایی با مدل [Analysis of the distribution of urban public facilities in the direction of spatial justice with an integrated access model in Mashhad]. *Journal of Geography and Development*, 9(23), 26-5.
- Ramezanzadeh Lesbue., & Badri, A. (2014). ارزیابی تاب‌آوری ساختاری-طبیعی کاربری اراضی شهری مطالعه [Assessment of structural-natural resilience of urban land use Case study: District 4 of Tehran metropolis]. *Journal of Geography*, 12(40), 109-131.
- Rezaie, M. R., Rafiean, M., & Hosseini, M. (2015). سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری کالبدی اجتماع‌های [Assessing the physical resilience of urban communities to earthquakes (Case study: Neighborhoods of Tehran)]. *Human Geography Research*, 47(4), 609-623.
- Sartippi Pour, M., & Asadi, S. (2017). نقش تعلق مکانی بر تاب‌آوری اجتماعی ناشی از جابه‌جایی سکونتگاه (مطالعه [The role of spatial affiliation of social productivity due to settlement displacement (Case study: Davieh village, Zarand 2004 earthquake)]. *Journal of Housing and Rural Environment*, 161, 3-16.
- Shirani, Z., Partoy, P., & BEhzadfar, M. (2017). تاب‌آوری فضایی بازارهای سنتی (موردپژوهی: بازار قیصریه [Spatial resilience of traditional markets (Case study: Isfahan Bazaar)]. *Journal of Commentary*, 14(52), 58-49.
- Tavana, M., & Soufi Neyestani, M. (2016). ارزیابی میزان تاب‌آوری در بافت فرسوده شهری نمونه مورد مطالعه: [Evaluation of resilience in decayed urban texture. Case study: Sirus neighborhood of Tehran]. Paper presented at *The First National Conference on Key Topics in Iranian Civil Engineering, Architecture and Urban Planning*. University of Tehran.
- Zanganaeh Shahraki, S., Ziari, K., & Pour Akrami, M. (2017). ارزیابی و تحلیل میزان تاب‌آوری کالبدی [Evaluation and analysis of physical resilience of earthquake in 12th district of Tehran against earthquake using FANP and VICOR models]. *Journal of the Geographical Society of Iran*, 15(52), 81-101.

References (In English)

- Adger, W. N. (2000) Social and ecological resilience: Are they related? *Progress in Human Geography*, 24 (3), 347-364.
- Asprone, D., Manfredi, G. (2014). Linking disaster resilience and urban sustainability: a global approach for future cities. *Disasters*, 39(1), 96-111.
- Bruneau, M., Chang, E., Eguchi, T., Lee, C., O'Rourke, D., Reinhorn, M., Shinozuka, M., Tierney, K., Wallace, A., & Winterfeldt, D. (2003). A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities. *Earthquake Spectra*, 19(4), 733-752.
- Coaffee, J., & Clarke, J. (2015) Viewpoint on securing the generational challenge of urban resilience. *The Town planning Review*, 86(3), 249-255.

- Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008) A place-based model for understanding community resilience to natural disasters, *Global environmental change*, 18(4), 1-9.
- Davis, I., & Izadkhah, Y. (2006) Building resilient urban communities. *Open House International*, 31(1), 11-21.
- Godschalk, D. R. (2003). Urban hazard mitigation: creating resilient cities. *Natural Hazards Review*, 4(31), 136-143.
- Jun, Y., Yajun, B., Yuqing, Z., Xueming, L., & Quansheng, G, (2018). Impact of accessibility on housing prices in Dalian City of China Based on a Geographically Weighted Regression Model. *Chinese Geographical Science*, 28(3), 505-515.
- Leon, J., March, A. (2014), urban morphology as a tool for supporting tsunami rapid resilience: A case study of Talcahuano, Chile, *Habitat international*, 43, 250-262.
- Li, S., Zhou, C., Wang, S., Gao, S., & Liu, Z, (2019). Spatial heterogeneity in the determinants of urban form: an analysis of Chinese cities with a GWR Approach. *Sustainability*, 11, 1-16.
- Lucasa, K., Phillipsa, I., Mulleyb, C., & Ma, L. (2018). Is transport poverty socially or environmentally driven? Comparing the travel behaviours of two low-income populations living in central and peripheral locations in the same city. *Transportation Research*, 116(Part A), 622-634.
- Manyena, S. (2006) the concept of resilience revisited. *Disasters*, 30(4), 433-450.
- Meerow, S., P., Newell, J., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38-49.
- Nadi, P. A., & Murad, A. (2019). Modelling Sustainable Urban Transport Performance in the Jakarta city Region: A GIS Approach. *Sustainability*, 11(7) 1-28.
- Spaans, M., & Waterhout, B. (2017) Building up resilience in cities worldwide – Rotterdam as participant in the 100 Resilient Cities Programme. *Cities*, 61, 109-116.
- zhang, X., & Li, H. (2018). Urban resilience and urban sustainability: What we know and what we do not know? *Cities*, 72, 141-148.
- Zhou, C., Jing'ai, W., Jindong, W., & Huicong, J. (2010) Resilience to natural hazards: A geographic perspective. *Natural Hazards*, 53(1), 21-41.

