

مجله

جغرافیا و مخاطرات محیطی



(نشریه علمی)

سال دوازدهم، شماره ۴۸، زمستان ۱۴۰۲، شاپا: ۱۶۸۲-۲۳۲۲

- بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک شهرستان گیوی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری ... موسی عابدینی، الناز پیروزی، مهدی فعال نذیری
- تحلیل عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری منطقه حفاظت‌شده ارسباران و تدوین راهبردهای مدیریتی ... بیتا باهری، سولماز دشتی، سحر مختاری
- تحلیل شبکه اعتماد در بین بهره‌برداران جنگل و مرتع حوزه آبخیز قلعه شاهین شهرستان سرپل ذهاب ... سمیه شهبازی، علی اصغر میرک زاده، فرحناز رستمی قبادی
- تحلیل سطح آگاهی و دانش مدیریت ریسک کودکان روستایی از مخاطره زلزله ... طاهره صادقلو، حمیده مولایی
- ارتباط شاخص‌های پوشش گیاهی با رخداد آتش‌سوزی در نواحی رویشی ایران کبری شجاعی زاده، محمود احمدی، عباسعلی داداشی رودباری
- بررسی حداکثر دبی مقادیر سیلاب حوضه آبریز شیراز در توزیع گمبل تیپ یک ... شهرام روستایی، حسن افتخار، فریا کرمی، سعید نگهبان
- اولویت‌بندی و تحلیل فضایی پتانسیل سیل خیزی مبتنی بر رویکرد FUZZY-AHP ... دانیال صیاد، هدی قاسمیه، زهرا ناصریان اصل
- بررسی تأثیر شبکه موجک بر کارایی شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی رسوبات سیلابی حلیمه یار، مهدی حیات زاده، علی فتح‌زاده، حمیده افخمی
- بررسی قابلیت مدل دوبعدی HEC-RAS در تهیه نقشه خطر سیلاب در رودخانه قره‌چای رامیان، استان گلستان محبوبه بای، ناصر طهماسبی‌پو، حسین زینی‌وند، امیر سعدالدین، مهدی کاهه
- تحلیل سینوپتیک اثر کم‌فشارهای بریده در بارش سنگین ایران شهرام لطفی قرانچای، طیبه اکبری ازیرانی، علیرضا شکیا، فاطمه ربانی، آمنه دشت‌بزرگی
- تعیین فرکانس طبیعی خاک شهر بهبهان با استفاده از تحلیل داده‌های میکروترموور ساسان معتقد، امین نخلیان، لطف‌الله عمادعلی، نصراله افتخاری، حشمت اله محمودیان
- پهنه بندی سطوح ارضی حوضه شاهرود در مقابل وقوع زمین‌لغزش به کمک مدل شانون غلام‌حسن جعفری، روح‌اله خدایی
- تحلیل وضعیت تکتونیکی طاق‌دیس‌های شمال غربی زاگرس و ارتباط آن با کانون‌های زمین‌لرزه حمید گنجائیان
- بررسی آثار و نشانه‌های تکتونیک فعال در حوضه سد بیدواز اسفراین با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی غلامرضا مقامی مقیم، سعیدالرضا اسلامی، ناهید رمضانی
- زمین‌ساخت فعال حوضه آبریز کلاردشت و عباس‌آباد بر اساس شاخص‌های ریخت‌سنجی محمد خلیج، حسن علیزاده



فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی (نشریه علمی)

سال دوازدهم، شمارهٔ چهل و هشت، زمستان ۱۴۰۲

شاپا الکترونیکی: ۳۰۷۶-۲۳۸۳

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۱۶۸۲

- بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک شهرستان گیوی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری ...
موسی عابدینی، الناز پیروزی، مهدی فعال نذیری
- تحلیل عوامل مؤثر بر آسیب‌پذیری منطقه حفاظت‌شده ارسباران و تدوین راهبردهای مدیریتی ...
بیتا باهری، سولماز دشتی، سحر مختاری
- تحلیل شبکه اعتماد در بین بهره‌برداران جنگل و مرتع حوزه آبخیز قلعه شاهین شهرستان سرپل ذهاب ...
سمیه شهبازی، علی‌اصغر میرک زاده، فرحناز رستمی قبادی
- تحلیل سطح آگاهی و دانش مدیریت ریسک کودکان روستایی از مخاطره زلزله ...
طاهره صادقلو، حمیده مولایی
- ارتباط شاخص‌های پوشش گیاهی با رخداد آتش‌سوزی در نواحی رویشی ایران
کبری شجاعی زاده، محمود احمدی، عباسعلی داداشی رودباری
- بررسی حداکثر دبی مقادیر سیلاب حوضه آبریز شیراز در توزیع گمبل تیپ یک ...
شهرام روستایی، حسن افتخار، فریا کرمی، سعید نگهبان
- اولویت‌بندی و تحلیل فضایی پتانسیل سیل‌خیزی مبتنی بر رویکرد FUZZY-AHP ...
دانیال صیاد، هدی قاسمیه، زهرا ناصریان اصل
- بررسی تأثیر شبکه موجک بر کارایی شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی رسوبات سیلابی
حلیمه یار، مهدی حیات زاده، علی فتح‌زاده، حمیده افخمی
- بررسی قابلیت مدل دوبردی HEC-RAS در تهیه نقشه خطر سیلاب در رودخانه قره‌چای رامیان، استان گلستان
محبوبه بای، ناصر طهماسبی‌پو، حسین زینی‌وند، امیر سعدالدین، مهدی کاهه
- تحلیل سینوپتیک اثر کم‌فشارهای بریده در بارش سنگین ایران
شهرام لطفی قرانچای، طیه اکبری ازیرانی، علیرضا شکبیا، فاطمه ربانی، آمنه دشت‌بزرگی
- تعیین فرکانس طبیعی خاک شهر بهبهان با استفاده از تحلیل داده‌های میکروترموور
ساسان معتقد، امین نخلیان، لطف‌الله عمادعلی، نصراله افتخاری، حشمت‌اله محمودیان
- پهنه‌بندی سطوح ارضی حوضه شاهرود در مقابل وقوع زمین‌لغزش به کمک مدل شانون
غلام‌حسن جعفری، روح‌اله خدایی
- تحلیل وضعیت تکتونیکی طاق‌دیس‌های شمال غربی زاگرس و ارتباط آن با کانون‌های زمین‌لرزه
حمید گنجائیان
- بررسی آثار و نشانه‌های تکتونیک فعال در حوضه سد بیدواز اسفراین با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی
غلامرضا مقامی مقیم، سعیدالرضا اسلامی، ناهید رضائی
- زمین‌ساخت فعال حوضه آبریز کلاردشت و عباس‌آباد بر اساس شاخص‌های ریخت‌سنجی
محمد خلیج، حسن علیزاده



دانشکده ادبیات و علوم انسانی

فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی

صاحب امتیاز: دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر سیدرضا حسین زاده

سرمدیر: دکتر سیدرضا حسین زاده

هیئت تحریریه (به ترتیب حروف الفبا):

بختیار فیضی زاده - دانشیار گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS دانشگاه تبریز

منیژه قهرودی تالی - استاد جغرافیای طبیعی - ژئومورفولوژی دانشگاه شهید بهشتی تهران

علیرضا کریمی - استاد گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

غلامرضا لشکری پور - استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد

حسین محمدزاده - استاد گروه زمین شناسی، دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد

ابوالفضل مسعودیان - استاد اقلیم شناسی گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه اصفهان

مسعود میرزائی شهرابی - استاد شیمی معدنی گروه شیمی، دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد

مسعود مینائی - دانشیار سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه فردوسی مشهد

خلیل ولیزاده کامران - استاد، گروه سنجش از راه دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی، دانشگاه تبریز

احمد نوحه گر - استاد گروه برنامه ریزی مدیریت و آموزش محیط زیست دانشگاه تهران

مجتبی یمانی - استاد جغرافیا - ژئومورفولوژی گروه جغرافیا طبیعی دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران

Prof. Victor R. Baker (Department of Hydrology and Water Resources, University of Arizona)

Prof. Ziyadin Çakır (Department of Geology, Istanbul Technical University)

Prof. Gao-Lin Wu (Institute of Water and Soil Conservation, Chinese Academy of Sciences)

Assistant Prof. Masoud Irannezhad (Civil Engineering University of Oulu, Finland)

حمید اجتهادی - استاد گروه زیست شناسی، دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد

محمد رضا اصفهانی - استاد گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد

مرتضی اکبری - دانشیار بیابان زدایی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد

علیرضا راشکی - استاد بیابان زدایی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد

آذر زرین - دانشیار اقلیم شناسی گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه فردوسی مشهد

شعبان شتابی جویباری - استاد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

حسین شفیع زاده مقدم - دانشیار مهندسی و مدیریت آب دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

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

بر اساس آئین 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 و انجمن کواترنری ایران است

مدیر داخلی: دکتر ندا محسنی کارشناس اجرایی: سید محمد علی موسوی ویراستاری انگلیسی: مرکز ویراستاری ادبیات و علوم انسانی (عبداله نوروزی)

ویراستاری ادبی: دکتر جواد میزبان حروف نگاری و صفحه آرای: الهه تجویدی طراحی جلد: امیراسفندیار عامل محرابی

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

نشانی: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی، کد پستی ۹۱۷۸۹۴۸۸۳

<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 پایگاه های زیر نمایه می شود:

پایگاه استنادی علوم جهان اسلام (ISC)

پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID)

• پایگاه بانک اطلاعات نشریات کشور (Magiran)

• DOAJ (Directory of Open Access Journals)

• EBSCO Information Services

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی

(نشریه علمی)

سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲

شاپا چاپی : ۱۶۸۲-۲۳۲۲

شاپا الکترونیکی : ۲۳۸۳-۳۰۷۶

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 همایش‌ها به چاپ نرسیده باشد و همچنین به طور همزمان برای مجله دیگری ارسال نشده باشد.

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

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

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

نکته: لطفاً دقت شود که همه بخش‌ها و زیر بخش‌ها به استثنای تیتیر "چکیده" شماره‌گذاری شوند. همچنین زیر بخش‌های مربوط به "مواد و روش‌ها" 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 سانتی‌متر از بالا، ۳,۵ سانتی‌متر از پایین، ۳ سانتی‌متر از چپ و ۳ سانتی‌متر از راست صورت گیرد. Header: ۲,۷۵ و Footer: ۳ عنوان مقاله با قلم ۱۳ پررنگ B Lotus، اسم، فامیل- مرتبه علمی با قلم ۱۱ پررنگ B Lotus، نویسنده مسؤول، شماره تلفن و ایمیل نویسنده به صورت پاورقی و با قلم ۱۱ B Lotus باشد. چکیده ۱۲ پررنگ B Lotus، متن چکیده ۱۲ B Lotus. (چکیده و متن آن با فواصل ۲ سانتی‌متر از سمت چپ و ۲ سانتی‌متر از سمت راست از متن اصلی باشد). تیتیرهای اصلی متن ۱۲ پررنگ 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 پررنگ B Lotus نوشته شود.

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

۱۱- شیوه ارجاع انواع منابع در انتهای مقاله باید بر اساس حروف الفبا و بصورت زیر باشد. در ابتدا منابع فارسی (B Lotus 12) و در ادامه منابع انگلیسی (Times New Roman 11) ذکر شوند:

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 آدرس: <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. فرشاد احمدی (استادیار گروه هیدرولوژی و منابع آب دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز)
۲. عیسی اسفندیارپور (استاد، پیدایش و رده بندی خاک، علوم و مهندسی خاک، کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان)
۳. مرضیه اسمعیل پور (استادیار جغرافیای طبیعی - اقلیم شناسی گروه گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه مراغه)
۴. نظام اصغری پور دشت بزرگ (محقق پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری گروه پژوهشی مهندسی رودخانه و حفاظت سواحل)
۵. صیاد اصغری سراسکانرود (استاد ژئومورفولوژی، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل)
۶. لیلی ایزدی کیان (استادیار، زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بوعلی سینا همدان)
۷. شهرام بهرامی (دانشیار جغرافیای طبیعی گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی)
۸. سعید پورمنافی (دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان)
۹. سید محمد تاجبخش (دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه بیرجند)
۱۰. آزاده توکلی (دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی - مهندسی دانشگاه زنجان)
۱۱. حسن حاجی حسینیلو (استادیار گروه زمین شناسی (تکتونیک)، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد خوی)
۱۲. سیدرضا حسین زاده (استاد جغرافیای طبیعی گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه فردوسی مشهد)
۱۳. محمدمهدی حسین زاده (دانشیار هیدروژئومورفولوژی گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی)
۱۴. ساره حسینی (دکتری جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری)
۱۵. کیوان خرمی (دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه)
۱۶. رسول خسروی (دانشیار گروه مهندسی منابع طبیعی و محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز)
۱۷. رضا دلیرحسن نیا (استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز)
۱۸. محمد صادق دهقانپان (استادیار گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی بندرعباس)
۱۹. رضا زارع (دانشجوی دکتری، رشته مدیریت دولتی، دانشکده اقتصاد و مدیریت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران)
۲۰. سید محمد زمان زاده (دانشیار پردیس علوم / دانشکده زمین شناسی جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران)
۲۱. سمیه سلطانی گردفرامری (دانشیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان)
۲۲. حمید شایان (استاد جغرافیای انسانی گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه فردوسی مشهد)
۲۳. رقیه شریفی چابکی (دکتری جغرافیای سیاسی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران)
۲۴. علی شمس الدینی (دانشیار گروه سنجش اذدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تربیت مدرس تهران)
۲۵. فاطمه طباطبائی یزدی (استادیار محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد)
۲۶. فریا کرمی (استاد، جغرافیای طبیعی - ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز)
۲۷. فرانک کرمان (دکتری توسعه کشاورزی، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه)
۲۸. مجید کریم پور ریحان (دانشیار مرکز تحقیقات بین المللی بیابان، دانشگاه تهران)
۲۹. ندا محسنی (دانشیار جغرافیای طبیعی - ژئومورفولوژی گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه فردوسی مشهد)
۳۰. مهران مقصودی (استاد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران)
۳۱. سعید نگهبان (دانشیار جغرافیای طبیعی - ژئومورفولوژی، دانشگاه شیراز)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
۱	• بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک شهرستان گیوی با استفاده از مدل تصمیم گیری ... موسی عابدینی، الناز پیروزی، مهدی فعال نذیری
۲۷	• تحلیل عوامل مؤثر بر آسیب پذیری منطقه حفاظت شده ارسباران و تدوین راهبردهای مدیریتی ... بیتا باهری، سولماز دشتی، سحر مختاری
۵۳	• تحلیل شبکه اعتماد در بین بهره‌برداران جنگل و مرتع حوزه آبخیز قلعه شاهین شهرستان سرپل ذهاب ... سمیه شهبازی، علی اصغر میرک زاده، فرحناز رستمی قبادی
۷۹	• تحلیل سطح آگاهی و دانش مدیریت ریسک کودکان روستایی از مخاطره زلزله ... طاهره صادقلو، حمیده مولایی
۹۹	• ارتباط شاخص‌های پوشش گیاهی با رخداد آتش‌سوزی در نواحی روستایی ایران کبری شجاعی زاده، محمود احمدی، عباسعلی داداشی رودباری
۱۱۷	• بررسی حداکثر دبی مقادیر سیلاب حوضه آبریز شیراز در توزیع گمبل تیپ یک ... شهرام روستایی، حسن افتخار، فریا کرمی، سعید نگهبان
۱۳۹	• اولویت‌بندی و تحلیل فضایی پتانسیل سیل خیزی مبتنی بر رویکرد FUZZY-AHP ... دانیال صیاد، هدی قاسمیه، زهرا ناصریان اصل
۱۶۱	• بررسی تأثیر شبکه موجک بر کارایی شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی رسوبات سیلابی حلیمه یار، مهدی حیات زاده، علی فتح‌زاده، حمیده افخمی
۱۸۷	• بررسی قابلیت مدل دویبعی HEC-RAS در تهیه نقشه خطر سیلاب در رودخانه قره‌چای رامیان، استان گلستان محبوبه بای، ناصر طهماسبی‌پو، حسین زینی‌وند، امیر سعدالدین، مهدی کاهه
۲۰۵	• تحلیل سینوپتیک اثر کم‌فشارهای بریده در بارش سنگین ایران شهرام لطفی قرانچای، طیبه اکبری ازیرانی، علیرضا شکبیا، فاطمه ربانی، آمنه دشت‌بزرگی
۲۳۳	• تعیین فرکانس طبیعی خاک شهر بهبهان با استفاده از تحلیل داده‌های میکروترومور ساسان معتقد، امین نخلیان، لطف‌الله عمادعلی، نصراله افتخاری، حشمت اله محمودیان
۲۵۳	• پهنه بندی سطوح ارضی حوضه شاهرود در مقابل وقوع زمین لغزش به کمک مدل شانون غلام‌حسن جعفری، روح‌اله خدایی
۲۷۵	• تحلیل وضعیت تکتونیکی طاق‌دیس‌های شمال غربی زاگرس و ارتباط آن با کانون‌های زمین‌لرزه حمید گنجائیان
۲۹۱	• بررسی آثار و نشانه‌های تکتونیک فعال در حوضه سد بیدواز اسفراین با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیکی غلامرضا مقامی مقیم، سعیدالرضا اسلامی، ناهید رمضانی
۳۱۱	• زمین‌ساخت فعال حوضه آبریز کلاردشت و عباس‌آباد بر اساس شاخص‌های ریخت‌سنجی محمد خلیج، حسن علیزاده



بسمه تعالی

توافقنامه همکاری علمی

این توافقنامه فی مابین مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی و انجمن کواترنری ایران و به منظور همکاری در ادامه انتشار نشریه علمی با عنوان جغرافیا و مخاطرات محیطی در زمینه بررسی مخاطرات محیطی منعقد می گردد.

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

ماده ۲- امور علمی نشریه را هیأت تحریریه که حداقل یک چهارم اعضای آن از اعضای انجمن هستند انجام خواهند داد. تبصره ۱: انجمن متعهد می شود که حداقل دو نفر از اعضای هیأت تحریریه را از اعضای هیأت علمی دانشگاه ها انتخاب نماید. تبصره ۲: یکی از اعضای هیأت تحریریه عضو دانشگاه فردوسی مشهد 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 آیین نامه تعیین اعتبار نشریات علمی کشور صورت خواهد پذیرفت.

ماده ۳- دفتر نشریه در موسسه متقاضی نشریه خواهد بود و با مسئولیت مدیر مسئول اداره خواهد شد.

ماده ۴- روی جلد نشریه علاوه بر نشان دانشگاه فردوسی مشهد نشان انجمن کواترنری ایران با اندازه یکسان چاپ خواهد شد. ماده ۵- در صفحه حقوقی تمامی شماره های نشریه، این جمله آورده شود «این نشریه حاصل فعالیت مشترک دانشگاه فردوسی مشهد و انجمن کواترنری ایران است».

ماده ۶- کلیه هزینه های آماده سازی نشریه اعم از هزینه های داور، حق الزحمه ویراستار مجری، امور دفتری، پست و مخابرات، تایپ، ... برعهده دانشگاه فردوسی مشهد خواهد بود.

ماده ۷- هزینه های 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 بایستی تصمیم خود را حداقل شش ماه زودتر کتباً به اطلاع طرف مقابل برساند. در صورت توافق طرفین به فسخ توافقنامه، نتیجه توسط دبیر انجمن 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 ۱۴۰۰/۱۲/۱۵ توسط دکتر احمد رضا بهرامی به نمایندگی از دانشگاه فردوسی مشهد و دکتر فریبرز قریب (رئیس هیأت مدیره انجمن کواترنری ایران) به امضاء رسید.

دکتر احمد رضا بهرامی
معاون پژوهشی و فن آوری دانشگاه فردوسی مشهد

معاونت پژوهش و فناوری



دکتر فریبرز قریب
رئیس هیأت مدیره انجمن کواترنری ایران

انجمن کواترنری ایران



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.

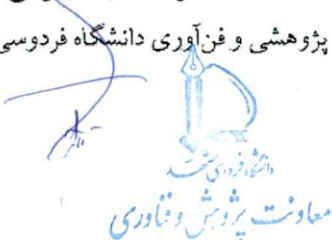
ماده ۷: هزینه‌های لیتوگرافی و چاپ نشریه (فیلم و زینگ، کاغذ، چاپ نشریه و جلد، صحافی) به صورت مشترک و با سهم مساوی توسط انجمن و موسسه متقاضی پرداخت خواهد شد.