Hermeneutics and Geomorphological Hazards; with Emphasis on Assessment and Zoning of Landslide Hazards in Rudbar Region

Saeed Rahimi Herabadi ^{a*}, Neda Majidirad ^b

^a PhD in Geomorphology, Kharazmi University, Iran

^b PhD in Climatology, Kharazmi University, Iran

Received: 26 February 2020

Accepted: 16 July 2020

1. Introduction

The phenomenon of geomorphological hazards is due to the functional instability of the surface systems of the earth, which turn into hazardous events due to human intervention and human infrastructure. Meanwhile, cities, which are the densest human centers, may face some geomorphological hazards during their physical development. In mountainous areas, for example, the dangers posed by sloping processes cause the expansion of cities to face numerous bottlenecks. In general, urban geomorphological hazards in mountainous areas are studied in two main categories: first, hazards that are created in relation to the location of the city (i.e., being mountainous), and second, hazards that are due to the intensification of resource use and changes. Urban environments are created. In general, wherever the construction of a city on unstable land is planned, it is necessary to carefully study the conditions of the land and assess their relative risks. In this regard, identifying and zoning the risk of landslides, especially in settlements, is an important step in assessing the risk of this phenomenon. Landslide risk zoning includes the division of the land surface into separate areas and the ranking of these areas based on the actual degree or potential of landslides due to the occurrence of landslides on the slope. In this paper, the risks of urban landslides affecting urban development in Rudbar have been evaluated and zoned. In general, the purpose of such a study is the zoning of stable and unstable areas of Rudbar city, which can have favorable effects in its planning. However, what is necessary in completing the findings of this study is a deep understanding and hermeneutic interpretation like interaction of positive and post-positive methods which are used in this study in order to provide suitable conditions for further understanding of the models. Therefore, this paper tries to analyze the effective elements in the occurrence of domain hazards using network analysis process to quantitative analysis of stable and unstable areas, and then to qualitatively interpret the designated areas in order to apply the field and pay attention to geomorphological hazards in this city.

*. Corresponding author: Saeed Rahimi Herabadi. E-mail: rahimi.saeed64@gmail.com Tel: +989127046201

2. Study Area

Rudbar city, which is the central part of Rudbar city, is one of the foothill cities of Gilan province and is located on the banks of Sefidrood river in a mountainous area. The city is located in the geographical coordinates of 36 degrees and 32 minutes to 37 degrees and 7 minutes from the equator and 49 degrees and 11 minutes to 50 degrees 5 minutes east longitude. This city has an average height of 250 meters and is located mainly on the slopes overlooking the Sefidrood River.

3. Material and Methods

Methodologically, this paper has two parts: positive and post-positive; In the positive method, it is emphasized that the expected results can be achieved by pure statistical analysis. While in transcendental methods, understanding and its relation to other subjects, especially interdisciplinary studies, are given priority. In the positive part, in order to evaluate and zone the landslide hazards of Rudbar city, firstly, an attempt has been made to study the factors affecting the occurrence and intensification of landslides with emphasis on urban areas, especially in urban development issues of Rudbar. For this purpose, first, using the form and process method, the shape and process of the urban environmental control area of Rudbar was determined. In the next step, to prepare information layers, from the effective risk criteria obtained by field visits and library studies such as slope, altitude, land use, etc. from topographic maps 1: 25000 and 1: 50000 1: 100000 geological maps were used. In the next step, the effective information layers that were obtained with the opinion of experts and field and library studies were examined in the form of network analysis model. In this regard, to use the decision-making method of network analysis process in landslide assessment and zoning of Rudbar city, the following different steps were performed: 1- Determining criteria and indicators in identifying clusters and elements. 2- Determining the relationships and dependencies between the elements. 3- Applying the above connections in clusters and elements. 4- Weighting and pairwise comparisons of elements. 5- Classification and rating of information layers; Then, with the help of the meta-positive part, the obtained data and map were reviewed and interpreted based on the hermeneutic view. This means that these findings can be used for more in-depth analysis, better understanding and finally interdisciplinary findings of geomorphological hazards of Rudbar urban landslide to be more practical.

4. Results and Discussion

According to the final map obtained from the perspective of the positive method, it can be said that the control area of urban areas in this area is in one of the most dangerous areas in terms of landslide risk so the current settlements and communication routes are mainly located in medium to high risk areas. On the other hand, the distances and privacy of urban centers, regardless of the processes and hazardous elements, are located and are on the path of physical development. In the future, the process of urban development of Rudbar will also expand in these areas. Therefore, paying attention to this issue and the environmental threats of urban areas is very important in planning the

urban development model of Rudbar. From the point of view of meta-positive method and hermeneutic analysis, landslide phenomena can be studied and interpreted as a text from two points of view; One is in the form of written texts taken from statistical analyzes, and the second is in the form of map interpretation as an understanding of events governing low to high risk levels. Landslide phenomena as a text cover a wide range of numerical and statistical concepts that, with new references, new meanings of geomorphic reactions can be deduced because criteria such as slope, vegetation, average annual rainfall, land use, etc. in numerical language include general concepts that the author can discover and retell its meanings. This is also the case with landscaping maps. Altogether there are three distinct hermeneutic conceptual levels that include active (interpreted) or inactive (non-interpreted) text as well as active (non-landslide) or inactive (non-landslide risk expertise) minds to retrieve concepts and theories related to different trends. Geographical sciences were used in order to better understand the assessment and zoning of landslide hazards and their impact on the urban development of Rudbar.

5. Conclusion

In general, applied topics in geomorphological knowledge, especially geomorphological hazards, have strongly influenced researchers due to their mere entanglement in zoning models, statistics, the spirit of innovation, imagination and ideation. Therefore, relying solely on statistical methods and techniques and modeling causes the repetition of the position of this knowledge on issues such as zoning and landslide analysis, flood, wind erosion, etc. using network models, fuzzy. Which only emphasizes the relationship between precipitation, slope, vegetation, land use, etc., and it is necessary to provide more practical results with the facts of geomorphological hazards after quantitative studies and calculations, with the help of interpretation and hermeneutic studies.

For this reason, it is less common for a researcher and expert in geomorphological hazards to provide systematic ideas in the field of management and environmental sustainability to reduce and adapt to hazards, etc., instead of resorting to statistics and software and analyzing the obtained outputs. In this study, an attempt was made to provide a more organized process for geomorphological risk management studies by providing case studies of different types of interpretations and by implementing hermeneutic levels and approaches in order to achieve more principled results. Because in the study of different levels of hermeneutics, the art of a geomorphologist is to convert passive texts into active text for the use and practical understanding of geomorphic phenomena in other fields and trends of geographical sciences such as urban and rural.

Also, a geomorphologist in the framework of hermeneutic knowledge must have specialized perceptions of maps and diagrams that a non-expert cannot have a similar perception of. In this regard, with the aim of making the active text more practical, the interpretation of the landslide hazard zoning map of Rudbar region was used and the findings of this knowledge were linked to the findings of other geographical sciences from the perspective of experts.

Keywords: Geomorphological Hazards, Positive Methodology, Hermeneutic Interpretation, Urban Landslide, Environmental Management.

References (In Persian)

- Abedini, M. Moghimi, I. (2012). نقش تنگناهای ژئومورفولوژیکی در توسعه کالبدی کلان‌شهر تبریز به منظور کاربری بهینه [The role of geomorphological bottlenecks in the physical development of tabriz metropolis for optimal use], *Quarterly Journal of Geography and Environmental Planning*, Volume 23, Number 1, 166- 147.
- Afzali, R. (2017). روش‌شناسی در جغرافیای سیاسی و ژئوپلیتیک [Methodology in political geography and geopolitics]. Tehran: University of Tehran Press.
- Afzali, R., & Kiani, V. (2010). تبیین جایگاه روش‌های اثباتی و فرااثباتی در مطالعات جغرافیای سیاسی و ژئوپلیتیک [Explaining the position of positive and post-positive methods in the study of political geography and geopolitics]. *Quarterly Journal of Human Geography Research*, 42, 103-120.
- Ahmadi, B. (2007). ساختار و تائیل متن [Text structure and interpretation]. Tehran: Markaz .
- Bashirieh, H. (2017). احیای علوم سیاسی [Revival of political science]. Tehran: Ney .
- Karami, F.(2007). مخاطرات ژئومورفولوژیک ناشی از ساخت و توسعه راه‌های روستایی با تاکید بر حرکات توده‌ای و ایجاد خندق [Geomorphological hazards arising from the construction and development of rural roads with emphasis on mass movements and the creation of ditches (case study: villages of sarab city)], *Geographical Space Quarterly*, 6(16), 85-105.
- Lashgari, E. (2018). تبیین مفهوم فضای جغرافیایی در مکاتب روش‌شناسی اثبات‌گرا و هرمنوتیک [Explaining the concept of geographical space in schools of positivist and hermeneutic methodologies], *Quarterly Journal of Geography and Environmental Planning*, 9(2), 35-54.
- Moeini Alamdari, J. (2006). روش‌شناسی نظریه‌های جدید در سیاست [Methodology of new theories in politics]. Tehran: University of Tehran Press.
- Moghimi, I. (2008). ژئومورفولوژی شهری [Urban geomorphology]. Tehran: University of Tehran Press, Third Edition.
- Moradi, E. Afzali, R. (2013). اندیشه‌های جدید در ژئوپلیتیک [New thoughts in geopolitics]. Tehran: Zaytoun Sabz .
- Murdoch, J. (2013). جغرافیای پس‌ساختارگرا [Poststructural geography], Translated by Rasoul Afzali and Mosayeb Qarabeigi. Tehran: Zaytoun Sabz .
- Nakhaei Kamalabadi I. Amirabadi, M. Mohammadipour, H. (2010) انتخاب استراتژی بهینه بر اساس تحلیل و روش فرآیند تحلیل شبکه‌ای [Selection of optimal strategy based on SWOT analysis and network analysis process (ANP) method case Study: arak petrochemical company, *Quarterly Journal of Industrial Management, Faculty of Humanities, Islamic Azad University*, 5(11), 21-34.
- Nietzsche, F. Gadamer, H. Ricoeur, P. (2000). هرمنوتیک مدرن: گزینه جستارها. [Modern hermeneutics: selection of essays], translated by Babak Ahmadi, Mehran Mohajer and Mohammad Nabavi. Tehran: Markaz .

- Ramesht, M. H., Saffari, A., Karam, A., Mohammadian, E. (2017). نسبی گرایی در ژئومورفولوژی [Relativism in geomorphology], *Quarterly Journal of Natural Geography Research*, 49, 1-20.
- Ramesht, M., H. (2012). فلسفه گرایی در اندیشه های علمی مرحوم دکتر شکویی [Philosophicalism in the scientific thoughts of the late dr. Shokouei], a collection of articles on the rise of thought, an analysis of the evolution of scientific thought by Dr. Hossein Shokouei, by Seyed Ali Badri, Noor Alam, pp. 215-220.
- Ramezani Gorabi, B., Ebrahimi, H. (2009). زمین لغزش و راهکارهای تثبیت آن [Landslide and its stabilization strategies], *Quarterly Journal of Environmental Management*, 2(7), 110-118.
- Rikhtegaran, M., R. (1999). منطق و مبحث علم هرمنوتیک [Logic and the topic of hermeneutics]. Tehran: Congress.
- Rustaei, S., Jabbari, I. (2007). ژئومورفولوژی مناطق شهری [Geomorphology of urban areas]. Tehran: SAMT.
- Shariat Jafari, M. (1996). زمین لغزش، مبانی و اصول پایداری شیب های طبیعی [Landslide, principles and principles of natural slope stability]. Tehran: Sazeh.

References (In English)