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 دبیر انجمن 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 احمد رضا بهرامی به نمایندگی از دانشگاه فردوسی مشهد و دکتر مجتبی یمانی (رییس هیأت مدیره انجمن ایرانی ژئومورفولوژی) به امضاء رسید.

دکتر احمد رضا بهرامی

معاون پژوهشی و فن آوری دانشگاه فردوسی مشهد



دکتر مجتبی یمانی

رییس هیأت مدیره انجمن ایرانی ژئومورفولوژی





Investigating the Impacts of Land Use Changes on Soil Erosion in Givi City using the MABAC Multi-Criteria Decision-Making Model and Landsat Satellite Images (OLI-TM Sensors)

Mousa Abedini^{a*}, Elnaz Piroozib, Mehdi Faal Naziric

^a Professor in Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

^b PhD in Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

^c PhD Candidate in Geomorphology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

Received: 17 December 2021

Revised: 19 February 2022

Accepted: 7 March 2022

Abstract

In recent years, the mutual impact of land use change and soil erosion has become a major environmental concern. Therefore, this study tried to investigate the changes in different land uses and evaluate the impacts of land use changes on soil erosion in Givi city. To achieve the goals of the research, first, a land use map was prepared using the object-oriented method for the two periods of 2000 and 2021. Then, according to the natural and human conditions of the area, other effective factors for erosion in the area were identified and the information layers of each of the criteria were prepared by the geographic information system. Evaluation and standardization of layers were done using the fuzzy membership function and weighting of the criteria was done using the CRITIC method. The final analysis and modeling were done using the MABAC method as one of the Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods. The results showed that the largest area in 2000 is related to good and medium pastures, recording 313.172 and 283.144 square kilometers, respectively. In 2021, the biggest areas are related to poor pastures and barren lands, with 335.077 and 329.815 square kilometers, respectively. According to the 2000 erosion zoning map, 16.34% and 20.36% of the city and according to the 2021 erosion zoning, 22.92% and 25.58% of the city's area are in very high and high erosions, respectively. Decreasing good and average pastures and lands with dense vegetation and turning them into agricultural areas, poor pastures, and man-made and barren lands have had the greatest impact on soil erosion.

Keywords: Soil Erosion, Land Use Changes, MABAC Model, Object-oriented Method, Givi City

*.Corresponding author: Mousa Abedini

Email: abedini@uma.ac.ir

Tel:+989143555226

How to cite this Article: Abedini, M., Pirooz, E., & Faal Naziri, M. (2023). Investigating the Impacts of land use changes on soil erosion in Givi City using the MABAC multi-criteria decision-making model and Landsat satellite images (OLI-TM sensors). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 1-26.

DOI:10.22067/geoeh.2022.73137.1121



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

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

 <https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.73137.1121> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۲۶-۱

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک شهرستان گیوی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره MABAC و تصاویر ماهواره‌ای لندست (سنجنده‌های TM - OLI)

 موسی عابدینی^۱- استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

الناز پیروزی- دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

مهدی فعال نذیری- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۳۰ تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۲/۱۶

چکیده

در سال‌های اخیر، تأثیر متقابل تغییر کاربری اراضی و فرسایش خاک تبدیل به یک نگرانی عمده زیست محیطی شده است. از این رو، هدف این مطالعه بررسی تغییرات کاربری‌های مختلف و ارزیابی اثرات تغییرات کاربری‌ها بر فرسایش خاک، در شهرستان گیوی است. در راستای دستیابی به اهداف پژوهش، ابتدا نقشه کاربری اراضی با استفاده از روش شی‌گرا برای دو دوره ۲۰۰۰ و ۲۰۲۱، تهیه شده است. در مرحله بعد با توجه به شرایط طبیعی و انسانی محدوده، سایر عوامل مؤثر برای فرسایش در منطقه شناسایی شد و لایه‌های اطلاعاتی هر یک از معیارها، توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی تهیه گردید. ارزش‌گذاری و استانداردسازی لایه‌ها با استفاده از تابع عضویت فازی و وزن‌دهی معیارها، با استفاده از روش CRITIC انجام شد. تحلیل و مدل‌سازی نهایی با استفاده از روش MABAC به‌عنوان یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM)، انجام شد. نتایج نشان داد، بیشترین میزان مساحت در سال ۲۰۰۰

Email: abedini@uma.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۳۵۵۵۲۲۶

نحوه ارجاع به این مقاله:

عابدینی، موسی، پیروزی، الناز، فعال نذیری، مهدی. (۱۴۰۲). بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک شهرستان گیوی با استفاده از مدل تصمیم‌گیری چند معیاره MABAC و تصاویر ماهواره‌ای لندست (سنجنده‌های TM - OLI). جغرافیا و

مخاطرات محیطی، ۱۲(۴). صص ۲۶-۱

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.73137.1121>

مربوط به مراتع خوب و متوسط، به ترتیب با ۳۱۳/۱۷۲ و ۲۸۳/۱۴۴ کیلومترمربع است و در سال ۲۰۲۱، بیشترین میزان مساحت مربوط به مراتع ضعیف و اراضی بایر (هموار) به ترتیب با ۳۳۵/۰۷۷ و ۳۲۹/۸۱۵ کیلومترمربع است. با توجه به نقشه پهنه‌بندی فرسایش سال ۲۰۰۰ به ترتیب ۱۶/۳۴ و ۲۰/۳۶ درصد و با توجه پهنه‌بندی فرسایش ۲۰۲۱ به ترتیب ۲۲/۹۲ و ۲۵/۵۸ درصد از مساحت شهرستان در دو طبقه فرسایش بسیار زیاد و زیاد قرار دارند. کاهش مراتع خوب و متوسط و اراضی با پوشش گیاهی متراکم و تبدیل آن‌ها به مناطق کشاورزی، مراتع ضعیف، انسان‌ساخت و اراضی بایر بیشترین میزان تأثیر را بر فرسایش خاک داشته است.

کلیدواژه‌ها: فرسایش خاک، تغییرات کاربری، مدل MABAC، روش شی‌گرا، شهرستان گیوی.

۱- مقدمه

فرسایش خاک یک مشکل در مقیاس جهانی است که منابع آب و خاک را تهدید می‌کند و تغییرات کاربری اراضی یکی از عوامل مهم و مؤثر در تشدید خاک است (عابدینی و همکاران، ۱۴۰۲). کاربری اراضی منعکس‌کننده ویژگی‌های تعاملی بین انسان و محیط‌زیست و توصیف نحوه بهره‌برداری انسان برای یک یا چند هدف بر روی زمین است. در حال حاضر تغییر کاربری زمین به صورت غیراصولی از مهم‌ترین معضلات اقصی نقاط کشور ایران و جهان است و تغییر اکثر کاربری‌ها غالباً بی‌برنامه و بدون در نظر گرفتن محدودیت‌های زیست‌محیطی صورت می‌گیرد (بنیاد امیر و حاجی قادری، ۱۳۸۶). لذا، آگاهی از تغییر و تحولات کاربری اراضی در طول یک دوره زمانی برای برنامه‌ریزان و مدیران بسیار حائز اهمیت است (تاجیزوکا و همکاران^۱، ۲۰۰۲). معمولاً آشکارسازی تغییرات، فرآیند مربوط به تشخیص مناطق تغییر یافته در دو تصویر و دو زمان متفاوت است (اکسلو و بو^۲، ۲۰۱۱). روش‌های متعددی برای آشکارسازی تغییرات محیطی به کار گرفته می‌شود که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به استفاده از تکنیک‌های دورسنجی و سیستم اطلاعات جغرافیایی اشاره نمود (جبار و ژو^۳، ۲۰۰۱؛ ولس و همکاران^۴، ۲۰۰۴؛ رضایی‌مقدم و همکاران، ۱۳۹۹). روش‌های سنتی برای محققین زمانبر و پرهزینه است، ولی تکنیک‌های سنجش‌ازدور با استفاده از تصاویر چند زمانه، حجم عظیمی از اطلاعات را در اختیار محقق می‌گذارد (کنس و همکاران^۵، ۲۰۱۲). همچنین، تصاویر ماهواره‌ای به جهت ارائه اطلاعات بهنگام، تنوع اشکال، رقومی بودن و امکان پردازش در تهیه نقشه‌های کاربری اراضی از اهمیت بالایی برخوردارند. بنابراین می‌توان گفت، استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور در محیط GIS، می‌تواند شناخت مناسبی از چگونگی تغییرات کاربری اراضی ارائه داده و در مدیریت آن راهکارهای مناسبی ارائه دهد (مندوز و

1 Tachizuka et al

2 Xiaolu & Bo

3 Jabbar and Zhou

4 Wessels et al

5 Kenneth et al

همکاران^۱، ۲۰۱۱؛ کوپین و همکاران^۲، ۲۰۱۴). از سوی دیگر، می‌توان فرسایش خاک را یکی از بزرگ‌ترین موانع برای دستیابی به توسعه پایدار در کشاورزی و استفاده از منابع طبیعی دانست (سابوتا و همکاران^۳، ۲۰۱۷؛ سینگ و پاندا^۴، ۲۰۱۷). فرسایش خاک فرآیندی است که در آن ذرات خاک، سنگ‌دانه‌ها و قطعات سنگی جدا شده و توسط آب انتقال می‌یابند و سپس در مناطق جدید قرار می‌گیرند (ماسلینک و همکاران^۵، ۲۰۱۷). این امر باعث تخریب شدید زمین می‌شود و بر باروری خاک، بهره‌وری کشاورزی، کیفیت آب و اکوسیستم‌ها و محیط‌های منطقه‌ای تأثیر می‌گذارد (آیلو^۶، ۲۰۱۵). به‌طور متوسط، فرسایش خاک در ایران، سه برابر بیشتر از سایر کشورهای آسیایی و ۲۲ برابر میانگین جهانی است (مربانی و همکاران، ۱۴۰۰). بر اساس پژوهش‌های صورت گرفته، کشت بدون عملیات کنترلی و همچنین استفاده بدون برنامه‌ریزی از زمین در کنار شهرسازی، جنگل‌زدایی و کشاورزی غیراصولی، از عوامل اساسی فرسایش خاک در جهان و به‌ویژه در ایران، محسوب می‌گردد. پدیده فرسایش و آثار سوء آن شاید در کوتاه‌مدت چندان چشم‌گیر نباشد، ولی در بلندمدت بسیار محسوس است. در صورت عدم اقدام، خسارات عظیم و جبران‌ناپذیری به همراه خواهد داشت (اوزاحین و ایراغلو^۷، ۲۰۱۹). سیستم اطلاعات جغرافیایی، ابزاری مؤثر برای سیستم‌های پشتیبانی تصمیم‌گیری تعاملی برای عملیات مدیریت ریسک هستند (بوخیر و همکاران^۸، ۲۰۰۶) و در سال‌های اخیر، جهت مطالعه پدیده فرسایش خاک مورد استفاده فراوان قرار می‌گیرند (آکومار و اراجو^۹، ۲۰۱۴؛ آجکومار و همکاران^{۱۰}، ۲۰۱۹). به‌علاوه، از آنجایی که مدل‌های مبتنی بر معادله جهانی فرسایش موفق به در نظر گرفتن وابستگی متقابل عوامل مؤثر بر فرسایش خاک نمی‌باشند (نخای^{۱۱} و همکاران، ۲۰۰۹). لذا، برای کشف طیف وسیعی از گزینه‌ها از نظر درگیری‌های عینی و معیارهای چندگانه، از روش MCDM استفاده می‌شود (آهر و همکاران^{۱۲}، ۲۰۱۳). در این روش‌های تصمیم‌گیری برای بهینه‌سازی مدل، از معیارهای مختلفی برای افزایش صحت تصمیمات استفاده می‌شود (جورجیو و همکاران^{۱۳}، ۲۰۱۵؛ عرب‌عامری و همکاران^{۱۴}، ۲۰۱۸). لذا می‌توان گفت، با توجه به محدودیت‌های روش‌های سنتی، که عملاً وقت‌گیر و هزینه‌بر بوده و اغلب با خطا همراه می‌باشند، استفاده از

-
- 1 Mendoza et al
 - 2 Coppin et al
 - 3 Subhatu et al
 - 4 Singh & Panda
 - 5 Masselink et al
 - 6 Aiello
 - 7 Ozsahin & Eroglu
 - 8 Boukheir et al
 - 9 Okumura & Araujo
 - 10 Ajaykumar et al
 - 11 Nekhay et al
 - 12 Aher et al
 - 13 Georgiou et al
 - 14 Arab Ameri et al

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، با یک رویکرد تلفیقی، علاوه بر سودآوری می‌تواند باعث تسریع در روند برنامه‌ریزی در تشخیص موارد بحرانی و اضطراری شده و منجر به صدور نتایج مناسبی گردد.

مطالعات فراوانی پیرامون تهیه نقشه‌های کاربری اراضی، پهنه‌بندی فرسایش و نیز نقش کاربری در فرسایش انجام شده است. برای مثال؛ **اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۷)**، اثرات تغییرات کاربری اراضی را بر روی فرسایش حوزه سیمینه‌رود بوکان با استفاده از روش WLC (طی سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷)، موردبررسی قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که بیشترین مساحت این حوضه در طبقه پرخطر قرار دارد و با افزایش مساحت زراعت آبی، اراضی بایر، مناطق سنگلاخی و مناطق مسکونی و کاهش مراتع بر میزان فرسایش افزوده می‌شود. **میاحی و همکاران (۱۴۰۰)**، اثر تغییر کاربری اراضی بر فرسایش خاک تالاب هورالعظیم را در طی سال‌های ۱۳۶۵ و ۱۳۹۵ موردبررسی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داده است، در بازه زمانی موردبررسی، از مساحت طبقات دارای کلاس فرسایشی کم کاسته شده و به مساحت کلاس‌های فرسایشی زیاد افزوده شده است و کاهش پوشش گیاهی و مناطق آبی به همراه افزایش اراضی بایر نقش مهمی در افزایش درصد فرسایش خاک، در محدوده داشته است. **عابدینی و همکاران (۱۴۰۱)**، ارتباط شاخص‌های پوشش گیاهی و ژئومورفیک با مقادیر فرسایش و رسوب در حوزه آبریز کوزه توپراقی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج ایشان نشان داد که ارتباط میان مقادیر فرسایش و رسوب در زیرحوضه‌های مورد مطالعه معنی‌دار است. علاوه بر این، مقدار فرسایش و رسوب با مقادیر شیب نیز دارای رابطه معکوس و معنی‌دار هستند. هم‌چنین میان شیب و نیز شاخص قدرت آبراهه رابطه مثبت و معنی‌دار از نظر آماری وجود دارد. **سانتوس و همکاران^۱ (۲۰۱۷)**، به بررسی تغییرات کاربری اراضی و نقش آن بر فرسایش در مناطق نیمه‌خشک برزیل، در بازه زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۱، پرداختند و نتایج به دست آمده نشان داد که سطح اراضی جنگلی و مراتع کاهش یافته و میزان فرسایش در این مناطق ۱۰ برابر افزایش داشته است. **کیدن و همکاران^۲ (۲۰۱۹)**، تأثیر استفاده از زمین بر فرسایش خاک و عملکرد رسوب، در اتیوپی، طی سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۵، مورد مطالعه قرار دادند نتایج نشانگر تبدیل سریع کاربری‌های با پوشش گیاهی طبیعی به کاربری‌های اصلاح شده بشر می‌باشد. **کوجو و همکاران^۳ (۲۰۲۰)**، به بررسی تأثیر کاربری زمین بر فرسایش خاک در کنیا غربی، در سال‌های ۱۹۹۵ و ۲۰۱۷ پرداختند. نتایج نشان داد که ۵۰ درصد از تلفات و فرسایش خاک در زمین‌های زراعی، به‌ویژه در مزارعی که در اثر پاک‌سازی و تخریب جنگل‌ها به وجود آمده‌اند، دیده می‌شود و مناطق دارای پوشش علفی/درختچه‌ای، در رتبه دوم قرار دارند. **لی و همکاران^۴ (۲۰۲۱)**، به بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر فرسایش رودخانه‌ای در شهرستان Kedong، واقع در شمال شرقی چین بین

1 Santos et al

2 Kidane et al

3 Kogo et al

4 Li et al

سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۵ پرداختند. نتایج نشان داده است، زمین‌های زیر کشت، در بازه زمانی مورد مطالعه به‌طور چشم‌گیری، افزایش یافته است و کشت زمین در دامنه‌ها، به‌ویژه در دامنه‌های بزرگ‌تر از ۴ درجه، ممکن است سرعت فرسایش رودخانه را تشدید کند.

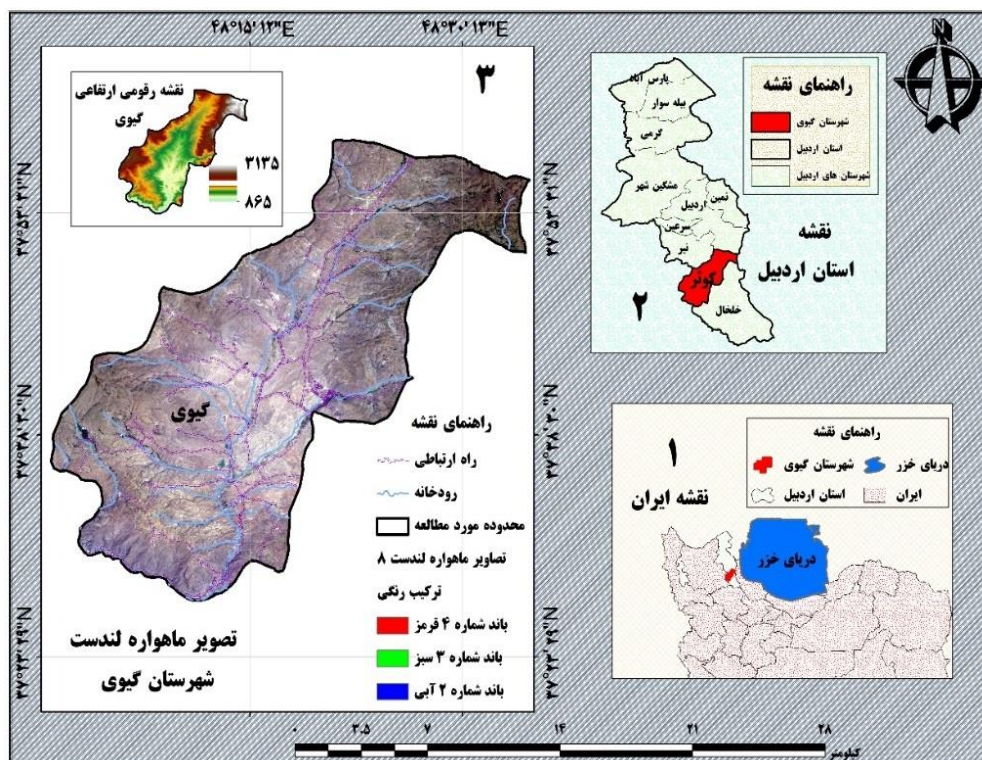
بخش اعظمی از مساحت شهرستان گیوی، کوهستانی و پر شیب است و نیز اغلب کاربری اراضی به‌صورت زمین‌های کشاورزی، باغات و مراتع می‌باشد که به دلیل استفاده غیراصولی و بی‌رویه از اراضی، میزان فرسایش شهرستان زیاد می‌باشد و به همین علت از مقادیر زیاد بار معلق رسوبی برخوردار است و این فرآیند در کنار وقوع طغیان‌های رودخانه، باعث کاهش عمر مفید سد گیوی و کانال‌های واقع بر روی این رودخانه می‌گردد؛ بنابراین، در تحقیق حاضر، با توجه به اهمیت مطالعه تغییرات کاربری‌ها و نقش آن در فرسایش خاک در گذر زمان و نیز با تأکید بر بررسی کارایی و دقت نتایج حاصل از به‌کارگیری داده‌های سنجنش‌ازدور (RS)، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و فنون تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM)، با یک رویکرد تلفیقی، تغییرات کاربری اراضی در شهرستان گیوی و نقش آن در میزان فرسایش (بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۱)، مورد مطالعه قرار می‌گیرد. با توجه به این امر که، تاکنون مطالعه‌ای در زمینه بررسی نقش تغییرات کاربری اراضی بر فرسایش خاک، در طی بازه زمانی مورد مطالعه در سطح شهرستان گیوی انجام نشده است و به علاوه، استفاده از روش ماباک، در امر پهنه‌بندی فرسایش خاک، برای نخستین بار در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند برای پژوهشگران، مسئولان و سیاست‌گذاران در راستای پهنه‌بندی فرسایش خاک بسیار جالب باشد و انتظار می‌رود، با شناسایی مناطق اولویت‌دار از نظر خطر فرسایش، اقدامات لازم جهت کنترل فرسایش شهرستان گیوی، برنامه‌ریزی بهره‌برداری بهینه از خاک و استراتژی‌های مدیریت پایدار زمین به عمل آید.