- Ayala, I. A. (2002). Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. *Geomorphology*, 47, 107-124.
- Bathrellos, G. D. (2007). An overview in urban geology and urban geomorphology. *Bulletin of the Geological Society of Greece: 2007 Proceedings of the 11th International Congress*, May 2007, Athens.
- Frydrychova, K. B., & Semradova, I. (2012). Hermeneutic approach and virtual study environment. *Procedia Technology*, 1, 183-186.
- Isidori, E. (2015). Education as synopsis: A hermeneutical contribution to the pedagogical theory of educational practice. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 197, 531 – 536.
- Kaplanztzis, N., & Ricoeur, P. (2015). Visual hermeneutics and political science: An incompatible relation. *New Directions in Media Research*, 1(15-26),
- Kecmanovic, C. D., & Boell, S. K. (2014). A hermeneutic approach for conducting literature reviews and literature searches. *Communications of the Association for Information Systems*, 34, 257-286.
- Mónica, M., Tomás, G., & Silvia, A. D. (2009). An ANP approach to assess the sustainability of tourist strategies for the coastal NP of Venezuela. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(4), 672-689.
- Roering, J.J., Kirchner, J.W., & Dietrich, W.E., (2005). Characterizing structural and Lithologi controls on deep-seated land sliding: Implications for topographic relief and landscape evolution in the Oregon coast range. *Geological Society of America Bulletin*, 117, 654-668.
- Sakar, S., Kanungo, P., & Mehrotar, G.S. (1995). Landslide zonation: A case study in Garhwal Himalaya. India, *Mountain Research and Development*, 5, 301-311.
- Sheeba, K., & Mohd, N. F. (2007). An analytic network process model for municipal solid waste disposal options. *Waste Management*, 28, 1500-1508.
- Tuzkaya, G., Tuzkaya, U. R., & Lsun, B. G. (2008). An analytic network process approach for locating undesirable facilities: An example from Istanbul. Turkey, *Journal of Environmental Management*, 88, 970-983.

Best Method in estimating the equilibrium-line altitude of late quaternary glaciers in Iran

Gholam Hassan Jafari ^{a*}, Nasrin Hazrati ^b

^a Associate Professor Geomorphology, University of Zanjan, Zanjan, Islamic Republic of Iran.

^b Physical geography (hydro geomorphology), University of Zanjan, Zanjan, Islamic Republic of Iran.

Received: 10 January 2019

Accepted: 25 June 2019

1. Introduction

Displacement of the equilibrium-line altitudes (ELAs) of Late Quaternary Glaciers in mountainous regions of Iran are mostly caused by climatic changes during Quaternary. It is vital to study surface landforms created by the inner and outer processes in this period (Yamani, 2007). Climate change in Quaternary has led to the emergence of glacial and inters glacial periods (Yamani, 2002). In Glaciology studies, the equilibrium line altitude (ELA) and the water and ice equilibrium line are the most important concepts (Ramesht et al. 2011). According to Porter (2005) "The equilibrium line is a place where snow accumulation is more dominant (Abtahi, 2013). Some national research examples are as follows: Evans (2006) in Wales, Sarikaya (2011) in Turkey, Mindrescu and Evans (2014) in Romania, Hendrickx et al. (2015) in Ethiopia, Jafari (2009), Moayeri et al. (2011) and Jafari (2014) in Iran. One of the most controversial issues in this regard is ELAs differences in different geographic latitudes and directions which is due to the variations along the slopes which as a result made it difficult to discuss comprehensively.

2. Study Area

Iran, with an area of 1648195 square kilometers, is located between 25 to 40 degrees north latitude and 44 to 63 degrees east longitude. Iran is divided into 6 geomorphic units (Zagros, North, Central Iran, East, Northeast and Northwest unit) (Alaei Taleghani, 2012). Iran is divided into 6 first and 30 second grade catchments (Water statistical yearbook of Iran, 2011). Of the 30 second grade catchments, Quaternary glacier cirques (6 morphotectonic units) were identified in 21 sub-basins.

3. Materials and Methods

In order to estimate the ELAs, firstly an Iranian DEM with 30*30 meter resolution was prepared and merged and clipped for each basin. Merged topographic maps (1: 50000) were also extracted for each basin. Based on documents in topographic maps, 20-meter contour lines and the reflection of landforms in SRTM satellite images, cirques of each

*. Corresponding author: Gholam Hassan Jafari.

E-mail: jafarihas@yahoo.com

Tel: +989177519227

basin were identified. Secondly, according to the method of Terminus-to-Head Altitude Ratio (THAR), the identified cirques which didn't have concave longitudinal profile were not considered in the estimations. Based on this, out of 30 second-grade catchments, 21 catchments were considered as basins that had been influenced by the glacial process in cool Quaternary spans. The ELAs were estimated using Porter's cirque-floor altitude and Wright methods. The geographical directions of the cirques were classified into eight main and secondary directions. The ELAs were estimated using the following methods:

4. Results and Discussion

In the present paper, 11641 cirques were identified in Iran based on the shape and height of the contour lines, status of the waterway network and the height of the peaks dominating in cirques. The surface slope direction affects the abundance of the cirques, meanwhile more than 60% of the cirques are formed in slopes that are inclined toward north in the whole country. Such slopes are known as Nesar slopes due to the inclination of the solar angle. After all the cirque were determined, the above methods were used to estimate ELAs.

Comparison of the difference between the ELAs in different directions using Wright method revealed that the greatest difference was in salt lake (449 m) and Aras (440 m) catchments. The minimum elevation difference was observed in the Haraz-Gharehsu (-551 m) and Duranjir desert (-350 m) basins, and there were no differences in ELAs in different directions of three basins. Comparison of ELAs estimated by the cirque floor method in different directions indicates that Aras (761 m), Sefid-rud (602 m) and the central desert (350 m) basins had the greatest variations in different directions. In the morpho-tectonic unit of Central Iran, cirque-floor altitude and then the THAR methods (Wright) were more preferable, respectively considering the difference of estimated ELAs.

5. Conclusion

The ELA in the Zagros morphotectonic unit was about 2608 m during the Quaternary. With further expansion in latitude, ELA differences in this unit, was estimated to be 637 m. The ELA of southwest slopes was estimated to be 524 m above the ELA of the northeast slopes. In total, ELAs were decreased from south to north during the Quaternary, so that the difference between Karun (the southernmost basin) and Aras catchments (the northernmost basin) was 484 m. From a longitudinal perspective, ELA differences is more than 800 m between the western catchment in the west (with an estimated ELA of 2300 m), and Duranjir catchment in the central Iran (with an altitude of 3100 m). In conclusion, during the Quaternary, the Δ ELA of Iran was more than 1065 m, and it varied between 2030 and 3100 m. The average ELA of Iran was about 2595 m. It can be concluded that in cirques landforms each latitudinal degree, could change the equilibrium-line altitude about 89 meters.

Keywords: Quaternary; Iran; ELA; direction; cirque; Wright; Porter.

References (In Persian)

- Abtahi, S.M. (2013). [Investigation of Paleoclimatology of Jajrood basin in Iran by glacial evidence]. *Geographical Exploration of Desert Areas*, 1(1), 185-201.
- Ahmadabadi, A., Karam, A., & Sargsyan, V. (2018). شناسایی سیرک های یخچالی زردکوه با تاکید بر ویژگی های ژئومورفومتری [Identification of glacial cirques of Zardkuh based on morphometric features]. *Hydrogeomorphology*, 15(4), 1-16.
- Alaei Taleghani, M. (2009). ژئومورفولوژی ایران [Geomorphology of Iran]. Tehran: Ghoomes.
- Alizadeh, A. (2006). اصول هیدرولوژی کاربردی [Principles of applied hydrology]. Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad.
- Beheshti Javid, E. & Esfandiari, F. (2018). استخراج و شناسایی لندفرم های یخچالی با استفاده از روش شی گر (مطالعه). [Extraction and Identification of glacial landforms using object-oriented methods (Case Study: glacial Cirques Sabalan)]. *Quantitative Geomorphological Research*, 6(1), 88-102.
- Entezari, A. Amir Ahmadi, A. Frenjic, A. M. Jahanfar, A. & Shayan Yeganeh, A. A. (2015). بررسی ژئومورفولوژیکی تحولات اقلیمی حوضه آبریز گرگان رود در کواترن [Geomorphologic assessment of climatic changes of Gorganroud basin in the Quaternary]. *Quaternary Journal of Iran (Iranian Quaternary Assosiation)*, 1(2), 169-180.
- Ghahroudi Tali, M. (2011). تخمین و مقایسه برف مرزهای دائمی در عصر یخچالی و بین یخچالی (مطالعه موردی: حوضه رود هراز) [The estimation and comparison of the extent of snowline in glacial and periglacial periods, the case of Haraz River Basin]. *Geography and Development*, 9(25), 97-110.
- Ghahroudi Tali, M., & Hassani Gharnaie, R., Khorshidi, T., & Hidari, M. (2012). شواهد یخچالی [Evolution of glacial landforms in Sulaimani, Kurdistan Region, Iraq]. *Quaternary Journal of Iran (Iranian Quaternary Assosiation)*, 3(3), 277-288.
- Ghorbani Shorstani, A., Khosravi, A., & Normohammadi, A. M. (2016). بررسی شواهد ژئومورفولوژیکی [Investigating geomorphological evidences of quaternary glacier in highlands of Northeast Iran (Case Study, Binalood mountain Range)]. *Quantitative Geomorphologic Research*, 5(1), 1-13.
- Jafarbeiglu, M., Yamani, M., Abbasnegad, A., Zamznzadeh, M., & Zahab Nazoury, S. (2014). بازسازی برف مرزهای یخچالی کواترن در کوهستان بیدخوان (استان کرمان) [Reconstruction of quaternary snow line in Bid Khan Mountain (Kerman province)]. *Quarterly Geography*, 12(40), 93-107.
- Jafari, Gh. H., & Asghari Sercansrudi, S. (2014). بررسی آثار یخچالی کواترنری زنجان رود [Analysis the effects Quaternary glacial Zanjanrood]. *Quantitative Geomorphological Researches*, 3(2), 16-30.
- Khoshraftar, R., Farid Mojtahedi, N., Asadi Oskoei, E., & Norozpor Sahre Bijare, K. (2016). شواهد ژئومورفولوژیکی یخچال های کوهستانی پلیستوسن پایانی در کوه شاه البرز- البرز غربی [Geomorphology of late pleistocene mountain glaciers in Shah Alborz Mountain- Western Alborz]. *Quaternary Journal of Iran (Iranian Quaternary Assosiation)*, 2(6), 155-165.

- Kiani, T., Ramesht, M., Maleki, A., & Safakish, F. (2016). بررسی تغییرات حوضه گاوخونی در فاز پایانی [Climate change in Gavkhouni Basin at the late Quaternary phase]. *Physical Geography Research Journal*, 48(2), 213-229.
- Nematollahi, F., & Ramesht, M. H. (2006). آثار یخساری در ایران. [Ice Capes Evidences in Iran]. *The Scientific Research Journal Spatial Planning*, 9(4), 143-162.
- Parizi, A., Ramesht, M. H., & Taghyan, A. (2013). شواهد یخچال‌های کواترنری پایانی در حوضه‌ی تنگویی. [Evidence of the final quaternary glaciers in the Sirjan Tengue Basin]. *Quantitative Geomorphologic Research*, 2(3), 111-128.
- Ramesht, M. H. (2001). دریاچه‌های دوران چهارم بستر تبلور و گسترش مدنیت در ایران. [Quaternary lakes the bedrock of the crystallization and expansion of civilization in Iran]. *Geographical Researches Journal*, 60(2), 90-111.
- Ramesht, M., Lajevardi, M., Lashkari, H., & Mahmoudi Mohammad Abadi, T. (2011). ردیابی آثار [Study of natural glacial evidences in Mahan (Case Study: Glacier of Tigrany Mahan Basin)]. *Geography and Environmental Planning*, 22(2), 59-78.
- Ramesht, M.H. (2014). نقشه‌های ژئومورفولوژی (نمادها و مجازها). [Geomorphological maps (Symbols and Images)]. Tehran: SAMT.
- Sarvar, J., & Farid Mojtahedi, N. (2011). شواهد ژئومورفولوژیکی یخچالی پلیستوسن در دامنه شمالی کوه [Evidences of Pleistocene glacial geomorphology in the Northern slope of Khashchal Mountain (western Alborz)]. *Quarterly Geographical Journal of Territory (Sarzamin)*, 8(3), 51-69.
- Seif, A., Rahedan Mofrad, M., & Srrvati, M. R. (2015). بازسازی برف مرزهای کواترنری پایانی در محدوده [Snow restoration of the final Quaternary boundaries within the Rig Site]. *Journal of Geographic Research*, 30(1), 193-208.
- Shamsipour, A., Bagheri Seyed Shokri, S., Jafari Aghdam, M., & Salimimanesh, J. (2015). بازسازی برف مرزهای آخرین دوره یخچالی با شواهد دوره‌های یخچالی در زاگرس شمال غربی (مطالعه موردی: تاقدیس قلاجه) [Reconstruction of the last glacial snow lines by the evidences of glacial periods in North West Zagros (Case study: Anticline Qalajeh)]. *Geography and Development Iranian journal*, 13(39), 61-74.
- Sharifi, M., & Farahbakhsh, Z. (2015). بررسی آنومالی حرارتی و رطوبتی بین زمان حال و پلیستوسن و بازسازی [Study of thermal anomaly and moisture between present and Pleistocene and regeneration of climatic conditions using geomorphic evidence (Case study: Khezrabad basin)]. *Natural Geography Research*, 47(4), 583-605.
- Tahouni, P. (2004). شواهد ژئومورفولوژیک فرسایش یخچالی پلیستوسن در ارتفاعات طالش. [Evidence of the Pleistocene Glacier Erosion in the Talesh Mountain]. *Geography Research*, 47(1), 31-55.
- Yamani, M. (2010). اندازه‌گیری حرکت سالانه یخچال علم کوه. [The measurement of annual movement of Alamkooh Glaciers]. *Physical Geography Research*, 67(2), 31-52.