۲- مواد و روش‌ها

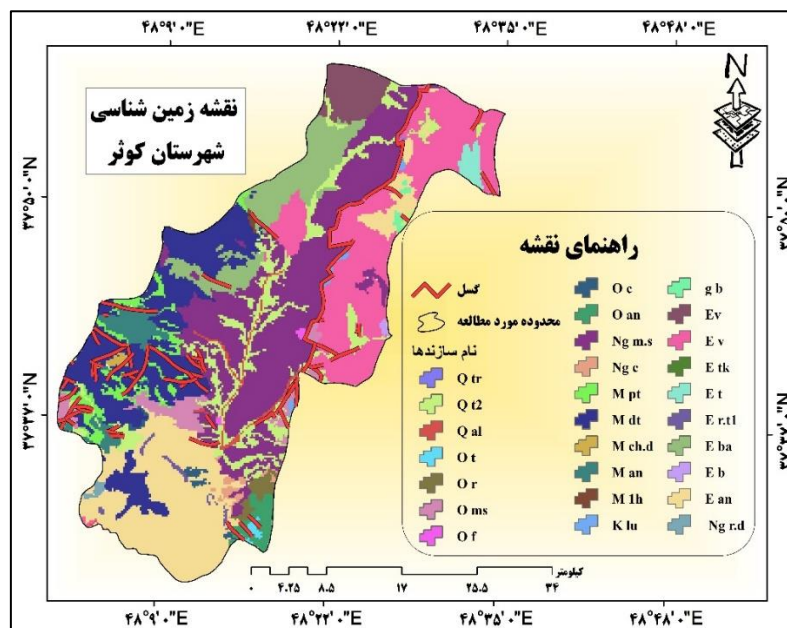
۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهرستان گیوی (کوثر)، با مرکزیت شهر گیوی به‌طور تقریبی ۱۲۷۹/۷۵ کیلومترمربع، وسعت دارد. این شهر از نظر جغرافیایی در ۴۸ درجه و ۱ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۳ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۳۷ و ۵۷ دقیقه عرض جغرافیایی، در فاصله ۸۵ کیلومتری اردبیل قرار دارد (شکل ۱). این شهرستان از شمال با شهرستان اردبیل، از شرق با شهرستان خلخال، از غرب و جنوب با شهرستان‌های نیر و میانه همسایه است و شامل دو بخش فیروزآباد و مرکزی و چهار دهستان به نام‌های سنجبد شمالی، سنجبد غربی، سنجبد جنوبی و زرج آباد و ۱۲۱ روستا است. با توجه به طبقه‌بندی دومارتن و بلر شهرستان گیوی از نوع اقلیم نیمه‌خشک، طبق گروه‌بندی اقلیمی سلاینوف دارای اقلیم نیمه‌خشک خفیف و با توجه به طبقه‌بندی آمبرژه دارای اقلیم ارتفاعات می‌باشد. ارتفاع متوسط در شهرستان گیوی، حدود ۲۳۰۰ متر می‌باشد و بیش‌تر نقاط ارتفاعی آن، در قسمت شمال شرق و جنوب غرب

قرار گرفته‌اند و از مهم‌ترین ارتفاعات این شهرستان رشته‌کوه تالش یا باغرو داغ می‌باشد. در مناطق کوهستانی شهرستان، خاک از نوع ریگسول و لیتوسول بسیار کم عمق تا کم عمق همراه با گراول، ماسه، سیلت، رس و قطعات زاویه‌دار سنگی متلاشی شده است و در تراس‌ها و حواشی رودخانه‌ها خاک‌ها از لیتوسول نیمه عمیق تا کم عمق می‌باشد و در بعضی نقاط، خاک‌ها به‌صورت، نیمه تکامل یافته است. شهرستان گیوی به‌طور عمده از سازندهای آتشفشانی و آذرآواری ترشیاری (به‌ویژه ائوسن، الیگوسن و میوسن) تشکیل شده که با رسوب‌گذاری سنگ‌هایی نظیر کنگلومرا، ماسه‌سنگ، مارن و لایه‌های گچ و آهک همراه بوده است. به علاوه، رسوبات کواترنری محدوده؛ شامل؛ پادگانه‌های آبرفتی، رسوبات دامنه‌ای و نهشته‌های رودخانه‌ای می‌باشد (شکل ۲)؛ بنابراین، شهرستان کوثر، از مناطق فرسایش‌پذیر بوده و انواع فرسایش آبی سطحی، ورقه‌ای، شیاری در آن دیده می‌شود و به همین علت از مقادیر زیاد بار معلق رسوبی برخوردار است.



شکل ۱- نقشه موقعیت شهرستان گیوی



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی شهرستان گیوی

۲-۲- داده‌ها و ابزارهای مورد استفاده

پژوهش حاضر از نوع کاربردی بوده و روش تحقیق آن تحلیلی مبتنی بر تلفیق آنالیز داده‌ها، سیستم اطلاعات جغرافیایی، سنجش‌ازدور و استفاده از فنون تحلیل چند معیاره است. جهت پردازش تصاویر و تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از نرم‌افزارهای Arc GIS، ENVI، Idrisi، و Excel، بهره‌گیری شده است. جهت بررسی میزان فرسایش، در مرحله جمع‌آوری داده‌ها، ابتدا باید مؤلفه‌های تأثیرگذار مشخص شده و بر مبنای آن‌ها داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز گردآوری و طبقه‌بندی شوند. بدین منظور، در این مطالعه، ابتدا عوامل مؤثر (شامل: شیب، لیتولوژی، کاربری اراضی، بارش، فاصله از راه ارتباطی، فاصله از آبراهه و خاک)، با توجه به شرایط طبیعی و انسانی منطقه شناسایی گردید. در مرحله بعد لایه‌های اطلاعاتی مربوط به هریک از عوامل، در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی تهیه گردید. لایه‌های اطلاعاتی راه‌های ارتباطی و شبکه آبراهه، با استفاده از نقشه خطوط ارتباطی و رودخانه‌های استان اردبیل، تهیه گردید. لایه‌های شیب با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ۱۲/۵ متر، دانلود شده از سایت (vertex.daac.asf.alaska.edu)، تهیه شد. لایه‌های اطلاعاتی مربوط به لیتولوژی (مقاومت سنگ‌ها)، با رقومی‌سازی از روی نقشه زمین‌شناسی گیوی، خلخال-رضوانشهر و ماسوله؛ با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شد. نقشه بارش شهرستان نیز، با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و باران‌سنجی و با استفاده از روش درونیابی IDW، ترسیم شد.

۲-۳- تهیه نقشه کاربری اراضی

در تحقیق حاضر با هدف استخراج کاربری اراضی شهرستان کوثر، ابتدا تصاویر ماهواره‌ای لندست از سنجنده‌های (TM - OLI) برای سال‌های (۲۰۰۰-۲۰۲۱) در ماه آگوست از سایت زمین‌شناسی آمریکا اخذ شد (جدول ۱). برای استخراج نقشه کاربری اراضی از ترکیب باندهای مرئی (آبی و سبز و قرمز) و مادون قرمز نزدیک ماهواره لندست، جهت طبقه‌بندی استفاده شد. لازم به ذکر است، بر خلاف طبقه‌بندی پیکسل پایه، در طبقه‌بندی شی‌گرا ترکیب چهار باند (۱-۲-۳-۴-۷) ماهواره لندست امکان‌پذیر می‌باشد. سپس به منظور آماده‌سازی تصاویر، تصحیحات هندسی و اتمسفری با استفاده از روش Flaash روی تصاویر و نرم‌افزار Envi5.3 اقدام شد. در نهایت طبقه‌بندی با روش شی‌گرا و با الگوریتم نزدیک‌ترین همسایگی توسط نرم‌افزار Ecognition صورت گرفت. طبقه‌بندی شی‌گرا فرایندی است که کلاس‌های پوشش اراضی را به اشیاء تصویری ارتباط می‌دهد این نوع از طبقه‌بندی بر اساس منطق فازی استوار است و ارزش عوارض را به ارزش فازی (بین صفر و یک) با درجه عضویت معین برای هر کلاس تبدیل می‌کند (رضائی‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۹). فرآیند و نتیجه این نوع از تحلیل تصاویر، در سه بخش قابل تقسیم است که عبارتند از، سگمنت‌سازی، طبقه‌بندی فازی و ارزیابی صحت. مبنای طبقه‌بندی شی‌گرا فرایند قطعه‌بندی (سگمنت‌سازی) می‌باشد. در فرآیند قطعه‌بندی مفسر می‌تواند با در نظر گرفتن پارامترهای شکل، بافت، ضریب فشردگی و معیار نرمی، فرایند قطعه‌بندی تصویر را انجام داده و بر اساس نسبت اهمیت هر یک از این عوامل در خصوصیات کلاس‌های موردنظر برای استخراج از تصاویر ماهواره‌ای، نسبت اهمیت آن‌ها را در فرایند قطعه‌بندی اعمال نماید (فیضی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۷). در تحقیق حاضر با تفسیر منحنی‌های انعکاس طیفی و همچنین ارزیابی هیستوگرام همبستگی نوارها، ترکیب نواری ۴-۳-۱ به عنوان بهترین ترکیب فوق برای طبقه‌بندی انتخاب شد. در فرایند سگمنت‌سازی اقدام به اعمال وزن برای ترکیب نواری منتخب گردید و به نوار ۳ (نوار شاخص گیاهی) وزن بیشتری از سایر نوارها داده شد و برای این نوار ۴۰ از ۱۰۰ در نظر گرفته شد. در تحقیق حاضر برای قطعه‌بندی از روش قطعه‌بندی چند مقیاسه استفاده شد. برای این منظور با تجزیه و تحلیل، مقیاس ۸۹ و شکل ۶/۰ و ضریب فشردگی ۰/۴ برای قطعه‌بندی انتخاب شد. پارامترهای مؤثر بر استخراج کلاس‌ها در طبقه‌بندی شی‌گرا در این پژوهش شامل ۱- انحراف معیار باندها: انحراف معیار یکی از شاخص‌های پراکندگی است که نشان می‌دهد به طور میانگین، داده‌ها چه مقدار، از مقدار متوسط فاصله دارند در این شاخص از سه پارامتر شامل، باند مادون قرمز و قرمز و سبز استفاده شد. ۲- شاخص NDVI^۱: در این پژوهش از شاخص NDVI به منظور جداسازی بهتر پوشش گیاهی از بقیه پدیده‌ها استفاده شد. ۳- شاخص PCI^۲ ۴- واریانس: واریانس برای محاسبه بافت بر پایه میانگین و پراکندگی در

1 Normalized Difference Vegetation Index

2 Precipitation Concentration Index

اطراف میانگین از ارزش سلول‌ها داخل GLCM^۱ به کار گرفته می‌شود. ۵- در شاخص هندسی، از پارامترهای مؤثری چون حداکثر اختلاف، درجه روشنایی، ضخامت، مساحت و فشردگی مورد استفاده قرار گرفت. به‌طور کلی، در تعریف شرایط طبقه‌بندی برای هریک از طبقات علاوه بر اطلاعات طیفی، اطلاعات مربوط به موقعیت، محتوا، بافت و سایر ویژگی‌های بصری نیز استفاده شده است به‌عنوان نمونه بافت منحصر به فرد محدوده مورد مطالعه بر روی تصویر شناسایی آن‌ها را از سایر طبقات کاربری اراضی میسر می‌ساخت. بنابراین در طبقه‌بندی شیء‌گرای تصویر برای این عامل ارزش بیشتری داده شد. همچنین مشخص شد که اراضی تحت آیش کشاورزی دارای اطلاعات طیفی یکسانی با طبقه کاربری، اراضی بایر هستند و با طبقه‌بندی بر اساس ارزش عددی پیکسل‌ها، تفکیک این دو طبقه کاربری اراضی از هم به‌خوبی امکان‌پذیر نیست، اما با توجه به اینکه اراضی تحت آیش کشاورزی دارای اشکال تقریباً منظم هندسی هستند، تنها شکل چندضلعی آنها تفکیک این دو طبقه را ممکن می‌سازد، لذا عامل شکل، به‌عنوان عاملی تأثیرگذار در تفکیک طبقه اراضی تحت آیش از اراضی بایر، شناخته شد که در تعریف شرایط طبقه‌بندی در تفکیک این دو طبقه از هم استفاده شد. برای سایر طبقات کاربری اراضی نیز متناسب با ویژگی‌های بصریشان علاوه بر اطلاعات طیفی از سایر پارامترها نظیر شکل، بافت، تن رنگ و زمینه استفاده شد. بررسی نتایج طبقه‌بندی یکی از مراحل مهم است لذا ارائه نتایج طبقه‌بندی بدون هیچ‌گونه پارامتری که کیفیت با صحت این نتایج را بیان کند، از ارزش آن‌ها می‌کاهد و در بعضی مواقع آن‌ها را بدون استفاده می‌کند. دو پارامتر اصلی که برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی مورد استفاده قرار گرفته است، صحت کلی و ضریب کاپا می‌باشند.

جدول ۱- خصوصیات تصویرسنجنده (TM-OLI) از ماهواره لندست (منبع: متادیتای تصاویر)

تصویر	تاریخ اخذ	ردیف/گذر	تعداد باند	قدرت تفکیک	زاویه ازیموت خورشید	زاویه ارتفاع خورشید
لندست TM	۲۱/۰۸/۲۰۰۰	۱۶۷/۳۴	۶ باند	۳۰ متر	۱۱۲/۱۰	۵۴/۹۴
لندست OLI	۲۰۰۲/۸/۱۴		۷ باند		۱۷/۴۲	۵۹/۲۴

۲-۴- مراحل روش MABAC (مقایسه چند شاخصه محدوده تقریبی مرزها)

۱- تعیین معیارها و گزینه‌های پژوهش. ۲- ماتریس تصمیم در این روش به‌صورت معیار-گزینه است؛ یعنی یک ماتریس که ستون‌های آن را معیارهای مسئله و سطرها را گزینه‌ها تشکیل می‌دهند و هر سلول نیز در واقع امتیاز هر گزینه نسبت به هر معیار است. ۳- نرمال‌سازی ماتریس تصمیم: در این گام باید ماتریس تصمیم مرحله دوم را نرمال کرد. ۴- وزن‌دار کردن ماتریس نرمال. ۵- تعیین مرز ناحیه شباهت ماتریس (g): در رابطه ۱، v_{ij} عناصر ماتریس وزنی $m(V)$ تعداد کل گزینه‌های جایگزین را نشان می‌دهد. پس از محاسبه مقدار g_i ماتریس محدوده‌های تقریبی مرزی

1 Gray Level Co Gray Level Co-Occurrence Matrix

با توجه به معیارهای G با فرمت $N*1$ شکل می‌گیرد و n تعداد کل معیارهایی را که گزینه‌های ارائه شده برای آنها انتخاب می‌شود را نشان می‌دهد؛ بنابراین اگر n معیار داشته باشید یک ماتریس $G1 \times n$ به صورت زیر خواهیم داشت (رابطه ۲):

$$g_i = (\prod_{j=1}^m v_{ij})^{1/m} \quad \text{رابطه ۱}$$

$$G = [g_1. g_2. \dots. g_n] \quad \text{رابطه ۲}$$

۶- محاسبه فاصله گزینه‌ها تا مرز ناحیه شباهت: در این بخش با استفاده از [رابطه ۳](#)، فاصله گزینه‌ها را تا ناحیه g به دست می‌آید. در واقع باید ماتریس وزن‌دار را از ماتریس g کم کرد.

$$Q = V - G \quad \text{رابطه ۳}$$

پس از مشخص شدن ماتریس Q ، می‌توان با استفاده از حد بالایی مساحت ($G+$) و حد پایینی مساحت ($G-$) وضعیت هر گزینه را مشخص کرد. بر این اساس گزینه A_i متعلق به اجتماع مجموعه مذکور است. حد بالایی مساحت ($G+$) ناحیه‌ای است که گزینه ایده آل مثبت در آن قرار دارد و حد پایینی مساحت ($G-$) ناحیه‌ای است که گزینه ضد ایده آل در آن قرار دارد. میزان تعلق گزینه A_i به اجتماع بالا بر اساس [رابطه ۴](#)، به دست می‌آید. برای انتخاب گزینه A_i به عنوان بهترین فرم از مجموعه، لازم است که حداکثر معیارهای ممکن به منطقه تقریبی فوقانی ($G+$) تعلق داشته باشد. مقدار بالاتر $q_i \in G+$ نشان می‌دهد که گزینه جایگزین به گزینه جایگزین ایده آل نزدیک‌تر است، در حالی که مقدار پایین‌تر $q_i \in G-$ نشان می‌دهد که گزینه جایگزین، به گزینه جایگزین ضد ایده آل نزدیک‌تر است.

$$A_i \in \begin{cases} G^+ & \text{if } q_{ij} > 0 \\ G^- & \text{if } q_{ij} = 0 \\ G^- & \text{if } q_{ij} < 0 \end{cases} \quad \text{رابطه ۴}$$

۷- انتخاب گزینه بهینه: در روش ماباک (MABAC)، با استفاده از [رابطه ۵](#)، امتیاز نهایی هر گزینه را مشخص کرده و بر اساس آن گزینه‌ها رتبه‌بندی می‌شوند.

$$S_i = \Sigma(q_{ij}); i = 1.2 \dots n; j = 1.2 \dots m \quad \text{رابطه ۵}$$

محاسبه مقادیر توابع معیار، توسط گزینه‌ها به عنوان مجموع فاصله‌های جایگزین از مناطق تقریبی مرزی q_i به دست می‌آید. با جمع کردن عناصر ماتریس Q در هر سطر، مقادیر نهایی تابع معیار گزینه‌ها به دست می‌آید. در این رابطه n تعداد معیارها را نشان می‌دهد و m تعداد گزینه است (علی‌نژاد و خلیلی^۱، ۲۰۱۹؛ وانگ و همکاران^۲، ۲۰۲۰).

1 Alinezhad & Khalili

2 Wang et al

۲-۵- وزن‌دهی CRITIC (اهمیت معیارها، از طریق همبستگی بین معیارها)

با توجه به اینکه در وزن‌دهی CRITIC، وزن معیارها، با توجه به نقشه‌های معیار و میزان همبستگی، تضاد و انحراف معیار بین لایه‌های اطلاعاتی مورد استفاده، تعیین می‌گردد، استفاده از این روش، در وزن‌دهی معیارها در پژوهش حاضر می‌تواند معضل استقلال صفات از یکدیگر که به هنگام مقایسه زوجی در چارچوب روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی و فرایند تحلیل شبکه‌ای وجود دارد را برطرف نماید. در این روش، پس از محاسبه انحراف معیار معیارهای موردبررسی، ماتریس مقارنی به ابعاد $m \times m$ ایجاد می‌گردد که شامل ضرایب همبستگی بین بردارهای تشکیل‌شده است. با تعیین پارامترهای بالا، تضاد موجود بین معیار j با معیارهای دیگر از روی رابطه ۶، محاسبه می‌شود.

$$C_{jk} = \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk}) \quad \text{رابطه ۶}$$

که در آن C_{jk} معرف مجموع تضاد معیار j با معیارهای k است که از $k = 1$ شروع شده و تا $k = m$ ادامه دارد و r_{jk} همبستگی بین دو معیار k و j را نشان می‌دهد. میزان اطلاعات عامل j را می‌توان با استفاده از رابطه ۷، محاسبه نمود.

$$C_j = \delta_j \sum_{k=1}^m (1 - r_{jk}) \quad \text{رابطه ۷}$$

که در آن C_j ، معرف میزان اطلاعات معیار j و انحراف معیار در مقادیر مربوط به عامل یا معیار j را نشان می‌دهد. با توجه به روابط یادشده، معیارهایی که دارای C_j بیشتری باشند وزن زیادی به خود اختصاص خواهند داد. وزن هر عامل مانند j از رابطه ۸، تعیین می‌گردد.