- Yamani, M., & Zamani, H. (2017). تعیین ارتفاع خط تعادل در دره هراز در آخرین دوره یخچالی [Assessment of Equilibrium-line Altitudes in the Haraz Valley during the Last Glacial Maximum]. *Quaternary Journal of Iran*, 2(8), 305-314.
- Yamani, M., & Zamani, H. (2007). بازسازی حدود مرز برف دره شهرستانک در آخرین دوره یخچالی [Restoration of the snowline of the Shahrestanak Valley at the last glacial period]. *Quarterly Geography*, 5(12 and 13), 99-116.
- Yamani, M., Moghimi, E., Azizi, G., & Bakhiashi, K. (2014). تعیین قلمروهای مورفوکلیماتیک هولوسن در [Determination of Holocene morphoclimatic regions in highlands of the West and Northwest of Kurdistan Province]. *Physical Geography Research*, 45(4), 1-14.
- Yamani, M., Shamsi Pour, A.A., & Jafari Aghdam, M. (2011). بازسازی برف مرزهای پلیوستوسن در [Renovation of the Ploshtozen Peninsula in the Jajrood Basin]. *Natural Geographic Research*, 76(2), 35-50.

References (In English)

- Barr, I. D., & Spagnolo, M. (2015). Glacial cirques as palaeo-environmental indicators: Their potential and limitations. *Earth-Science Reviews*, 151(2), 48-78.
- Delmas, M., Gunnell, Y., & Calvet, M. (2015). A critical appraisal of allometric growth among alpine cirques based on multivariate statistics and spatial analysis. *Geomorphology*, 228(2), 637-652.
- Evans, D. J., & Rea, B. R. (2003). Surging glacier land system. In *Glacial land systems*. Taylor and Francis.
- Evans, I. S. (2006). Allometric development of glacial cirque form: geological, relief and regional effects on the cirques of Wales. *Geomorphology*, 80(3), 245-266.
- Ghahroudi Tali, M., & Hassani Gharnaie, R. (2012). Evolution of glacial landforms in Iraq and Iran borders. *Geological Conference of Kurdistan*, Sulaimani, Kurdistan Region, Iraq.
- Mîndrescu, M., & Evans, I. S. (2014). Cirque form and development in Romania: allometry and the buzzsaw hypothesis. *Geomorphology*, 208(4), 117-136.
- Mitchell, S.G., & Montgomery, D.R. (2006). Influence of a glacial buzz saw on the height and morphology of the Cascade Range in central Washington State, USA. *Quaternary Research*, 65(1), 96-107.
- Moayeri, M., Ramesht, M.H., Saif, A., Yamani, M., & Jafari, Gh.H. (2011). the impact of mountainous skirts direction of Iran on differences in altitude of withers and ice equilibrium line of quaternary. *Geography and environmental planning journal*, 40(4), 1-12.
- Moussavi, M.S., ValadanZoej, M.J., Vaziri, F., Sahebi, M.R., & Rezaei, Y. (2009). A new glacier inventory of Iran. *Annals of Glaciology*, 50(53), 93-103.
- Napieralski, J., Harbor, J., & Li, Y. (2007). Glacial geomorphology and geographic information systems. *Earth-Science Reviews*, 85(1), 1-22.
- Oskin, M., & Burbank, D.W. (2005). Alpine landscape evolution dominated by cirque retreat. *Geology*, 33(12), 933-936.
- Pedrami, M. (1982). Pleistocene Glaciation's and Paleoclimate in Iran, Tehran, Iran: Geol. Surv.
- Porter, S. C. (2000). Snowline depression in the tropics during the Last Glaciation. *Quaternary science reviews*, 20(10), 1067-1091.

- Salcher, B.C., Kober, F., Kissling, E., & Willett, S.D. (2014). Glacial impact on short-wavelength topography and long-lasting effects on the denudation of a DE glaciated mountain range. *Global and Planetary Change*, 115(11), 59-70.
- Sarıkaya, M.A., Ciner, A., & Zreda, M. (2011). Quaternary glaciations of Turkey. *Developments in quaternary science*, 15(8), 393-403.
- Sarıkaya, M.A., Zreda, M., & Çiner, A. (2009). Glaciations and paleoclimate of Mount Erciyes, central Turkey, since the Last Glacial Maximum, inferred from ³⁶Cl cosmogenic dating and glacier modeling. *Quaternary Science Reviews*, 28(23), 2326-2341.
- Seif, A., & Ebrahimi, B. (2014). Combined Use of GIS and Experimental Functions for the Morphometric Study of Glacial Cirques in Zardkuh Mountain, Iran. *Quaternary International*, 353(3), 236-249.
- Spotila, J. A., Buscher, J. T., Meigs, A. J., & Reiners, P. W. (2004). Long-term glacial erosion of active mountain belts: example of the Chugach–St. Elias Range, Alaska. *Geology*, 32(6), 501-504.
- Stokes, C. R., Gurney, S. D., Shahgedanova, M., & Popovnin, V. (2006). Late-20th-century changes in glacier extent in the Caucasus Mountains. Russia/Georgia. *Journal of Glaciology*, 52(176), 99-109.
- Xu, X. (2014). Climates during Late Quaternary glacier advances, glacier-climate modeling in the Yingpu Valley, the eastern Tibetan Plateau. *Quaternary Science Reviews*, 101(5), 18-27.

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

(Research Journal)
VOLUME 9, NO 33, Spring 2020



CONTENTS

- **Seismic Hazard in Babolrud and Talar Basins based on Morphometric Indices** 1
Mohammad Khalaj
- **Evaluation of Soil Contamination by Heavy Metals around Fasa-Darab Road** 5
Marziyeh Mokarram, Saeed Negahban
- **Zoning of Flood Risk in Kashkan River basin using Two Models WOE and EBF** 11
Fahimeh Azadi, Seyed Hasan Sadough, Manijeh ghahroudi, Himan Shahabi
- **Analysis of Hydrogeomorphic Properties of Aland Chai Basin to Prioritize Sub-Basins in terms of Flood Sensitivity** 15
Mohammad Hossein Rezaei Moghaddam, S. Asedolah Hejazi, Khalil Valizadeh Kamran, Tohid Rahimpour
- **Analysis of Key Factors Affecting the Promotion of Resilience of Rural Settlements against Environmental Hazards (Case Study: Rural Settlements of Fariman City)** 21
Fahimeh Jafari, Hamid Shayan, Homa Bataghva Sarabi
- **Presenting a Model for Predicting Meteorological and Hydrological Drought Risk by Statistical Methods under the Influence of Climate Change (Case study: Afin Catchment Area)** 29
Ghazale Kavakebi, Mohammad Mousavi Baygi, Amin Aizadeh b, Abolfazl Mosaedi, Mehdi Jabbari Noghabi
- **Investigation of Chemical and Mineralogical Properties of Dust Entering Northeastern Iran and its Pathogenic Potential** 35
Maliheh Baghi, Alireza Rashki, Mohammad Hossein Mahmoudi Gharayi
- **Impact of Anthropogenic Activities on Environmental Hazards Caused by Heavy Metal Pollution in Agricultural Ecosystems** 41
Amir Mohseni, Neda Mohseni, Seyed Reza Hosseinzadeh
- **Evaluation and Simulation of Land Use Change Using Object-oriented Classification and Markov Chain Model, Case Study: Birjand City** 47
Saeed Hossein Abadi, Ebrahim Akbari, Afsaneh Naghdishi
- **Spatial Resilience Analysis in Mashhad Inefficient Texture Sites** 53
Mohammad Ajza Shokouhi, Sajede Baghban
- **Hermeneutics and Geomorphological Hazards; with Emphasis on Assessment and Zoning of Landslide Hazards in Rudbar Region** 59
Saeed Rahimi Herabadi, Neda Majidirad
- **Best Method in estimating the equilibrium-line altitude of late quaternary glaciers in Iran** 65
Gholam Hassan Jafari, Nasrin Hazrati

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

Editor – in – Chief :

Dr S.R. Hosseinzadeh
*Department of Geography
Ferdowsi University of Mashhad,
Mashhad, Iran.*

Executive Coordinator :
Sayyed Mohammad Ali Moosavi

Director :

Professor H. Shayan
*Department of Geography
Ferdowsi University of Mashhad,
Mashhad, Iran.*

Managing Editor:
Dr.Neda Mohseni

Editorial Board:

Professor V. R. Baker
*Department of Hydrology and Water Resources,
University of Arizona, Tucson, USA.*

Professor Z. B. Hejazizadeh
*Department of Geography,
University of Alkharazmi, Tehran, Iran.*

Dr S. R. Hoseinzadeh
*Department of Geography,
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.*

Proffesor M. Ghahroudi Tali
*Department of Geography,
University of Alkharazmi, Tehran, Iran.*

Professor J. Javan
*Department of Geography,
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.*

Professor A. Masudian
*Department of Physical Geography,
University of Isfahan, Isfahan, Iran.*

Dr H. Negaresh
*Department of Physical Geography,
University of Sistan, Zahedan, Iran.*

Professor A. Nohegar
*Department of Planning,
management, and education of
environment, University of Tehran,
Tehran, Iran.*

Professor B. Sari. Sarraf
*Department of Physical
Geography University of Tabriz,
Tabriz, Iran.*

Professor H. Shayan
*Department of Geography
Ferdowsi University of Mashhad,
Mashhad, Iran.*

Dr SH. Shataee. Joybari
*Department of forest sciences
University of Gorgan, Gorgan,
Iran.*

Professor S. Velayati
*Department of Geography
Ferdowsi University of Mashhad,
Mashhad, Iran.*

Professor. M. Yamani
*Department of Physical Geography,
University of Tehran, Tehran, Iran.*

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) 5138806725

Fax: +98(0) 51 38794144 E-mail: geo.eh@um.ac.ir Website : <http://geoeh.um.ac.ir>

2019 annual subscription rates: 25 US\$For USA plus mailing costs, 20 US\$ for other Countries Plus mailing Costs. Please Contact to Editor – in – Chief for further arrangements and payment Options:
Srhosseinzadeh @um.ac.ir

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

Notes For Contributors

AIMS AND SCOPE

Geography and environmental Hazards is an Iranian Interdisciplinary 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, Geomorphological, 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 abstract in English. authors with English papers must submit the initial electronic manuscript to one of the following Addresses:

Journal website: <http://jm.um.ac.ir>

Journal Email: geo.eh@um.ac.ir

Editor-in-chief: srhosszadeh@um.ac.ir or Srhosseinzadeh@yahoo.com

The initial manuscript must be sent in two separate files, **word** and **pdf** form.