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{k=1}^m C_k} \quad \text{رابطه ۸}$$

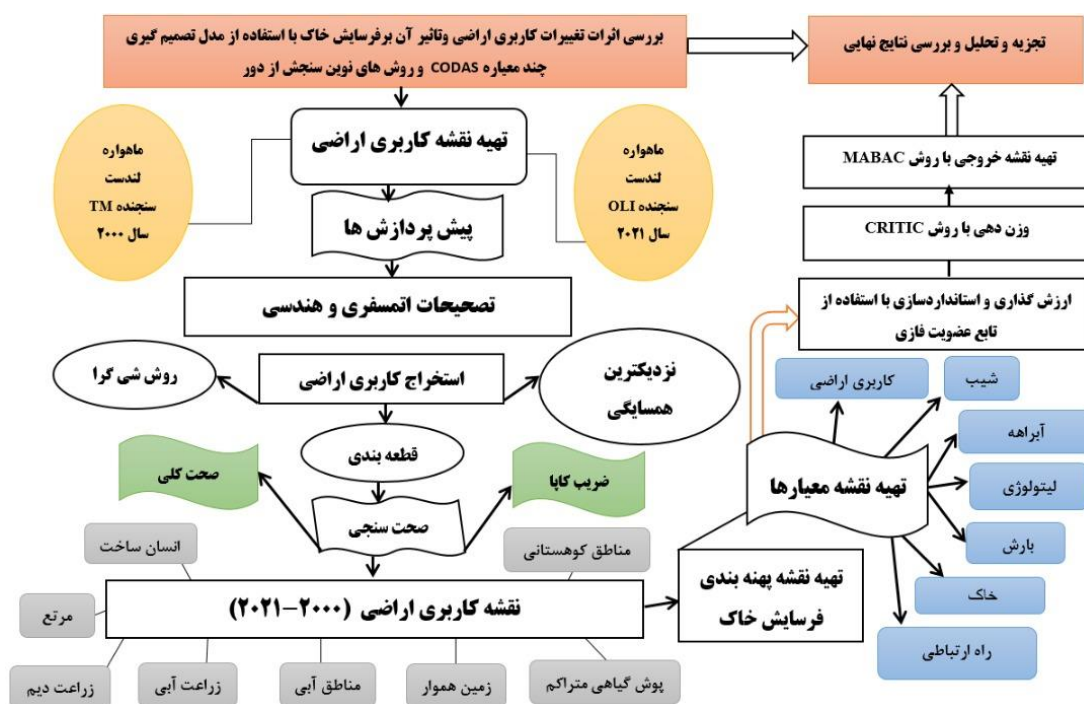
که در آن W_j معرف وزن معیار j و C_k نشانگر میزان اطلاعات مجموع معیارهای k است که از $k = 1$ شروع شده و تا $k = m$ ادامه دارد. لذا، وزن نهایی هر معیار، از تقسیم میزان اطلاعات هر معیار بر مجموع میزان کل اطلاعات تمامی معیارها به دست می‌آید (علی‌نژاد خلیلی، ۲۰۱۹؛ تاش و آیتک‌آدالی، ۲۰۱۹). در راستای انجام مراحل وزن دهی کرتیک ابتدا در محیط ادیسی انحراف معیار و همبستگی میان لایه‌های اطلاعاتی مربوطه به هر یک از عوامل، با استفاده از تابع REGRESS به دست آمد و در مرحله بعد، با توجه به روابط مربوطه نسبت به محاسبه ماتریس تضاد، میزان اطلاعات و وزن نهایی در اکسل اقدام گردید.

در پیاده‌سازی تمامی الگوریتم‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر و جهت دستیابی به الگوی پهنه‌بندی مکانی فرسایش در حوضه گیوی‌چای، مرحله استانداردسازی، با توجه به تابع عضویت فازی انجام شده است (جدول ۲). استاندارد نمودن داده‌ها به معنی همسان‌کردن دامنه تغییرات داده‌ها بین صفر و یک و یا یک دامنه مشخص دیگر است

در مجموعه‌های فازی، بیشترین ارزش یعنی مقدار یک به حداکثر عضویت و کمترین ارزش یعنی صفر به حداقل عضویت در مجموعه تعلق می‌گیرد (بایوم‌گرتل و همکاران^۱، ۲۰۱۹، حسینی و همکاران^۲، ۲۰۱۹). فلوچارت مربوط به فرآیند پژوهش، در شکل ۳، نمایش داده شده است.

جدول ۲- نوع توابع فازی ساز لایه‌های موضوعی تأثیرگذار بر فرسایش خاک شهرستان گیوی

متغیر	توضیحات	نوع تابع فازی
شیب	کلاسه‌بندی مجدد و اختصاص کدها بر اساس اهمیت آن در وقوع خطر فرسایش و سپس فازی کردن.	تابع بزرگ فازی
کاربری اراضی	اختصاص کدها بر اساس اهمیت آن در وقوع خطر فرسایش و سپس فازی کردن.	تابع بزرگ فازی
فاصله از راه ارتباطی	در مناطق مجاور راه ارتباطی، پتانسیل وقوع مخاطره فرسایش افزایش می‌یابد.	تابع نزدیک فازی
لیتولوژی	اختصاص کدها بر اساس اهمیت آن در وقوع خطر فرسایش و سپس فازی کردن.	تابع بزرگ فازی
خاک	اختصاص کدها بر اساس اهمیت آن در وقوع خطر فرسایش و سپس فازی کردن.	تابع بزرگ فازی
فاصله از رودخانه	در مناطق مجاور رودخانه، پتانسیل وقوع مخاطره فرسایش افزایش می‌یابد.	تابع نزدیک فازی
بارش	با افزایش مقدار بارش، خطر فرسایش افزایش می‌یابد.	تابع خطی افزایشی



شکل ۳- فلوچارت مراحل تحقیق

1 Baumgertel et al

2 Hoseini et al

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تهیه نقشه کاربری اراضی

کاربری‌های موردنظر با پوشش اراضی آن‌ها در ده کلاس؛ شامل: مناطق مسکونی، آب (رودخانه‌ها و دریاچه‌ها)، زراعت دیم، زراعت آبی، پوشش گیاهی متراکم (اراضی با پوشش درخت طبیعی، مانند: جنگل و مصنوعی، مانند: باغات احداث شده گردو، به و ...)، اراضی کوهستانی (پهنه سنگی و صخره)، مراتع خوب، مراتع متوسط، مراتع ضعیف و اراضی بایر هموار (اراضی بایر، خاک لخت بدون پوشش گیاهی)، طبقه‌بندی شدند. در این پژوهش به منظور بررسی صحت طبقه‌بندی، از نرم‌افزار Envi 5.3 استفاده شد. لذا جهت محقق نمودن این عمل از روش پیکسل پایه و الگوریتم بیشترین فراوانی بهره گرفته شد. طبقه‌بندی الگوریتم بیشترین فراوانی دقیق‌ترین و پراستفاده‌ترین روش نظارت شده است. فرآیند طبقه‌بندی فرض را بر این می‌گذارد که داده‌های آماری آموزشی برای هر کلاس در هر باند، به صورت نرمال توزیع شده‌اند؛ بنابراین برای داده‌های آموزشی با هیستوگرام‌های n مدی در یک باند منفرد، مناسب نیستند در چنین شرایطی هر یک از مدها احتمالاً نماینده کلاس‌های جداگانه‌ای هستند و لازم است نرم‌افزار طبقه‌بندی کننده، برای آن‌ها مجدداً آموزش داده شوند. به این ترتیب، هیستوگرام‌های تک مدی با توزیع گوسن که شرط توزیع نرمال را برآورد می‌کند، به وجود می‌آید. بدین صورت که ابتدا برای هر کاربری به تعداد ۶۵ نمونه (به طور میانگین) از سطح محدوده برداشت شد و سپس در مرحله بعد با طبقه‌بندی شی گرا و بیشترین فراوانی، تک به تک کاربری‌ها با یکدیگر مقایسه و بررسی گردید. نتایج جدول ۳، نشان می‌دهد که در سال ۲۰۰۰ صحت کلی ۸۹ درصد و ضریب کاپا به طور میانگین برابر با ۰/۹۱ می‌باشد و در سال ۲۰۲۱ صحت کلی به طور میانگین ۹۳ درصد و ضریب کاپا به طور میانگین برابر ۰/۸۷ می‌باشد و با توجه به صحت کلی و ضریب کاپا نقشه‌ها و با استناد و مقایسه با منابعی نظیر (لایل سند^۱، ۲۰۰۸؛ کنگالتن^۲، ۲۰۰۹) که ضرایب صحت کلی بزرگ‌تر از ۸۵ درصد را قابل قبول عنوان کرده‌اند، نتایج حاصله از طبقه‌بندی کاربری‌ها چه از نظر تک‌تک کاربری‌ها و چه از نظر مجموع صحت و آمار کاپا از صحت قابل قبولی در ارتباط با اطلاعات تولید شده برخوردار شده است. در نهایت لایه‌های به دست آمده برای محاسبه مساحت کاربری‌ها و تهیه نقشه خروجی مناسب به نرم‌افزار Arc GIS، انتقال داده شدند.

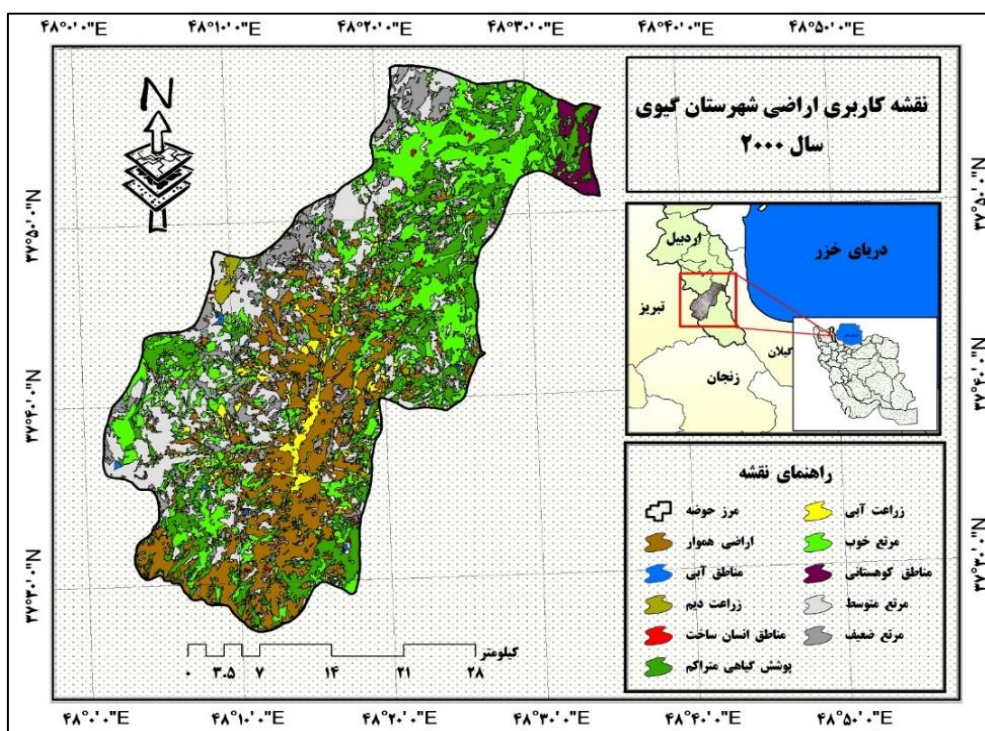
1 Lillesand

2 Congalton

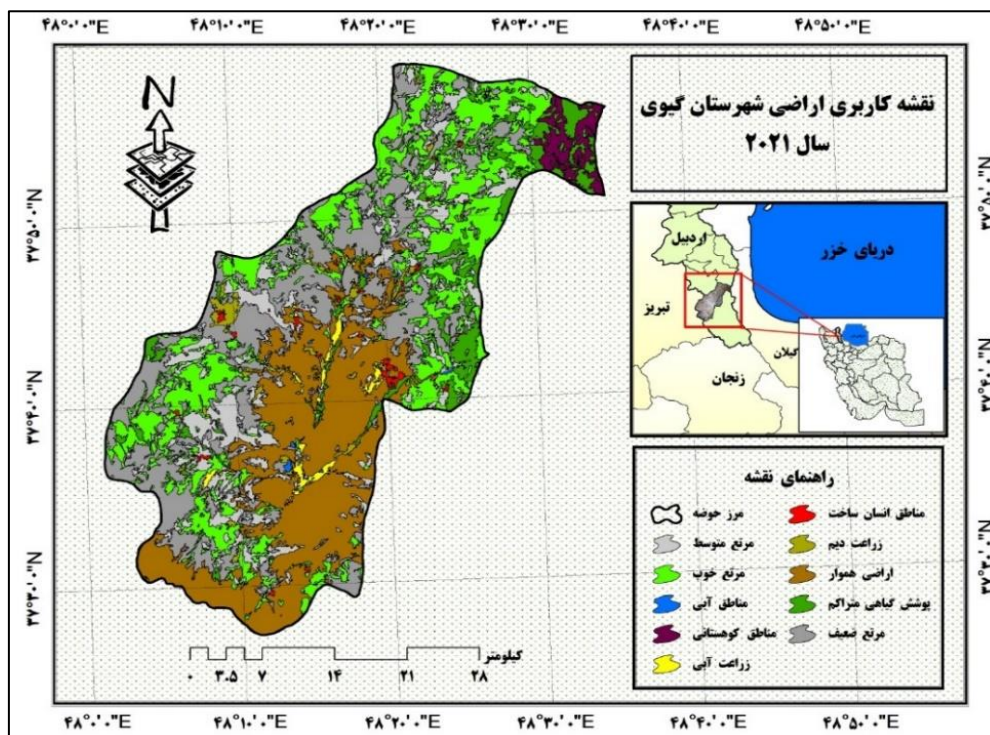
جدول ۳- بررسی صحت طبقه‌بندی کاربری اراضی

ضریب کاپا	صحت کلی	ماه	سال
۰/۹۱	۸۹٪	آگوست	۲۰۰۰
۰/۸۷	۹۳٪	آگوست	۲۰۲۱

با توجه به نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه، بیشترین میزان مساحت در سال ۲۰۰۰ مربوط به کاربری مراتع خوب و متوسط به ترتیب با ۳۱۳/۱۷۲ و ۲۸۳/۱۴۴ کیلومترمربع می‌باشد (شکل ۴). در نقشه کاربری اراضی ۲۰۲۱، به ترتیب کاربری‌های مراتع ضعیف و زمین‌های پست و هموار با مساحت ۳۳۵/۰۷۷ و ۳۲۹/۸۱۵ کیلومترمربع، بیشترین مساحت را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۵). کاربری‌های مناطق آبی و انسان‌ساخت کمترین مقدار مساحت را در هر دو دوره شامل می‌شوند. با توجه به نتایج مطالعه، شاهد کاهش مراتع متوسط، مراتع خوب، پوشش گیاهی متراکم و زراعت آبی از یک طرف و از طرف دیگر شاهد افزایش کاربری‌های مراتع ضعیف، زراعت دیم، اراضی پست و هموار (اراضی بایر) و مناطق مسکونی هستیم (جدول ۴).



شکل ۴- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۰۰ شهرستان گیوی



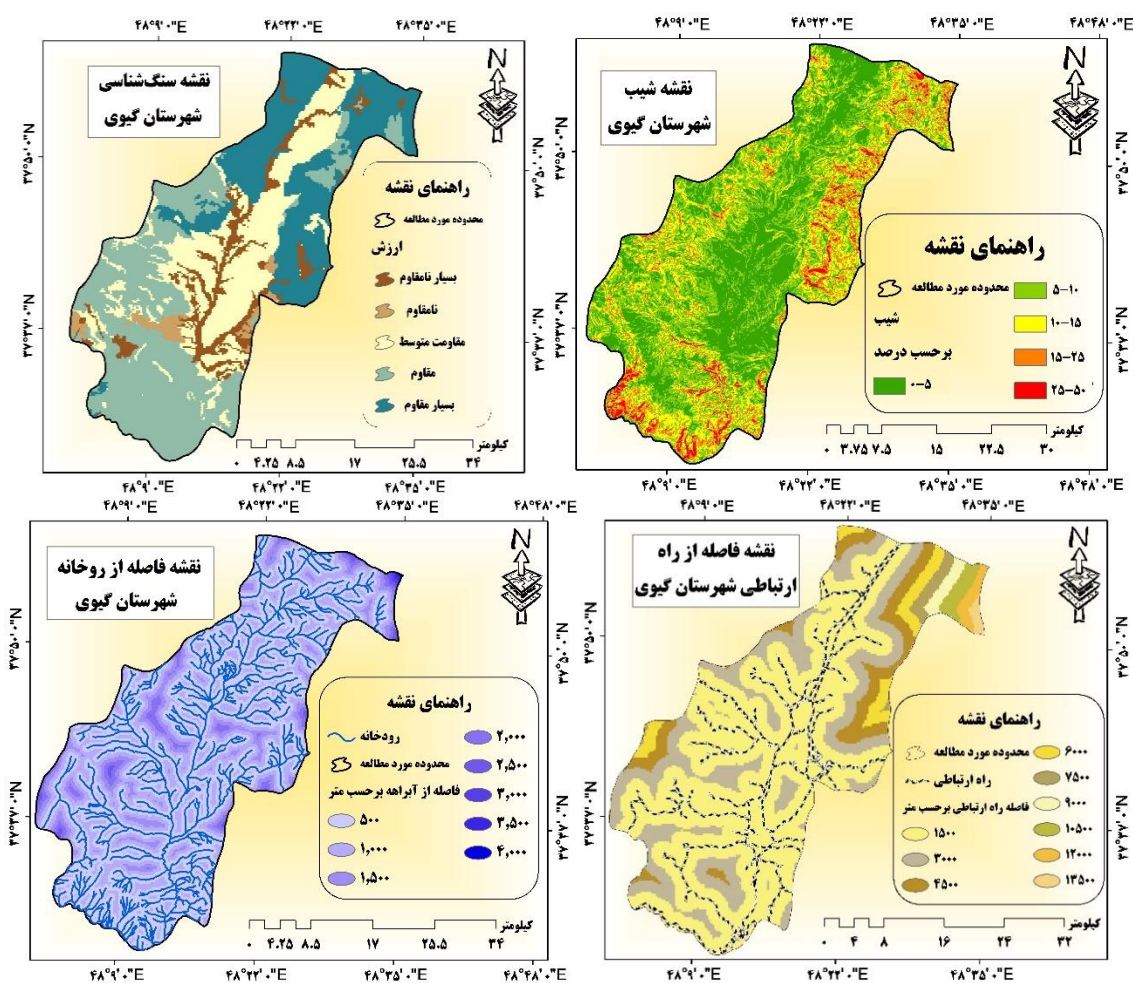
شکل ۵- نقشه کاربری اراضی سال ۲۰۲۱ شهرستان گیوی

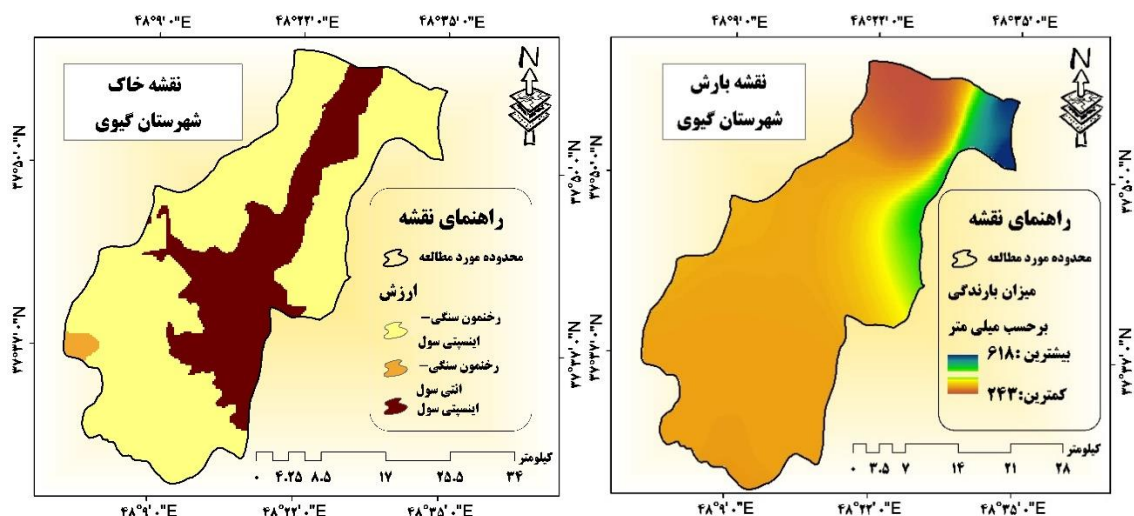
جدول ۴- مساحت و میزان تغییرات هر نوع از کاربرهای اراضی در شهرستان گیوی در سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۱