Manuscript Style

All submissions 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 affiliations of author(s), and full address of each author. The precise mailing address, Telephone, 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 listed 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 authors 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 should 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 (extended Abstracts)

VOLUME 9, NO 33, Spring 2020	Pages
•Seismic Hazard in Babolrud and Talar Basins based on Morphometric Indices Mohammad Khalaj	1
•Evaluation of Soil Contamination by Heavy Metals around Fasa-Darab Road Marziyeh Mokarram, Saeed Negahban	5
•Zoning of Flood Risk in Kashkan River basin using Two Models WOE and EBF Fahimeh Azadi, Seyed Hasan Sadough, Manijeh ghahroudi, Himan Shahabi	11
•Analysis of Hydrogeomorphic Properties of Aland Chai Basin to Prioritize Sub-Basins in terms of Flood Sensitivity Mohammad Hossein Rezaei Moghaddam, S.Asedolah Hejazi, Khalil Valizadeh Kamran, Tohid Rahimpour	15
•Analysis of Key Factors Affecting the Promotion of Resilience of Rural Settlements against Environmental Hazards (Case Study: Rural Settlements of Fariman City) Fahimeh Jafari, Hamid Shayan, Homa Bataghva Sarabi	21
•Presenting a Model for Predicting Meteorological and Hydrological Drought Risk by Statistical Methods under the Influence of Climate Change (Case study: Afin Catchment Area) Ghazale Kavakebi, Mohammad Mousavi Baygi, Amin Aizadeh b, Abolfazl Mosaedi, Mehdi Jabbari Noghabi	29
•Investigation of Chemical and Mineralogical Properties of Dust Entering Northeastern Iran and its Pathogenic Potential Maliheh Baghi, Alireza Rashki, Mohammad Hossein Mahmoudi Gharayi	35
•Impact of Anthropogenic Activities on Environmental Hazards Caused by Heavy Metal Pollution in Agricultural Ecosystems Amir Mohseni, Neda Mohseni, Seyed Reza Hosseinzadeh	41
•Evaluation and Simulation of Land Use Change Using Object-oriented Classification and Markov Chain Model, Case Study: Birjand City Saeed Hossein Abadi, Ebrahim Akbari, Afsaneh Naghdbishi	47
•Spatial Resilience Analysis in Mashhad Inefficient Texture Sites Mohammad Ajza Shokouhi, Sajedah Baghban	53
•Hermeneutics and Geomorphological Hazards; with Emphasis on Assessment and Zoning of Landslide Hazards in Rudbar Region Saeed Rahimi Herabadi, Neda Majidirad	59
•Best Method in estimating the equilibrium-line altitude of late quaternary glaciers in Iran Gholam Hassan Jafari, Nasrin Hazrati	65



JOURNAL OF GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS



Research Journal

Volume. 9, No. 33, Spring 2020

- **Seismic Hazard in Babolrud and Talar Basins based on Morphometric Indices**
Mohammad Khalaj
- **Evaluation of Soil Contamination by Heavy Metals around Fasa-Darab Road**
Marziyeh Mokarram, Saeed Negahban
- **Zoning of Flood Risk in Kashkan River basin using Two Models WOE and EBF**
Fahimeh Azadi, Seyed Hasan Sadough, Manijeh ghahroudi, Himan Shahabi
- **Analysis of Hydrogeomorphic Properties of Aland Chai Basin to Prioritize Sub-Basins in terms of Flood Sensitivity**
Mohammad Hossein Rezaei Moghaddam, S.Asedolah Hejazi, Khalil Valizadeh Kamran, Tohid Rahimpour
- **Analysis of Key Factors Affecting the Promotion of Resilience of Rural Settlements against Environmental Hazards (Case Study: Rural Settlements of Fariman City)**
Fahimeh Jafari, Hamid Shayan, Homa Bataghva Sarabi
- **Presenting a Model for Predicting Meteorological and Hydrological Drought Risk by Statistical Methods under the Influence of Climate Change (Case study: Afin Catchment Area)**
Ghazale Kavakebi, Mohammad Mousavi Baygi, Amin Aizadeh b, Abolfazl Mosaedi, Mehdi Jabbari Noghabi
- **Investigation of Chemical and Mineralogical Properties of Dust Entering Northeastern Iran and its Pathogenic Potential**
Maliheh Baghi, Alireza Rashki, Mohammad Hossein Mahmoudi Gharayi
- **Impact of Anthropogenic Activities on Environmental Hazards Caused by Heavy Metal Pollution in Agricultural Ecosystems**
Amir Mohseni, Neda Mohseni, Seyed Reza Hosseinzadeh
- **Evaluation and Simulation of Land Use Change Using Object-oriented Classification and Markov Chain Model, Case Study: Birjand City**
Saeed Hossein Abadi, Ebrahim Akbari, Afsaneh Naghdbishi
- **Spatial Resilience Analysis in Mashhad Inefficient Texture Sites**
Mohammad Ajza Shokouhi, Sajedah Baghban
- **Hermeneutics and Geomorphological Hazards; with Emphasis on Assessment and Zoning of Landslide Hazards in Rudbar Region**
Saeed Rahimi Herabadi, Neda Majidirad
- **Best Method in estimating the equilibrium-line altitude of late quaternary glaciers in Iran**
Gholam Hassan Jafari, Nasrin Hazrati



دانشگاه بهرگان



دانشگاه علوم کشاورزی و علوم طبیعی کرمان



دانشگاه سیستان و بلوچستان



دانشگاه خوارزمی تهران



دانشگاه تبریز



دانشگاه اصفهان

ISSN:2322-1682

Published by
Ferdowsi University of Mashhad