نوع کاربری	در سال ۲۰۰۰ مساحت به کیلومتر مربع	در سال ۲۰۲۱ مساحت به کیلومتر مربع	میزان تغییرات به کیلومتر مربع	روند تغییرات
مراعات ضعیف	۱۱۵/۹۹۳	۳۳۵/۰۷۷	۲۱۹/۰۸۴	افزایشی
مراعات متوسط	۲۸۳/۱۴۴	۱۴۸/۸۶۰	۱۳۴/۲۸۴	کاهشی
مراعات خوب	۳۱۳/۱۷۲	۲۹۹/۴۷۵	۱۳/۶۹۷	کاهشی
زراعت آبی	۴۲/۲۵۰	۱۲/۶۹۵	۲۸/۵۵۵	کاهشی
زراعت دیم	۱۰/۳۱۱	۲۴/۵۱۳	۱۴/۲۰۲	افزایشی
زمین هموار	۲۵۵/۲۱۴	۳۲۹/۸۱۵	۷۴/۶۰۱	افزایشی
اراضی کوهستانی	۱۹/۳۹۰	۲۴/۶۳۳	۵/۲۴۳	افزایشی
پوشش گیاهی متراکم	۲۳۳/۹۳۰	۹۵/۴۸۳	۱۳۸/۴۴۷	کاهشی
مناطق انسانی ساخت	۳/۴۸۸	۶/۹۲۴	۳/۴۳۶	افزایشی
مناطق آبی	۲/۸۵۸	۲/۲۷۵	۰/۵۸۳	کاهشی

۳-۲- پهنه‌بندی فرسایش خاک

جهت پهنه‌بندی فرسایش با توجه به نقشه کاربری مربوط به دو دوره زمانی و نیز نقشه سایر معیارهای مطرح (شکل ۶)، ابتدا وزندهی معیارها انجام گردید. مفروضات پایه‌ای (ماتریس همبستگی، ماتریس تضاد، انحراف معیار، میزان اطلاعات) و همچنین، وزن نهایی حاصل از وزندهی کرتیک در بین معیارهای مطرح در پهنه‌بندی فرسایش خاک مورد مطالعه، در جدول ۵، آورده شده است و با توجه به نتایج حاصله، به ترتیب معیارهای شیب، کاربری ارضی و خاک در هر دو دوره مورد مطالعه، بیشترین وزن و اهمیت را دریافت کردند. سپس با انجام مراحل روش MABAC، نقشه‌ی پهنه‌بندی فرسایش شهرستان گیوی، در ۵ طبقه با فرسایش بسیار زیاد تا فرسایش بسیار کم، در دوازده زمانی ۲۰۰۰ و ۲۰۲۱، به دست آمد (شکل ۷ و شکل ۸). مساحت و تعداد پیکسل‌های مربوط به هر یک از طبقات خطر نیز در جدول ۶، ذکر شده است.



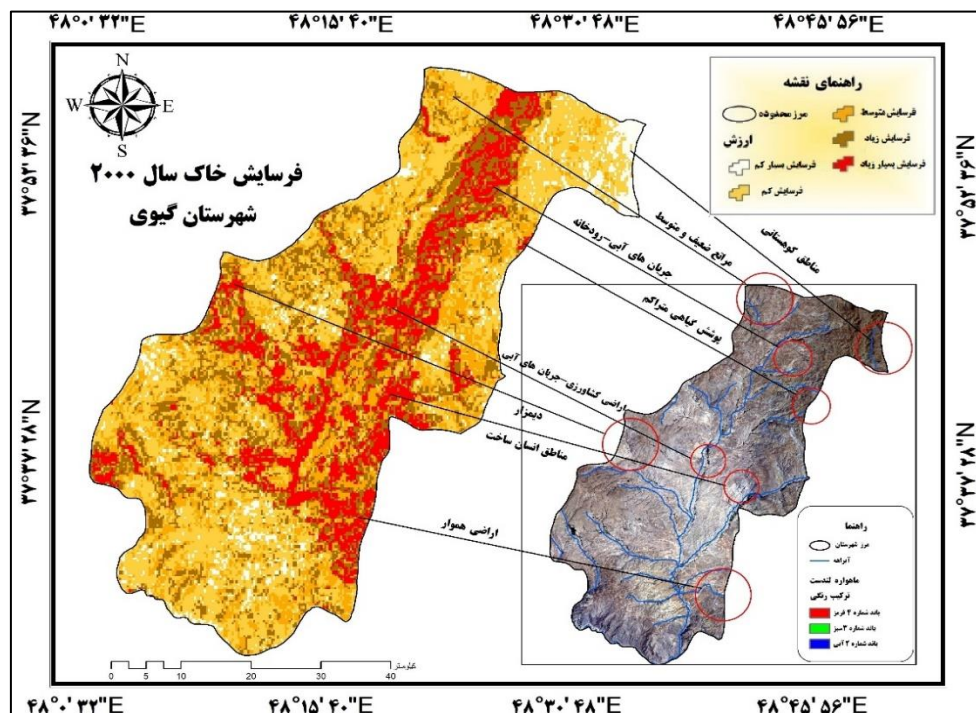


شکل ۶- نقشه معیارهای مطرح در پهنه‌بندی فرسایش شهرستان گیوی

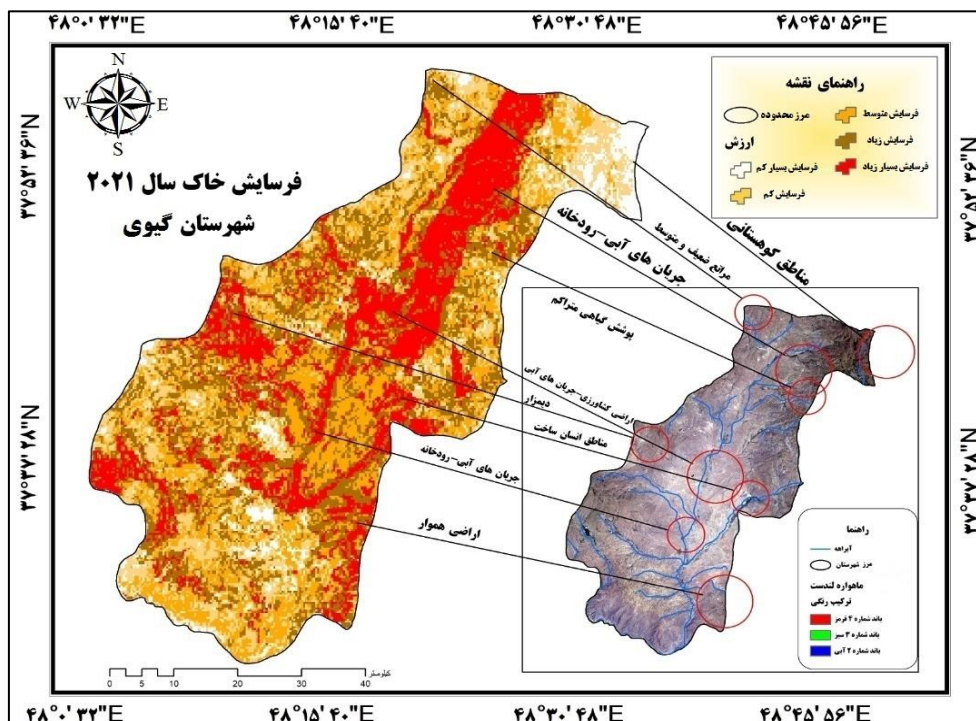
جدول ۵- مجموع تضاد، انحراف معیار، میزان اطلاعات و وزن نهایی معیارهای مطرح در پهنه‌بندی فرسایش

شهرستان گیوی

وزن نهایی	میزان اطلاعات	انحراف معیار	مجموع تضاد	معیار	۲۰۰۰ با استفاده از نقشه کاربری اراضی سال
۰/۲۳۷	۲/۴۴۱	۰/۳۵۷	۶/۸۴۰	شیب	۲۰۰۰ با استفاده از نقشه کاربری اراضی سال
۰/۰۶۲	۰/۶۳۸	۰/۱۰۹	۵/۸۵۵	فاصله از رودخانه	
۰/۰۹۲	۰/۹۵۰	۰/۱۶۰	۵/۹۴۰	فاصله از راه ارتباطی	
۰/۰۶۴	۰/۶۵۷	۰/۰۹۴	۶/۹۹۹	بارش	
۰/۱۶۰	۰/۶۴۴	۰/۲۸۴	۵/۷۹۲	لیتولوژی	
۰/۱۸۹	۱/۹۴۴	۰/۳۴۲	۵/۶۸۷	خاک	
۰/۱۹۴	۱/۹۹۸	۰/۳۲۶	۶/۱۳۱	کاربری اراضی	
۰/۲۲۸	۲/۴۱۴	۰/۳۵۷	۶/۷۶۳	شیب	۲۰۱۱ با استفاده از نقشه کاربری اراضی سال
۰/۰۶۰	۰/۶۳۹	۰/۱۰۹	۵/۸۶۳	فاصله از رودخانه	
۰/۰۹۰	۰/۹۵۴	۰/۱۶۰	۵/۹۶۳	فاصله از راه ارتباطی	
۰/۰۶۲	۰/۶۵۶	۰/۰۹۴	۶/۹۸۵	بارش	
۰/۱۵۹	۰/۶۸۴	۰/۲۸۴	۵/۹۳۳	لیتولوژی	
۰/۱۸۸	۱/۹۹۰	۰/۳۴۲	۵/۸۲۱	خاک	
۰/۲۱۲	۲/۲۴۶	۰/۳۵۴	۶/۳۴۶	کاربری اراضی	



شکل ۷- نقشه پهنه‌بندی فرسایش سال ۲۰۰۰ شهرستان گیلان با استفاده از روش MABAC



شکل ۸- نقشه پهنه‌بندی فرسایش سال ۲۰۲۱ شهرستان گیلان با استفاده از روش MABAC

جدول ۶- اطلاعات طبقات فرسایش خاک در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۲۱ شهرستان گیوی

سال	طبقه فرسایش	بسیار زیاد	زیاد	متوسط	کم	بسیار کم
سال ۲۰۰۰	مساحت به کیلومتر مربع	۲۰۹/۰۶۵	۲۶۰/۵۸۷	۲۸۷/۱۳۲	۴۴۵/۶۴۰	۷۷/۳۲۶
	مساحت به درصد	۱۶/۳۴	۲۰/۳۶	۲۲/۴۴	۳۴/۸۲	۶/۰۴
سال ۲۰۲۱	مساحت به کیلومتر مربع	۲۹۳/۳۵۴	۳۲۷/۳۴۶	۳۴۶/۷۲۸	۲۲۸/۲۳۳	۸۴/۰۸۹
	مساحت به درصد	۲۲/۹۲	۲۵/۵۸	۲۷/۰۹	۱۷/۸۴	۶/۵۷

می‌توان گفت که در نقشه فرسایش هر دو دوره مطالعاتی، به‌طور عمده مناطق با فرسایش بسیار زیاد و زیاد در کاربری‌های زراعی، مراتع ضعیف، مناطق انسان‌ساخت و اراضی بایر قرار دارند. با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی فرسایش در محدوده مطالعاتی، در سال ۲۰۰۰ مساحت طبقه فرسایش بسیار زیاد و زیاد، ۲۰۹/۰۶۵ و ۲۶۰/۵۸۷ کیلومتر مربع بوده است که مقدار این طبقات خطر در سال ۲۰۲۱ به ترتیب؛ ۲۹۳/۳۵۴ و ۳۲۷/۳۴۶ کیلومتر مربع افزایش یافته است. علت افزایش مناطق دارای احتمال فرسایش را می‌توان در کاهش مراتع خوب، مراتع متوسط و اراضی با پوشش گیاهی متراکم و تبدیل آن‌ها به مناطق کشاورزی، انسان‌ساخت، مراتع ضعیف و اراضی بایر دانست. اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۷)، اصغری سراسکانرود و همکاران (۱۳۹۸)، میاحی و همکاران (۱۴۰۰)، سائتوس و همکاران (۲۰۱۷)، کیدن و همکاران (۲۰۱۹)، کوجو و همکاران (۲۰۲۰)، لی و همکاران (۲۰۲۱)، نیز افزایش مساحت اراضی کشاورزی، اراضی بایر و مناطق مسکونی و در مقابل کاهش مراتع و پوشش گیاهی را از دلایل اصلی افزایش پتانسیل فرسایش خاک، مطرح کرده‌اند.

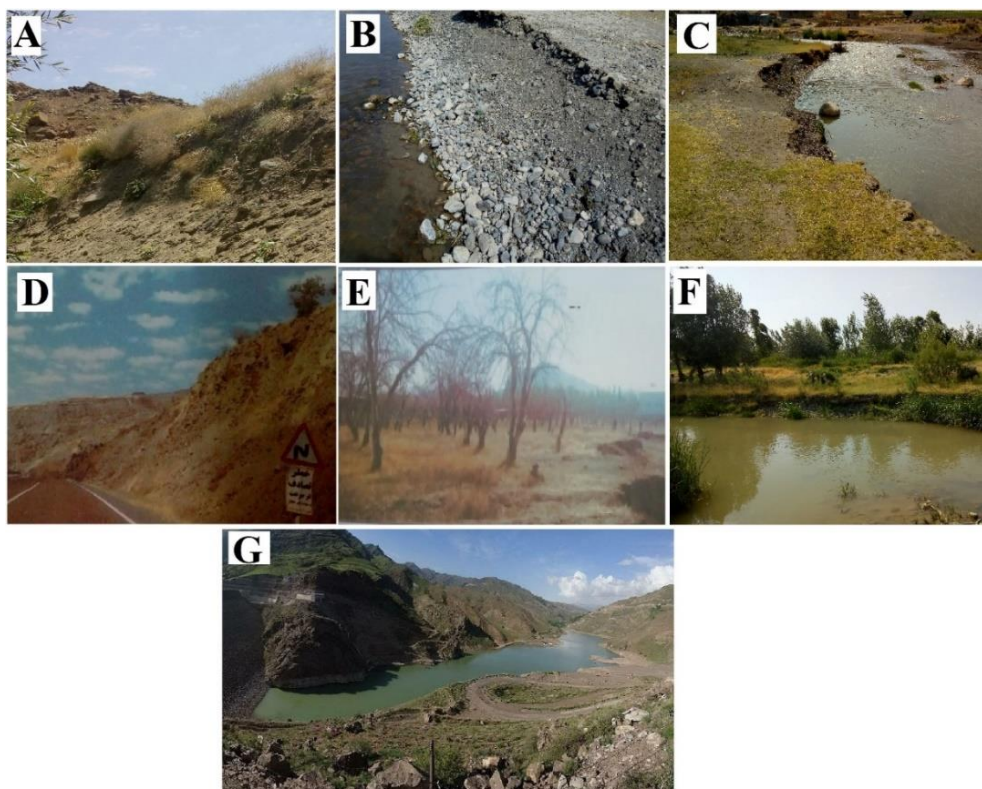
قابل ذکر می‌باشد که بیشتر اراضی مرتعی توسط روستاییان منطقه به اراضی کشاورزی و به‌خصوص، به دیم‌زارهای کم‌بازده، تغییر کاربری داده‌اند. چون اکثر اراضی کشاورزی منطقه بر روی دامنه‌های شیب‌دار قرار گرفته‌اند و بر اثر تغییر کاربری از اراضی جنگلی و مرتعی به کشاورزی تبدیل یافته‌اند، به مرور زمان، خاک و مواد حاصل خیز این اراضی بر اثر فرسایش از دسترس خارج می‌شود. لذا، با توجه به کوهستانی بودن منطقه مورد مطالعه، با تبدیل مراتع اطراف روستاها به دیم‌زارها و شخم خوردن مراتع در شیب‌های تند، مواد مغذی درون خاک شسته شده و قدرت حاصلخیزی خاک پس از چند سال از دست رفته و احتمال فرسایش بیشتر می‌شود. همچنین، تغییر کاربری اراضی مرتعی به‌ویژه در مناطق پر شیب کوهستانی علاوه بر فرسایش خاک، به کاهش میزان تغذیه آب‌های زیرزمینی، بروز سیلاب‌های مخرب نیز منجر خواهد شد و کیفیت پویای خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. باید توجه داشت که پوشش گیاهی طبیعی، با نگهداشت قطرات باران باعث کاهش انرژی جنبشی باران شده که باعث افزایش پایداری خاک شده و در مقابل فرسایش نیز محافظت می‌شود که با تغییر کاربری موردنظر چنین مکانیسمی از بین می‌رود. همچنین، علاوه بر بحث تغییر کاربری مراتع به زمین‌های زراعی، موضوع دیگری که در رابطه با کاهش مساحت مراتع خوب و متوسط، در شهرستان گیوی مشهود می‌باشد؛ بحث تبدیل مراتع خوب و متوسط به مراتع

ضعیف می‌باشد. به علت اینکه واردات خوراک دام هرساله با افزایش قیمت، مواجه می‌باشد، دامداران برای آنکه در هزینه‌های خوراک دام صرفه‌جویی نمایند، اقدام به چرای بی‌رویه دام‌ها در مراتع می‌نمایند لذا، بخشی از خسارت وارد شده به خاک و پوشش گیاهی مراتع شهرستان گیوی، ناشی از عدم رعایت زمان مناسب چرای دام، عدم توجه به ظرفیت چرا و غفلت از اثرات چرای سنگین بر این اراضی بوده است.

البته بخشی از نابودی پوشش گیاهی محدوده، در اثر احداث سد گیوی و تخریب پوشش گیاهی طبیعی منطقه، اعم از باغات و مراتع بوده است. سد مخزنی گیوی به منظور تنظیم آب رودخانه با هدف کنترل سیلاب و نیز تأمین آب شرب، صنعت و بهبود اراضی منطقه، با ۵۷ میلیون مترمکعب حجم کل مخزنی و ۷۶ میلیون مترمکعب، حجم تنظیمی بر روی رودخانه گیوی‌چای، احداث شده است. این سد از نوع سنگریزه‌ای با هسته رسی است و دو تونل انحراف و سرریز از نوع آزاد دارد. به علاوه سطح دریاچه سد ۴۰ هکتار، تراز تاج سد ۱۵۵۶ متر و تراز نرمال آن ۱۵۴۸ متر است (سازمان آب منطقه‌ای اردبیل، ۱۳۹۶). کاهش میزان مراتع، پوشش گیاهی متراکم و اراضی زراعی در بالا دست سد و در نتیجه از بین رفتن پوشش طبیعی منطقه، تغییرات بسیار زیادی را در سیستم‌های مورفولوژیک منطقه ایجاد می‌نماید و این تغییرات عمدتاً در جهت افزایش میزان فرسایش و رسوب می‌باشد. به علاوه باید در نظر داشت که افزایش مساحت اراضی بایر که به دنبال تخریب اراضی با پوشش گیاهی متراکم، مراتع و زراعت آبی در شهرستان رخ داده است، به همراه تبدیل اراضی با پوشش گیاهی متراکم و مراتع، به مناطق مسکونی نیز به افزایش سطوح با فرسایش زیاد و بسیار زیاد، از نظر فرسایش خاک، در سطح شهرستان منجر شده است.

با توجه به نقشه پهنه‌بندی فرسایش خاک شهرستان گیوی، می‌توان گفت؛ وضعیت توپوگرافی و شیب یکی از مهم‌ترین عوامل دخیل در فرسایش خاک محدوده محسوب می‌گردد. معمولاً بر روی دامنه‌های با شیب بیش از ۴۰ درصد ضخامت خاک در محدوده کاهش می‌یابد و نقش کمتری در تولید رسوب ناشی از وقوع فرسایش دارند و مناطق با فرسایش زیاد و بسیار زیاد، به طور عمده در شیب ۱۵ تا ۴۰ درصد قرار دارند. به علاوه، در مناطق کوهستانی شهرستان خاک از نوع ریگسول و لیتوسول بسیار کم عمق تا کم عمق همراه با گراول، ماسه، سیلت، رس و قطعات زاویه‌دار سنگی متلاشی شده است و در تراس‌ها و حواشی رودخانه‌ها خاک‌ها از لیتوسول نیمه عمیق تا کم عمق و مستعد فرسایش می‌باشد و در بعضی نقاط، خاک‌ها به صورت، نیمه تکامل یافته است. از دیگر معیارهای مهم که در ارزیابی فرسایش خاک مورد بررسی قرار می‌گیرد، لیتولوژی می‌باشد. در شهرستان گیوی، واحدهای مختلف سنگ‌شناسی منطقه به صورت آتشفشانی و رسوبی گسترده شده است. از جمله این واحدها می‌توان به گدازه‌های آندزیتی، گدازه‌ها و گنبد‌های داسیتی، تراکی آندزیتی، بازالت و مواد آتشفشانی ایگنمبریت و توف، به همراه سنگ‌های رسوبی تراورتن، پادگانه‌های آبرفتی جوان و قدیمی که از تخریب و فرسایش سنگ‌های آتشفشانی حاصل شده‌اند، اشاره کرد. هر یک از این سازندها از مقاومت متفاوتی برای فرسایش برخوردارند. بررسی نقشه نهایی و مقایسه آن با

عامل لیتولوژی نشان می‌دهد، سازندهای نامقاوم، که عمدتاً سازندهای سست کواترنری هستند (Q_{al} , Q_{t2} , Q_{t1}) و مارن‌های خاکستری، رس و قرمز ژپس‌دار ($Ngms$) که بخش اعظم منطقه را پوشانده‌اند، دارای حساسیت بالایی نسبت به فرسایش می‌باشند. مشخصات بارندگی مانند شدت، مدت زمان و حجم، در ایجاد فرسایش خاک، نقش مهم و اساسی دارد. مقدار بارش سالیانه در محدوده مطالعاتی ۲۴۳-۶۲۰ میلی‌متر و میانگین بارندگی سالانه حدود ۴۳۰ میلی‌متر بوده و بیشترین مقدار بارش شهرستان مربوط به ماه‌های اردیبهشت و فروردین می‌باشد و مناطق با بارش زیاد عمدتاً در نواحی کوهستانی و مرتفع گسترده شده‌اند. مناطق با پتانسیل بالای فرسایش، به‌طور عمده در مناطق با بارش (۴۵۰-۳۰۰ میلی‌متر)، قرار دارند. همچنین، سطح زیادی از اراضی با فرسایش زیاد و بسیار زیاد در حواشی رودخانه‌های اصلی موجود در شهرستان (گیوی‌چای، گراز چای، آریاچای، نیلق چای) قرار دارند. رودخانه‌های شویرچای، سنگورچای، گیوی‌چای، نیلق‌چای، لیکوان‌چای از رودخانه‌های دائمی و پرآب شهرستان گیوی می‌باشند که شعبات رودخانه‌ها به‌راحتی می‌توانند، مواد سطحی و خاک را شسته و با خود حمل نمایند و با فرسایش زیاد و بسیار زیاد، بیشتر بستر طغیانی رود را شامل می‌شود و این بخش از محدوده در معرض مستقیم فرسایش توسط جریان رود می‌باشد. مخصوصاً در محل پیچ مقعر مئاندرها، به دلیل افزایش سرعت جریان رود و عمل زیربری عمل تخریب شدیدتر است و وجود سازندهای آبرفتی حساس از عوامل مهم هستند که رودخانه‌های اصلی بیشتر تحت تأثیر بوده است. به علاوه، به استناد بازدید میدانی صورت گرفته از منطقه و گفتگو با اهالی بومی و مسئولان ذی‌ربط مهم‌ترین شکل استفاده نامناسب از بستر و حریم رودخانه‌ها و به‌ویژه، رودخانه گیوی‌چای که باعث تشدید فرآیند فرسایش و رسوب‌گذاری در این منطقه شده است، شامل؛ توسعه اراضی کشاورزی و باغات است. از سوی دیگر احداث جاده در منطقه مطالعاتی، با از بین بردن پوشش مرتعی در دامنه‌های پرشیب باعث شده، در هنگام بارش بهاری و ذوب برف، زمینه جهت فرسایش‌پذیری خاک فراهم گردد. در شکل ۹، نمونه‌هایی از عوامل دخیل در افزایش پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک در سطح شهرستان گیوی، نمایش داده شده است.



شکل ۹- A) فرسایش دامنه‌ای به علت وجود شیب زیاد و نبود پوشش گیاهی مناسب و محافظ. B و C) فرسایش کنار رودخانه به علت وجود مواد سست و فرسایش پذیر و زیربری توسط رودخانه. D) فرسایش به دلیل زیربری و از بین بردن پاشنه دامنه توسط جاده. E) آتش زدن عمدی و خشک کردن پوشش گیاهی منطقه جهت تغییر کاربری. F) توسعه اراضی کشاورزی و باغات در حریم رودخانه. G) تخریب پوشش گیاهی طبیعی محدوده در اثر احداث سد و همچنین ایجاد راه‌های ارتباطی جدید جهت دسترسی به محل سد.

۴- جمع‌بندی

تغییرات کاربری اراضی، یکی از عوامل مهم در ایجاد فرسایش خاک است و در سال‌های اخیر، تأثیر متقابل تغییر کاربری اراضی و فرسایش خاک به یک نگرانی عمده زیست‌محیطی تبدیل شده است. با توجه به اهمیت موضوع، در پژوهش حاضر نیز بررسی تغییرات کاربری اراضی و نقش آن در میزان فرسایش خاک در سطح شهرستان گیوی، با استفاده از تکنیک‌های دورسنجی و تحلیل چند معیاره MABAC، برای دو دوره زمانی ۲۰۰۰ و ۲۰۲۱، مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از مطالعه، نشان داد که در سال ۲۰۰۰، کاربری‌های مراتع خوب و متوسط به ترتیب با پوشش ۲۴/۴۷ و ۲۲/۱۲ درصد از مساحت شهرستان، بیشترین مقدار مساحت را به خود اختصاص دادند و در سال ۲۰۲۱ بیشترین میزان مساحت مربوط به کاربری‌های مراتع ضعیف و زمین‌های پست و هموار، به مقدار ۲۶/۱۸ و

۲۵/۷۷ درصد از سطح شهرستان می‌باشد. با توجه به نتایج مطالعه در طی بازه زمانی مورد مطالعه، مراتع متوسط، مراتع خوب، پوشش گیاهی متراکم و زراعت آبی کاهش یافته است و در مقابل کاربری‌های مراتع ضعیف، زراعت دیم، اراضی پست و هموار (اراضی بایر) و مناطق مسکونی افزایش پیدا کرده است. همچنین، با توجه به نتایج مطالعه، می‌توان بیان داشت که فعالیت‌های انسانی، مانند بهره‌برداری غیراصولی از مراتع، تخریب پوشش گیاهی در اثر تبدیل اراضی مرتعی و جنگلی به زراعی، کشت دیم در اراضی شیب‌دار (از جمله کشت غلات به صورت دیم در اراضی شیب‌دار و به‌ویژه کشت در شیب‌های بالای ۱۵ درصد)، شخم خوردن مراتع در شیب‌های تند، عدم رعایت تناوب زراعی، استفاده نامناسب از بستر و حریم رودخانه‌ها، تغییر مراتع و تبدیل آن به مناطق مسکونی و انسان‌ساخت، تخریب پوشش طبیعی محدوده در اثر احداث سد گیوی، احداث غیراصولی جاده‌ها؛ در کنار وجود سایر عوامل طبیعی محدوده، از قبیل؛ سازندهای حساس و فرسایش‌پذیر (عمدتاً سازندهای سست کواترنر)، ارتفاع زیاد و کوهستانی بودن، شیب زیاد، بارندگی مناسب و فراوانی شبکه آبراهه، مهم‌ترین عوامل دخیل در فرسایش خاک در شهرستان گیوی می‌باشند.

در نهایت پیشنهاد می‌گردد، با ممیزی مراتع، تعیین ظرفیت چرا، صدور پروانه‌های چرا و مدیریت پوشش گیاهی، روند تغییرات کاربری اراضی در سطح شهرستان گیوی، به صورت تبدیل مراتع و اراضی با پوشش گیاهی متراکم به سایر کاربری‌ها (به‌ویژه مراتع ضعیف و زراعی)، کنترل و در جهت احیا، اصلاح و توسعه مراتع گام برداشته شود. به علاوه، سیاست‌های کنترلی توسعه سکونتگاه‌ها در سطح شهرستان اجرا گردد و جهت هرگونه فعالیت، در شیب‌های بالای ۱۵ درصد، مطالعات دقیق انجام شده و پیش‌گیری‌های لازم در اجرای عملیات موردتوجه قرار گیرد. انتظار می‌رود، این مطالعه و نتایج حاصل از این تحقیق، راهگشایی برای اعمال مدیریت بهتر و علمی‌تر مدیران و برنامه‌ریزان ذی‌صلاح در این زمینه گردد و در نواحی با پتانسیل فرسایش بسیار زیاد و زیاد، با انجام اقدامات حفاظتی، آبخیزداری مناسب و البته کارشناسی شده توسط متخصصان، از وقوع فرسایش خاک در سطح شهرستان گیوی جلوگیری شود. تغییرات مجرای رودخانه، فرسایش و رسوب‌گذاری کناره‌ای، فرآیندهای طبیعی رودخانه‌های آبرفتی هستند که باعث تخریب زمین‌های کشاورزی اطراف و خسارت به تأسیسات انسانی اطراف رودخانه می‌شود

کتابنامه

- اصغری سراسکانرود، صیاد؛ پالیزبان، دلنیا؛ پیروزی، الناز؛ ۱۳۹۷. بررسی مقایسه‌ای تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر میزان فرسایش با استفاده از روش طبقه‌بندی شی‌گرا در حوضه سیمینه‌رود بوکان، پژوهش‌های فرسایش محیطی، سال هشتم، شماره ۱، صص ۹۴-۱۰۹. <https://www.20.1001.1.22517812.1397.8.1.6.3>
- بنیاد امیر، اسلام؛ حاجی قادری، طه؛ ۱۳۸۶. تهیه نقشه جنگل‌های طبیعی استان زنجان با استفاده از داده‌های سنجنده ETM + ماهواره لندست ۷، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۱، شماره ۴۲، صص ۶۳۸-۶۲۷. <https://www.20.1001.1.24763594.1386.11.42.51.5>

رضائی مقدم، محمدحسین؛ رضایی بنفشه‌دردق، مجید؛ فیضی‌زاده، بختیار؛ نظم‌فر، حسین؛ ۱۳۸۹. طبقه‌بندی پوشش اراضی/کاربری اراضی بر اساس تکنیک شی‌گرا و تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی: استان آذربایجان غربی، پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، دوره ۲۳، شماره ۲، صص ۱۹-۳۲.

<https://www.sid.ir/paper/200608/fa>

رضائی مقدم، محمدحسین؛ مختاری، داود؛ سمندر، نسرين؛ ۱۳۹۹. استخراج و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با به‌کارگیری الگوریتم SVM با کرنل چندجمله‌ای و روش حداکثر احتمال در محدوده حوضه آبریز اوجان‌چای بستان‌آباد، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۹، شماره ۴، صص ۲۵-۴۴.

<https://doi.org/10.22067/GEOEH.2021.67231.0>

عابدینی، م.، بهرام‌نیا، ف.، مصطفی‌زاده، ر.، پاسبان، ا. ح؛ ۱۴۰۲. بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی در یک دوره بیست سال بر میزان فرسایش و رسوب حوضه رضی‌چای، جغرافیا و مطالعات محیطی، دوره ۱۲، شماره ۴۵، صص ۱۳۳-۱۱۴.

[20.1001.1.20087845.1402.12.45.7.9.114](https://doi.org/10.22067/GEOEH.2021.67231.0)

عابدینی، م.، جوادی علی‌بابالو، س.، مصطفی‌زاده، ر.، پاسبان، ا. ح. ۱۴۰۱. ارتباط شاخص‌های پوشش گیاهی و ژئومورفیک با مقادیر فرسایش و رسوب در حوضه آبریز کوزه‌توپراقی، هیدروژئومورفولوژی، دوره ۹، شماره ۹، صص ۱۰۵-۱۲۸.

<https://civilica.com/doc/1581841>

فیضی‌زاده، بختیار؛ جعفری، فیروز؛ نظم‌فر، حسین؛ ۱۳۸۷. کاربرد داده‌های سنجش‌ازدور در آشکارسازی تغییرات کاربری‌های اراضی شهری (مطالعه موردی فضای سبز شهر تبریز)، هنرهای زیبا، شماره ۳۴، صص ۱۷-۲۴.

<https://www.sid.ir/paper/5716/fa>

مزیانی، مهدی؛ رضائی مقدم، محمدحسین؛ حجازی، اسداله؛ ۱۴۰۰. ارزیابی خطر فرسایش خاک در کاربری‌های اراضی با استفاده از معادله اصلاح شده جهانی فرسایش خاک (مطالعه موردی: حوضه آبریز سیکان)، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۱۰، شماره ۱، صص ۴۱-۶۳.

<https://doi.org/10.22067/GEOEH.2021.67238.0>

میاحی، جاسم؛ اسکندری دامنه، هادی؛ زراسوندی، علیرضا؛ ۱۴۰۰. ارزیابی اثر تغییر پوشش اراضی بر روند فرسایش خاک تالاب هور العظیم در جنوب غرب ایران، مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۱۰، شماره ۲۷، صص ۱۰۷-۱۲۲.

<https://doi.org/10.22111/JNEH.2020.33269.1626>

Aher P, Adinarayana J, & Gorantiwar SD. 2013. Prioritization of watersheds using multi-criteria evaluation through the fuzzy analytical hierarchy process. Agric Eng Int CIGR J, 15(1): 11-1. <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/2282>

Aiello A, Adamo M, & Canora, F. 2015. Remote sensing and GIS to assess soil erosion with RUSLE3D and USPED at river basin scale in southern Italy. Catena, 131: 174-185. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.04.003>

Ajaykumar K, Jawee, TH, Kale S, Umrikar, B, & Rabindranath SR. 2019. Identification of erosion-prone areas using modified morphometric prioritization method and sediment production rate. a remote sensing and GIS approach, Geomatics, Natural Hazards and Risk, 10(1): 986-1006. <https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1555189>

- Alinezhad A, & Khalili J. 2019. New Methods and Applications in Multiple Attribute Decision Making (MADM). International Series in Operations Research & Management Science, vol 277, Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15009-9>
- Arab-Ameri A, Pourghasemi H.R, & Cerda A. 2018. Erodibility prioritization of sub-watersheds using morphometric parameters analysis and its mapping: A comparison among TOPSIS, VIKOR, SAW, and CF multi-criteria decision making models, Science of The Total Environment, 613-614: 1385-1400. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.210>
- Baumgertel A, Lukić S, Belanović, Simić S, & Kadović R. 2019. Identifying Areas Sensitive to Wind Erosion—A Case Study of the AP Vojvodina (Serbia). Appl. Sci., 9: 1-12. <https://doi.org/10.3390/app9235106>
- Bou-kheir R, Cerdan O, & Abdelah C. 2006. Regional soil erosion risk mapping in Lebanon. Geomorphology, 82: 347-359. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.05.012>
- Congalton R.G, & Green K. 2009. Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices. CRC Press, Boca Raton, Florida, 137. <https://doi.org/10.1201/9781420055139>
- Coppin P, Jonckheere I, Nackaerts K, Muys B, & Lambin E. 2004. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: A review. International Journal of Remote Sensing, 25(9): 1565-1596. <https://doi.org/10.1080/0143116031000101675>
- Georgiou D, Mohammed E.S, & Rozakis, S. 2015. Multi-criteria decisionmaking on the energy supply configuration of autonomous desalination units. Renew. Energy, 75: 459–467. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.09.036>
- Hoseini H. 2019. Use fuzzy interface systems to optimize land suitability evaluation for surface and trickle irrigation, Information Processing in Agriculture, 6 (1): 11-19. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.09.003>
- Jabbar M.T, & Zhou X. 2011. Eco-environmental change detection by using remote sensing and GIS techniques: a case study Basrah province, south part of Iraq. Journal of Environ Earth Sci, 64: 1397–1407. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-0964-5>
- Kenneth M, & Gunter, M. 2012. Monitoring Land-Use Change in Nakuru Kenya Using Multi-Sensor Satellite Data, advance remote sensing, 1: 74-78. <https://doi.org/10.4236/ars.2012.13008>
- Kidane M, Bezie A, Kesete N, & Tolessa T. 2019. The impact of land use and land cover (LULC) dynamics on soil erosion and sediment yield in Ethiopia. Heliyon, 5 (12): 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02981>
- Kogo B.K, Kumar L, & Koech R. 2020. Impact of Land Use/Cover Changes on Soil Erosion in Western Kenya. Sustainability, 12, 9740: 1-17. <https://doi.org/10.3390/su12229740>
- Li M, Li T, Zhu L, Meadows ME, Zhu W, & Zhang S. 2021. Effect of Land Use Change on Gully Erosion Density in the Black Soil Region of Northeast China from 1965 to 2015: A Case Study of the Kedong County. Front. Environ. Sci, 9: 652-933. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.652933>
- Lillesand T.M, Kiefer R.W, & Chipman W.J. 2008. Remote sensing and Image Interpretation, New York: John Wiley & Sons, Inc., 6th Ed, 812. <https://www.wiley.com/en-us/Remote+Sensing+and+Image+Interpretation%2C+7th+Edition-p-9781119128465>
- Masselink R, Temme A.J.A.M, Giménez R, Casalí J, & Keesstra, S.D. 2017. Assessing hillslope-channel connectivity in an agricultural catchment using rare-earth oxide tracers and random forests models. Cuadernos de Investigación Geográfica. 43 (1), 19-39. <https://doi.org/10.18172/cig.3169>
- Mendoza M.E. 2011. Analysing land cover and land use change processes at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003). Applied Geography, 31(1): 237-250. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2010.05.010>

- Nekhay O, Arriaza M, & Boerboom L. 2009. Evaluation of erosion risk using Analytic Network Process and GIS: a case study from Spanish mountain olive plantations. *J Environ Manag*, 90(10): 3091-3104. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.04.022>
- Okumura M, & Araujo A.G. 2014. Long-term cultural stability in hunter-gatherers: a case study using traditional and geometric morphometric analysis of lithic stemmed bifacial points from Southern Brazil. *J. Archaeol. Sci*, 45: 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.02.009>
- Ozşahin E, & Eroglu I. 2019. Soil Erosion Risk Assessment due to Land Use/Land Cover Changes (LULCC) in Bulgaria from 1990 to 2015, *Alinteri J. of Agr. Sci*, 34(1): 1-8. <https://doi.org/10.28955/alinterizbd.444193>
- Santos J. C. N, Andrade E. M, Medeiros P. H. A, & Joao M. 2017. Land use impact on soil erosion at different scales in the Brazilian semi-arid. *Revista Ciencia Agronomica*, 48(2): 251-260. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20170029>
- Singh G, & Panda RK. 2017. Grid-cell based assessment of soil erosion potential for identification of critical erosion prone areas using USLE, GIS and remote sensing: A case study in the Kapgari watershed, India. *Int Soil Water Conserv Res*, 5: 202–211. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.05.006>
- Subhatu A, Lemann T, Hurni K, Portner B, Kassawmar T, Zeleke G, & Hurni H. 2017. Deposition of eroded soil on terraced croplands in Minchet catchment, Ethiopian Highlands. *Int Soil Water Conserv Res*, 5: 212–220. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.05.008>
- Tachizuka S, Hung T, Ochi S, & Yasuoka Y. 2002. Monitoring of Long-term Urban Expansion by the use of Remote Sensing Image from Different Sensor, Asian conference on Remote sensing, Kathmandu, Nepal, November 2002: 1-7. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:195777719>
- Tuş A, & Aytaç Adalı E. 2019. The new combination with CRITIC and WASPAS methods for the time and attendance software selection problem, *opsearch*, 56: 528–538. <https://doi.org/10.1007/s12597-019-00371-6>
- Xiaolu S, & Cheng B. 2011. Change Detection Using Change Vector Analysis from Landsat TM Images in Wuhan, *Procedia Environmental Sciences*, 11 (1): 238 – 244. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.12.037>
- Wang J, Wei G, Wei C, & Wei Y. 2020. MABAC method for multiple attribute group decision making under q-rung orthopair fuzzy environment, *Defence Technology*, 16 (1): 208-216. <https://doi.org/10.1016/j.dt.2019.06.019>
- Wessels K.J, Prince S.D, Frost P.E, & Van Z. D. 2004. Assessing the effects of human induced land degradation in the former homelands of northern South Africa with a 1 km AVHRR NDVI time-series. *Journal of Remote Sensing Environment*, 9 (1): 47–67. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.005>



Analysis of Factors Affecting the Vulnerability of Arsbaran Protected Area and Development of Management Strategies Using the DPSIR Model

Bitā Baheri ^a, Soolmaz Dashti ^{b*}, Sahar Mokhtari ^c

^a PhD Candidate, Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

^b Associate Professor, Department of Environment, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

^c Senior Expert in Coastal Environment, Ports and Maritime Organization, Iran

Received: 6 January 2023

Revised: 27 February 2023

Accepted: 16 March 2023

Abstract

Protected areas are among the most important and effective areas in the world that have been established to protect biodiversity. The use of international methods in the management of protected areas will make it possible to achieve sustainable development along with maximum protection of biodiversity. Arsbaran protected area is one of the most valuable natural resources of Iran in terms of plant and animal species and one of the nine biosphere regions of Iran. This descriptive analytical study was done to evaluate the vulnerability of Arsbaran protected area using the DPSIR model and to provide management solutions. Using the DPSIR model, driving force, pressure, situation, effect and response, threats and values of the region and the relationship between them were investigated and evaluated. Then, strategies were presented in the form of possible responses to each of the components of the DPSIR model. Eight main driving forces are population growth, tourism development, development of communication routes, animal husbandry activities, development of rural settlements, development of agricultural activities, Songun copper mining factory, and lack of coherent management for the identification area. Considering them, the pressures, situation and effects of the region were identified. The results showed that in Arsbaran protected area, the greatest impacts of regional threats on ecological values, including the loss of shrubs and trees, wildlife habitats, and the reduction of biodiversity and cultural values, are being subjected to the supports of UNESCO Environmental Protection Organization and placed at the disposal of the Human and Biosphere Program. They cause the most intensive damages to the region in terms of vulnerability, destruction and change of land use, deforestation and animal husbandry. At the end, management strategies for facing threatening factors were presented.

Keywords: DPSIR Model, Vulnerability Assessment, Threats, Values, Arsbaran Protected Area

*Corresponding author: Soolmaz Dashti E-mail: soolmazdashti@iauahvaz.ac.ir Tel: + 989163162176

How to cite this Article: Baheri, B., Dashti, S., & Mokhtari, S. (2023). Analysis of factors affecting the vulnerability of arsbaran protected area and development of management strategies using the DPSIR model. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 27-51.

DOI:10.22067/geoeh.2023.80676.1328



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

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

 <https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.80676.1328> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۵۱-۲۷

مقاله پژوهشی

تحلیل عوامل مؤثر بر آسیب پذیری منطقه حفاظت شده ارسباران و تدوین راهبردهای مدیریتی

با استفاده از مدل DPSIR

بیبا باهری- دانشجوی دکتری گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

 سولماز دشتی^۱- دانشیار گروه محیط زیست، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

سحر مختاری- کارشناس محیط زیست سواحل، سازمان بنادر و دریانوردی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۸ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۲/۲۵

چکیده

مناطق حفاظت شده یکی از مهم ترین و مؤثرترین ابزار در جهان هستند که برای حفاظت از تنوع زیستی تأسیس شده اند. استفاده از روش های بین المللی در مدیریت مناطق حفاظت شده، رسیدن به توسعه پایدار را در کنار حفاظت حداکثری از تنوع زیستی میسر خواهد کرد. منطقه حفاظت شده ارسباران یکی از ارزشمندترین منابع طبیعی کشور از لحاظ گونه های گیاهی و جانوری و یکی از مناطق زیست کره بیوسفر نه گانه ایران است. این پژوهش یک مطالعه توصیفی تحلیلی با هدف ارزیابی آسیب پذیری منطقه حفاظت شده ارسباران با تلفیق مدل DPSIR، به منظور ارائه راهکارهای مدیریتی است. در این روش ابتدا با استفاده از مدل DPSIR، نیرو محرکه، فشار، وضعیت، اثر و پاسخ، تهدیدها و ارزش های منطقه و ارتباط بین آنها بررسی و ارزیابی گردیدند. در نهایت، راهبردهایی در قالب پاسخ های احتمالی به هر یک از مؤلفه های مدل DPSIR ارائه گردید. ۸ نیروی محرکه اصلی با عنوان افزایش جمعیت، توسعه گردشگری، توسعه راه های ارتباطی، فعالیت های دامداری و دامپروری، توسعه سکونتگاه های روستایی، توسعه فعالیت های کشاورزی، کارخانه استخراج مس سونگون و عدم مدیریت منسجم برای منطقه شناسایی و

Email: soolmazdashti@iauhvaz.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۶۳۱۶۲۱۷۶

نحوه ارجاع به این مقاله:

باهری، بیبا؛ دشتی، سولماز؛ مختاری، سحر. (۱۴۰۲). تحلیل عوامل مؤثر بر آسیب پذیری منطقه حفاظت شده ارسباران و تدوین

راهبردهای مدیریتی با استفاده از مدل DPSIR. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۲(۴). صص ۵۱-۲۷

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.80676.1328>

به تبع آن‌ها فشارها، وضعیت و اثرات منطقه مشخص و مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که در منطقه حفاظت شده ارسباران بیشترین اثرات تهدیدهای منطقه بر ارزش‌های اکولوژیکی از جمله از بین رفتن گیاهان درختچه‌ای و درختی، زیستگاه حیات وحش و کاهش تنوع زیستی و ارزش‌های فرهنگی شامل قرار گرفتن تحت حمایت سازمان حفاظت محیط زیست یونسکو و قرار گرفتن در اختیار برنامه انسان و زیستکره می‌باشند و از لحاظ آسیب‌پذیری، تخریب و تغییر کاربری اراضی، جنگل‌زدایی و دامداری و دامپروری بیشترین آسیب را به منطقه وارد می‌کنند. در پایان راهبردهای مدیریتی برای مواجهه با عوامل تهدیدکننده ارائه گردید.

کلیدواژه‌ها: مدل DPSIR، ارزیابی آسیب‌پذیری، تهدیدها، ارزش‌ها، منطقه حفاظت‌شده ارسباران.

۱- مقدمه

از دهه ۱۹۶۰ رشد شتابنده تخریب زیستگاه و تهدیدهای به وجود آمده برای تنوع زیستی به دلایل مختلف منجر به افزایش نگرانی‌ها برای باقی‌مانده تنوع زیستی در میان طرفداران محیط‌زیست شده است (جعفری و همکاران، ۱۳۸۸). پایه و اساس حفاظت از تنوع زیستی، مناطق حفاظت‌شده دریا و خشکی هستند (بهرامی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۶). مناطق حفاظت‌شده به‌منزله ابزاری در مقابل فشارهای توسعه به شمار می‌روند (کارلسون^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). این مناطق بر اساس معیارهای ذهنی و عینی به‌منظور حفاظت از تنوع زیستی انتخاب می‌شوند (ورگیلیو^۲ و همکاران، ۲۰۱۶). مناطق تحت حفاظت شامل پارک‌های ملی، مناطق حفاظت‌شده، پناهگاه حیات وحش و انواع بی شماری از ذخیره‌گاه‌ها هستند (لورینگتون^۳ و همکاران، ۱۹۸۹). از نقش‌های آن‌ها می‌توان به حفظ تنوع زیستی، حفاظت از میراث فرهنگی، نگهداری از خدمات اکوسیستم و مزایای اقتصادی _ اجتماعی اشاره کرد (لی^۴ و همکاران، ۲۰۱۳). مدیریت مناطق حفاظت‌شده به‌مثابه ابزاری برای حفاظت پهنه‌های شکننده در پهنای جهان بر این فرض استوار است که این مناطق ارزش‌هایی دارند که مستلزم حفاظت است (سعیدی و میرکریمی، ۱۳۹۳).

ارزیابی آسیب‌پذیری محیطی یکی از مراحل مهم و حیاتی برای مدیریت منابع و محیط‌زیست است. آسیب‌پذیری محیطی بیشتر نشان‌دهنده خطرات آسیب در محیط‌زیست طبیعی است. درواقع آسیب‌هایی که شامل اکوسیستم، جمعیت و فرایندهای فیزیکی و بیوفیزیکی را ناشی از فعالیت‌های انسانی تحت تأثیر قرار داده‌اند. آسیب‌پذیری محیطی و رویکرد ارزیابی آن، چارچوب ارزیابی جامعی از سیستم‌ها یا منابعی است که تحت تأثیر شرایط طبیعی و همچنین در معرض آسیب‌پذیری ناشی از فعالیت‌های انسان قرار گرفته است (قنبری و پاشانژاد سیلاب، ۱۳۹۷). به‌منظور ارزیابی آسیب‌پذیری و ظرفیت انطباق نیاز به یک چارچوب منسجم است، که در این پژوهش از چارچوب

1 Carlson

2 Vergilio

3 Leverington

4 Li

DPSIR استفاده شده است. چارچوب DPSIR به‌عنوان یک چارچوب مفهومی برای نشان دادن روابط علت، معلولی بین سیستم‌های محیط‌زیستی و انسانی است. برای ارزیابی آسیب‌پذیری همچنین نیاز به تعیین مقیاس از نظر تحلیلی است (ادگر^۱ و همکاران، ۲۰۰۴).

روش‌های مختلفی برای ارزیابی آسیب‌پذیری توسط پژوهشگران در سراسر جهان انجام شده است که هر کدام به‌نوعی به این مبحث پرداخته‌اند. در تحقیقی ارزیابی و پهنه‌بندی ریسک سیلاب سکونتگاه‌های انسانی در راستای توسعه پایدار با بهره‌گیری از Fuzzy AHP در محیط GIS و مدل DPSIR موردبررسی قرار گرفت. به‌منظور تحلیل عوامل تأثیرگذار بر سیلاب منطقه از مدل مفهومی DPSIR استفاده شد و در تحلیل آسیب‌پذیری منطقه در برابر خطر سیلاب به‌روش DPSIR، عوامل اجتماعی، اقتصادی، کالبدی و زیست‌محیطی به‌عنوان نیروهای محرکه مورد مطالعه قرار گرفته و سپس با نقشه‌سازی نیروهای محرکه و پهنه‌بندی منطقه، سطح ریسک سیلاب تعیین گردید (قبادی و همکاران، ۱۳۹۴). در مطالعه‌ای دیگر که با موضوع تعیین آسیب‌پذیری بوم‌شناختی مجموعه حفاظت‌شده توران با ترکیب روش‌های ماتریس آثار متقابل، فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی و فرایند تحلیل توسعه‌ای انجام پذیرفت، نتایج نشان داد که مهم‌ترین عامل در میزان آسیب‌پذیری اکولوژیک منطقه، فرسایش سنگ مادر بود که روی عوامل دیگر همچون عمق خاک، فرسایش بادی و آبی و عواملی از این قبیل، تأثیر بسزایی دارد (فریادی و همکاران، ۱۳۹۲). در پژوهشی با عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری پارک ملی گلستان در جهت توسعه پایدار با استفاده از مدل DPSIR، بیشترین اثرات تهدیدهای منطقه بر ارزش‌های اکولوژیکی از جمله از بین رفتن حیوانات، گیاهان، زیستگاه حیات وحش و کاهش تنوع زیستی است و از لحاظ آسیب‌پذیری، شکار غیرمجاز جانوران و آتش‌سوزی بیشترین آسیب را به منطقه وارد می‌کنند (باهری و دشتی، ۱۴۰۰). در پژوهشی با عنوان تحلیل فضایی آسیب‌پذیری محیطی در منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه، در مجموع ۱۸ معیار در چهار شاخص آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات محیطی، آسیب‌های ناشی از شرایط محیطی، آسیب‌پذیری انسان-منشأ و در نهایت آسیب‌های ناشی از عوامل آب و هوایی تعیین گردیدند و در ادامه با تلفیق و ادغام شاخص‌ها، شاخص کلی آسیب‌پذیری محیطی در منطقه مورد مطالعه ارائه گردید. دی لانگ^۲ و همکاران (۲۰۱۰) نیز روش‌های مختلف تحلیل آسیب‌پذیری اکولوژیکی ایجاد شده برای جمعیت‌ها، جوامع و اکوسیستم‌ها را در پژوهشی مرور و تحلیل کردند. لی^۳ و همکاران (۲۰۰۶) نیز در مدلی که برای ارزیابی آسیب‌پذیری بوم‌شناختی معرفی کردند، از ۹ عامل ارتفاع، شیب، دمای تجمعی، شاخص خشکی، کاربری اراضی، پوشش گیاهی، خاک، فرسایش آبی-خاکی و تراکم جمعیت استفاده کردند.

1 Adger
2 De Lange
3 Li

در روشی که برای نشان دادن آسیب‌پذیری اکولوژیکی به خطر آتش‌سوزی در مناطق حفاظت‌شده توسط آرتانو^۱ و همکاران (۲۰۱۵) و سی میرارو^۲ و همکاران (۲۰۱۶) پیشنهاد شد، شاخص‌های مناسب سطوح مختلف حساسیت قابل تشخیص است.

منطقه حفاظت‌شده ارسباران که در شمار اندوخته‌های زیست‌کره نیز قرار دارد، از لحاظ توپوگرافی در محل اتصال رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس بوده و مبدأ رشته‌کوه‌های مرکزی ایران در این ناحیه قرار دارد. این خصوصیات منحصربه‌فرد باعث شده تا این ناحیه از تأثیر چهار اقلیم مختلف به‌ویژه اقلیم‌های مدیترانه‌ای و خزری برخوردار باشد. تنوع توپوگرافی و اقلیمی در ناحیه ارسباران منجر به تنوع پوشش گیاهی در این منطقه شده و انواع گیاهان و جانوران مربوط به ارتفاعات مختلف جغرافیایی را می‌توان در این منطقه مشاهده کرد (دنیادوست چلان و همکاران، ۱۳۸۸). منطقه حفاظت‌شده ارسباران به دلیل آسیب‌پذیری و تغییرات محیطی ایجاد شده و همچنین سایر تهدیدهای محیطی، به‌عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب گردید. هدف اصلی پژوهش حاضر، ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه حفاظت‌شده ارسباران با تلفیق مدل DPSIR به‌منظور ارائه راهکارهای مدیریتی است. در این راستا تمامی تهدیدات و ارزش‌های منطقه موردبررسی و ارزیابی قرار گرفته و در نهایت آسیب‌پذیری تهدیدها در مقابل ارزش‌ها سنجیده و راهکارهایی مطابق با مدل تحلیلی DPSIR ارائه می‌گردد.

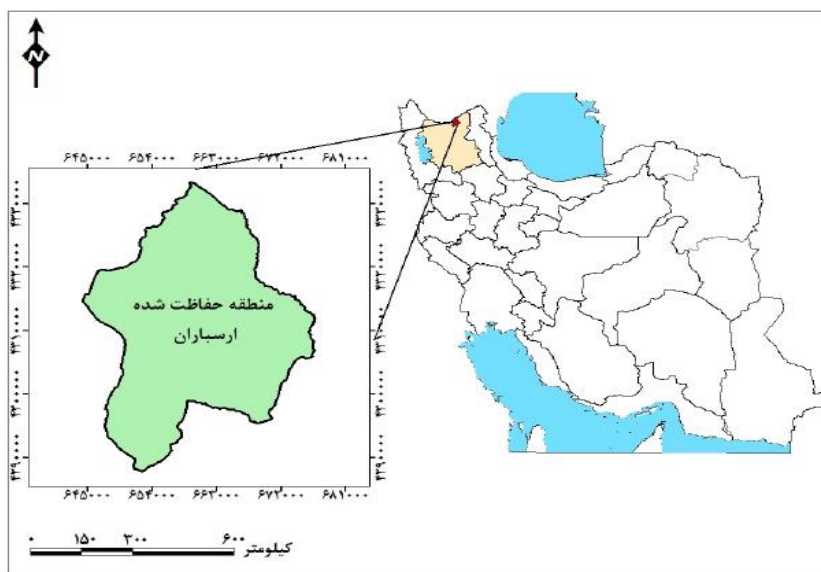
۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه حفاظت‌شده ارسباران که نام دیگر آن قره داغ است، با مساحت ۷۸۵۶۰ هکتار در شمال غربی آذربایجان شرقی بین ۳۸° ۴۰' تا ۳۹° ۰۹' عرض شمالی و ۴۲° ۴۶' تا ۴۷° ۰۳' طول شرقی، در داخل اکوسیستم جنگلی ارسباران واقع شده است (شکل ۱). این منطقه از سال ۱۳۵۰ تحت حمایت سازمان حفاظت محیط‌زیست یونسکو (MAB) قرار گرفت و از سال ۱۳۵۵ در اختیار برنامه انسان و زیست‌کره درآمد. قرار گرفتن این منطقه در لیست ذخیره‌گاه‌های زیست‌کره نه تنها بیانگر اهمیت اکولوژیک منطقه است، بلکه نشان می‌دهد مسئولیت حفاظت از آن را بر عهده ایران گذاشته شده است. این منطقه به مرکزیت اداره محیط‌زیست کلبر با هشت پاسگاه محیط‌بانی و سر محیط‌بانی محافظت می‌گردد (مولایی یزدانی و همکاران، ۱۳۸۸).

1 Aretano

2 Semeraro



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه حفاظت‌شده ارسباران (طالبی و همکاران، ۱۳۹۹)

۲-۲- توپوگرافی منطقه حفاظت‌شده ارسباران

ارتفاع منطقه حفاظت‌شده ارسباران از ۲۶۰ تا ۲۸۸۰ متر متغیر بوده، بنابراین به دلیل شرایط توپوگرافی، تنوع آب و هوایی و موقعیت جغرافیایی، در این منطقه تنوع گیاهی و ذخیره‌گاه ژنتیکی فون و فلور بسیار غنی تشکیل یافته است. از نظر توپوگرافی این منطقه در محل اتصال رشته‌کوه‌های البرز و زاگرس بوده و مبدأ رشته‌کوه‌های مرکزی ایران در این ناحیه قرار دارد. این خصوصیات منحصربه‌فرد باعث شده که این منطقه از تأثیر چهار اقلیم مختلف به‌ویژه مدیترانه‌ای و خزری برخوردار باشد. این منطقه از نظر زمین‌شناسی متعلق به دوران سوم بوده و در اثر حرکات شدید کوهزایی آلبی به وجود آمده است. قسمت عمده سنگ‌های منطقه را واحدهای آهکی و آذرین تشکیل می‌دهند. ساختمان خاک از دانه‌ریز تا درشت و از مکعبی تا کروی است (زیناب، ۱۳۹۳).

۲-۳- آب و هوا و اقلیم منطقه حفاظت‌شده ارسباران

بارندگی سالانه در منطقه ارسباران حدود ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر است. متوسط حرارت سالانه در ارتفاعات کوهستانی ۵ درجه و در حاشیه ارس ۱۷ درجه است. درصد رطوبت نسبی در بالاترین رقم خود ۸۵٪ است. بخش شرقی منطقه ارسباران از رطوبت بیشتری برخوردار بوده و در نتیجه تراکم پوشش گیاهی آن بیشتر است (ساسانی‌فر و همکاران، ۲۰۱۸).

۴-۲- پوشش گیاهی و جانوری منطقه حفاظت شده ارسباران

منطقه حفاظت شده ارسباران دارای تنوع گونه‌های گیاهی و جانوری و زیستگاه‌های جنگلی منحصربه‌فرد بوده و در حدود ۱۳۳۴ گونه گیاهی و ۳۲۰ گونه جانوری ۲۱۵ گونه پرنده، ۲۹ گونه خزنده، ۵ گونه دوزیست، ۴۸ گونه پستاندار و ۱۷ گونه ماهی در آن ثبت شده است. از مهم‌ترین جانوران موجود در این منطقه پستاندارانی نظیر خرس قهوه‌ای (*Ursus arctos*)، سیاه‌گوش (*Lynx lynx*)، گراز (*Sus scrofa*)، کل‌بیز وحشی (*Capra aegagrus*)، شوکا (*Capreolus capreolus*)، رودک (*Meles meles*)، انواع سمور (*Martes*)، روباه (*Vulpes vulpes*)، خرگوش (*Lepus europaeus*)، شغال (*Canis aureus*)، پرندگانی مانند کبک معمولی (*Alectoris chukar*)، کبک چیل (*Perdix perdix*)، قرقاول (*Phasianus colchicus*)، دراج (*Francolinus*)، انواع عقاب (*Aquila nipalensis*)، انواع لاشخورها (*Neophron percnopterus*)، انواع بازها (*Accipiter*)، خزندگانی مثل مار قفقازی (*Gloydius intermedius*)، گرزه‌مار (*Macrovipera lebetina*)، سوسمار (*Lacertilia*) و ماهی‌هایی مانند ماهی سفید (*Rutilus kutum*)، ماهی سیاه (*Vimba vimba*) و کپور (*Cyprinus carpio*) را می‌توان نام برد. همچنین این منطقه زیستگاه انحصاری پرنده نادر سیاه خروس (*Tetraonini*) نیز می‌باشد (زبردست و همکاران، ۱۳۸۹). منطقه حفاظت شده ارسباران به دلیل واقع بودن در محل تلاقی چندین ناحیه جغرافیایی گیاهی از حیث تنوع گونه‌ها بسیار غنی است. این منطقه با مساحت نسبتاً کم، بیش از ۱۰ درصد گونه‌های گیاهی کل کشور را در خود جای داده است. سه گونه ممرز (*Carpinus betulus*)، بلوط سفید (*Quercus alba*) و بلوط سیاه (*Quercus nigra*) مهم‌ترین درختان جنگل‌های ارسباران را تشکیل می‌دهند و مهم‌ترین گونه‌های درختچه‌ای این جنگل‌ها شامل انار (*Punica granatum*)، سیاه‌تلو (*Paliurus spina-christi*)، اسپیره (*Spiraea*)، سیاه‌تنگرس (*Rhamnus*)، ازگیل (*Mespilus germanica*) و زغال‌اخته (*Cornus mas*) می‌باشد (طالبی و همکاران، ۱۳۹۹).

۴-۲- روش انجام پژوهش

این پژوهش یک مطالعه توصیفی تحلیلی بر پایه‌ی مطالعات کتابخانه‌ای و جستجو در پایگاه‌های اطلاعات الکترونیکی با هدف ارائه روشی جهت ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه حفاظت شده ارسباران به منظور ارائه راهکارهای مدیریتی است. در این روش ابتدا با استفاده از مدل DPSIR، نیروهای محرکه، فشار، وضعیت، اثر و پاسخ، تهدیدها و ارزش‌های منطقه و ارتباط بین آن‌ها بررسی و ارزیابی گردیدند. میزان آسیب‌پذیری ارزش‌های منطقه از ضرب امتیازهای کسب شده محاسبه و در نهایت راهکارهای مدیریتی برای مواجهه با عوامل تهدیدکننده ارائه می‌گردد (خطیبی و همکاران، ۲۰۱۵).

در این پژوهش برای تعیین حجم نمونه از ۱۵ نفر خبره محیط‌زیست که بر روی مبحث ارزیابی آسیب‌پذیری و منطقه مورد مطالعه آگاهی داشتند استفاده گردید. این تحقیق با هدف فراهم کردن روشی مناسب برای ارزیابی مناطق حفاظت‌شده با ارزش‌ها و عوامل تهدیدکننده متفاوت ارائه شده است. در روش مورد استفاده در این تحقیق، احتمال پاسخ ارزش‌های مناطق حفاظت‌شده به طیفی از عوامل تهدیدکننده شناسایی شده، مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. جهت انجام این کار با استفاده از بازدید میدانی، مطالعه گزارش‌های وضع موجود، مصاحبه با کارشناسان و استفاده از پرسشنامه، عوامل چندگانه مدل DPSIR شناسایی گردید و در مرحله بعد جهت نمره‌دهی به فشارها و تهدیدها و همچنین ارزش‌های اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی نیز از نظر کارشناسان و پرسشنامه استفاده گردید. جهت مشخص کردن عوامل DPSIR از روش دلفی بر اساس طیف لیکرت استفاده گردید، طیف لیکرت در مقیاس ۱ تا ۵ می‌باشد که ۱ به معنای حداقل تأثیر و ۵ حداکثر آن می‌باشد. پرسشنامه دلفی به صورت رفت و برگشتی برای تشخیص نیروی محرکه، فشار، وضعیت، اثر و پاسخ و بکار گرفته شد. عواملی که میانگین عددی آن‌ها بالاتر از ۳ بود به عنوان نیروی محرکه، فشار، وضعیت، اثر در نظر گرفته شدند.

روش مورد استفاده در این پژوهش شامل پنج بخش اصلی می‌باشد: ۱. ارزیابی ارزش‌های منطقه ۲. ارزیابی عوامل تهدیدکننده منطقه ۳. بررسی ارتباط میان ارزش‌ها و عوامل تهدیدکننده منطقه ۴. ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه ۵. ارائه راهکارهای مدیریتی جهت مقابله با عوامل تهدیدکننده (رحیمی بلوچی و ملک محمدی، ۲۰۱۳).

- **ارزیابی ارزش‌های منطقه:** مطابق مدل DPSIR، ارزش‌ها به سه دسته اکولوژیکی، اقتصادی و اجتماعی دسته‌بندی می‌شوند. به هر ارزش دو نمره در بازه زیاد (H)، متوسط (M) و کم (L) داده می‌شود که نمره اول مربوط به بزرگی ارزش و نمره دوم به اعتبار ارزش مربوط می‌باشد و در نهایت با ضرب نمرات، امتیازی به دست می‌آید.
- **ارزیابی تهدیدهای منطقه:** بر اساس ارزش‌های منطقه، می‌توان لیستی از عوامل تهدیدکننده منطقه ارائه داد. شناسایی عوامل تهدیدکننده منطقه، شامل شناسایی عوامل و فشارهایی می‌باشد که موجودیت منطقه را به خطر می‌اندازد و از مهم‌ترین مراحل ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه محسوب می‌شود. بر این اساس دو نمره داده می‌شود که اولی مربوط به شدت تهدید و دیگری مربوط به احتمال وقوع تهدید است. میزان شدت و میزان احتمال وقوع، در سه سطح امتیاز زیاد (H)، متوسط (M) و کم (L) بر اساس قضاوت کارشناسی داده شده و در نهایت با ضرب نمرات، امتیازی به دست می‌آید.
- **بررسی ارتباط میان ارزش‌ها و عوامل تهدیدکننده:** در این مرحله چگونگی اثرگذاری عوامل تهدیدکننده بر ارزش‌های منطقه مورد بررسی قرار می‌گیرد. امتیازات زیاد (H)، متوسط (M)، کم (L) و ناشناخته (U) در این ماتریس نشان دهنده میزان اثر هر تهدید بر ارزش‌های منطقه است. پس از شناسایی و

ارزیابی تهدیدها و ارزش‌ها، وارد ماتریس شده و جهت ترکیب امتیازهای داده شده از ماتریس ترکیب عمومی (جدول ۱) استفاده گردید.

جدول ۱- ماتریس عمومی ترکیب امتیاز

عامل دوم ارزیابی (احتمال وقوع)	عامل اول ارزیابی (شدت اثر)			
	زیاد (H)	متوسط (M)	کم (L)	
	M	L	L	کم (L)
	H	M	L	متوسط (M)
	H	H	M	زیاد (H)

- **ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه:** این مرحله خروجی فرایند ارزیابی است. پس از به دست آوردن همه امتیازات بالا، ارزیابی آسیب‌پذیری می‌تواند انجام شود. زمانی که امتیازات H، M، L و U به ترتیب ارزش ۳، ۲، ۱ و ۰ را داشته باشند، امتیاز نهایی ارزیابی نمره‌ای بین صفر تا ۲۷ شده، که ارزش ۰ تا ۹ به رنگ سفید، ارزش‌های بین ۱۰ و ۱۸ به رنگ خاکستری و ارزش‌های ۱۹ تا ۲۷ به رنگ سیاه کدگذاری می‌شوند. در این مرحله مهم‌ترین ارزش‌ها و مهم‌ترین تهدیدهای منطقه را بر هر یک از ارزش‌ها مشخص می‌گردد.
- **ارائه راهکارهای مدیریتی:** گام آخر در این فرایند ارائه راهکارهای مدیریتی برای مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده منطقه می‌باشد (جهانی شکیب و همکاران، ۲۰۱۷).

۳- نتایج و بحث

منطقه حفاظت‌شده ارسباران به علت داشتن ویژگی‌های خاص از لحاظ پوشش گیاهی و حیات‌وحش جایگاه انحصاری را در کشور و جهان داراست، وجود کوه‌های مرتفع و صخره‌ای و دره‌های عمیق با دامنه‌های بلند و پرشیب اراضی جنگلی و علفزارهای وسیع و غنی، تنوع فون و فلور، طبیعت و زیبایی‌های خیره‌کننده مجموعه‌ای از ویژگی‌های خاص این منطقه به شمار می‌روند. این منطقه یکی از مناطق حفاظت‌شده مهم ایران است که در سالیان اخیر تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی، تغییراتی را در پوشش و کاربری اراضی تجربه کرده است. مدل محرک فشار وضعیت اثر پاسخ (DPSIR) ابزاری برای شناسایی و توصیف فرایندها و فعل‌وانفعالات در سیستم‌های انسان-محیط‌زیست است. اجزای منفرد رویکرد مدل DPSIR به‌عنوان یک مسیر علی-معلولی ادغام شده‌اند تا مراحل بعدی مدیریت محیط‌زیست و پایش را فراهم کنند. در این پژوهش به کمک مدل مفهومی، نیروهای محرکه و فشارها در سطح کلان بر اساس جدول ۲ برای منطقه حفاظت‌شده ارسباران شناسایی شد. بر اساس این

فشارها، تغییر حالت سیستم‌های محیط‌زیستی مشخص شد. به علت این فشارها، اثرات بر سیستم‌های انسان و محیط‌زیست افزایش می‌یابد و در نهایت فعالیت‌های جامعه جهت کاهش آثار منفی تحمیل شده بر سیستم‌های انسان و محیط‌زیست، پیشنهادهایی به صورت پاسخ‌ها و واکنش‌های احتمالی عنوان شد.

جدول ۲- نتایج بررسی و اعمال مدل DPSIR در منطقه حفاظت‌شده ارسباران

نیروی محرکه (Driving Forces)	فشار (Pressure)	وضعیت (State)	اثر (Impact)	پاسخ (Responses)
افزایش جمعیت	قطع درختان از بین رفتن سیمای اکولوژیک شکار غیرمجاز آلودگی زیست‌محیطی برداشت بی‌رویه آب تغییر کاربری اراضی	میزان آب سطحی و زیرزمینی میزان پوشش گیاهی منطقه تعداد گونه‌های درخطر انقراض تعداد گونه‌های گیاهی منطقه میزان آلودگی محیط‌زیست	کاهش آب‌های سطحی و زیرزمینی کاهش تنوع زیستی انقراض گونه‌های گیاهی و جانوری کاهش کیفیت زیستگاه خشکسالی و کم‌آبی	
توسعه گردشگری	افزایش افراد بازدیدکننده و کاهش امکانات رفاهی دفع پسماند و فاضلاب آلودگی آب‌های زیرزمینی آلودگی آب‌های سطحی آتش‌سوزی	میزان تولید پسماند در منطقه میزان فاضلاب در منطقه میزان آلودگی آب‌های سطحی میزان آلودگی آب‌های زیرزمینی	کاهش زیبایشناختی کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی کاهش کیفیت آب‌های سطحی تخریب زیستگاه کاهش کیفیت زیستگاه	پس از انجام ارزیابی آسیب-پذیری پاسخ‌ها در قالب راهکارهای مدیریتی ارائه می‌گردد.
توسعه راه‌های ارتباطی	تسطیح اراضی قطع درختان آلودگی صوتی / هوا برخورد ماشین‌ها با حیوانات	وضعیت یکپارچگی زیستگاه وضعیت هوای منطقه در طول سال میزان آلودگی صوتی منطقه تعداد تلفات جاده‌ای حیوانات	کاهش مساحت زیستگاه کاهش پایداری و زیست‌پذیری تکه‌تکه شدن زیستگاه تغییر سیمای اکولوژیک	
فعالیت‌های دامداری و دامپروری	کاهش پوشش گیاهی کوبیدگی و متراکم شدن خاک عدم تهویه خاک	وضعیت کیفیت خاک در منطقه وضعیت حاصلخیزی خاک منطقه میزان پوشش گیاهی منطقه	فرسایش خاک کاهش حاصلخیزی خاک کاهش تنوع پوشش گیاهی کاهش میزان پوشش گیاهی	
توسعه سکونتگاه‌ها روستایی	افزایش مصرف انرژی تولید زباله و فاضلاب تغییر کاربری اراضی برداشت بی‌رویه آب	میزان پسماند و فاضلاب تولیدی میزان آب سطحی و زیرزمینی میزان غلظت آلاینده‌ها	فشار بیش‌ازحد به منابع طبیعی انتشار آلاینده‌ها باران اسیدی آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی	

پاسخ (Responses)	اثر (Impact)	وضعیت (State)	فشار (Pressure)	نیروی محرکه (Driving Forces)
	افت کیفیت و حاصلخیزی خاک از دست رفتن ارزش‌های اکولوژیک و زیباشناختی خشکسالی و کم‌آبی آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی	سطح جنگل‌ها وضعیت کیفیت خاک در منطقه میزان مواد آلی و معدنی خاک میزان آب سطحی و زیرزمینی میزان پساب تولیدی	جنگل‌زدایی تغییر سیمای اکولوژیک افزایش نرخ مصرف آب حفر چاه‌های غیراصولی تولید پساب کشاورزی استفاده بی‌اندازه از کود و سموم	توسعه فعالیت‌های کشاورزی
	کاهش تنوع زیستی افت کیفیت زیستگاه از دست رفتن ارزش‌های اکولوژیک و زیباشناختی منطقه آلودگی آب/ هوا	میزان تخریب زمین وضعیت هوای منطقه بر اساس شاخص‌ها و میزان غلظت آلاینده‌ها و ذرات معلق میزان پساب کارخانه	تخریب چشم‌انداز منطقه انتشار آلاینده‌های هوا آلودگی آب فرسایش و ته‌نشینی تولید زهاب اسیدی	کارخانه استخراج مس سونگون
	افزایش نارضایتی مردم محلی افزایش بدبینی به سیاست‌های دولت	میزان اعتبار جهت مدیریت منطقه تعداد نیروهای محیط‌بان منطقه وضعیت مشارکت افراد محلی در مدیریت منطقه	عدم تخصیص اعتبارات لازم جهت حفاظت و مدیریت منطقه عدم استفاده از مدیریت علمی و اصولی کمبود نیرو در محیط‌بانی مشارکت نگرفتن از افراد محلی در مدیریت منطقه	عدم مدیریت منسجم

۳-۱- ارزیابی تهدیدهای منطقه حفاظت‌شده ارسباران

تهدیدهای منطقه در بخش‌های احداث راه‌های ارتباطی، شکار غیرمجاز، آلودگی، دامداری و دامپروری، تخریب و تغییر کاربری اراضی، کمبود نیرو و تجهیزات در محیط‌بانی، برداشت بی‌رویه آب، جنگل‌زدایی و خشکسالی در سه سطح، زیاد (H)، متوسط (M) و کم (L) بررسی و ارزیابی گردیدند (جدول ۳).

از مهم‌ترین تهدیدهای منطقه حفاظت‌شده ارسباران تغییر کاربری اراضی می‌باشد، در حال حاضر همزمان با افزایش جمعیت و تخریب و تجاوز به عرصه‌های منابع طبیعی، ساخت‌وسازهای بی‌رویه و عمدتاً غیرمجاز منجر به بروز مسائل و مشکلات متعددی گردیده است. بنابراین یکی از چالش‌های اساسی در سال‌های اخیر، مسئله تغییر کاربری اراضی، جلوگیری از تخریب و اهمیت حفظ کاربری اراضی می‌باشد.

جدول ۳- ماتریس ارزیابی تهدیدهای منطقه حفاظت‌شده ارسباران

عامل ارزیابی تهدیدها		شدت تهدید (۲) زیاد (H) متوسط (M) کم (L)	احتمال وقوع (۱) در گذشته زیاد رخ داده است و احتمال وقوع آن در آینده زیاد است (H) در گذشته رخ داده است و احتمال وقوع آن در آینده وجود دارد (M) در گذشته کم رخ داده است و احتمال وقوع آن در آینده کم است (L)		امتیاز ارزیابی تهدید مطابق ماتریس عمومی (۲) * (۱)
احداث راه‌های ارتباطی	از بین رفتن پستانداران	H	M	H	
شکار غیرمجاز	گونه‌های جانوری	H	M	H	
آلودگی	پسماند و فاضلاب گردشگران	M	M	M	
	پساب کارخانه مس	M	M	M	
	پساب کشاورزی	L	M	L	
	آب‌های سطحی و زیرزمینی	M	L	L	
	آلودگی هوا	L	L	L	
دامداری و دامپروری	گونه‌های گیاهی	H	H	H	
تخریب و تغییر کاربری اراضی		H	M	H	
کمبود نیرو و تجهیزات در محیط‌بانی		M	M	M	
برداشت بی‌رویه آب		M	M	M	
جنگل‌زدایی		H	M	H	
خشکسالی		M	L	L	

زبردست و همکاران (۱۳۸۹) در مقایسه مطالعات انجام شده در جهت شناسایی فرصت‌ها، تهدیدها، ضعف‌ها و قوت‌ها در منطقه حفاظت‌شده ارسباران، تحقیقی توسط در خصوص ارزیابی منطقه حفاظت‌شده ارسباران با استفاده از روش SWOT انجام پذیرفت که عواملی مانند وجود متخلفان از قوانین زیست‌محیطی، کمبود پاسگاه‌های محیط‌بانی و نیروی انسانی، فقدان تجهیزات حفاظتی و امکانات رفاهی مورد نیاز برای محیط‌بانی، فعالیت‌های دامداری و افزایش طرح‌های عمرانی بدون ارزیابی به‌عنوان ضعف‌ها منطقه و همچنین عواملی همچون خشکسالی و کم‌آبی، چرای بی‌رویه دام، شکارچیان غیرمجاز، تخریب و تغییر کاربری اراضی و عدم تخصیص اعتبارات لازم جهت حفاظت و مدیریت منطقه به‌عنوان تهدیدهای منطقه در نظر گرفته شد.

بنابراین یکی از چالش‌های اساسی در سال‌های اخیر، مسئله تغییر کاربری اراضی، جلوگیری از تخریب و اهمیت حفظ کاربری اراضی می‌باشد. **درویشی و همکاران (۱۳۹۲)** در مقایسه مطالعات انجام شده در تحقیقی که با عنوان بارزسازی تغییرات و پویایی کاربری‌ها و پوشش اراضی در ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران انجام پذیرفت، نیز به این موضوع اشاره گردیده است. حفظ تنوع زیستی در مناطق حفاظت‌شده به میزان قابل توجهی به کاربری‌های مختلف زمین در مجاورت آن بستگی دارد. تغییر کاربری اراضی بر تنوع‌زیستی و چشم‌اندازها تأثیر منفی می‌گذارد. برای جلوگیری از این امر لازم است تغییر کاربری اراضی در اطراف منطقه حفاظت‌شده مدیریت گردد (**رانیری^۱ و لیما^۲**، ۲۰۱۸).

از دیگر تهدیدهای منطقه حفاظت‌شده ارسباران، جنگل‌زدایی می‌باشد. جنگل‌زدایی به‌عنوان یکی از بزرگ‌ترین مشکلات زیست‌محیطی جهانی شناخته شده است. از طرف دیگر جنگل‌زدایی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های اصلی تغییرات بهره‌برداری از زمین به‌عنوان بزرگ‌ترین تهدید برای تنوع محیط‌زیست جهانی به ثبت رسیده است. **رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۸۶)** نیز در پژوهشی با عنوان بررسی و ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل با استفاده از سنجش دور و GIS، نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که مراکز سکونتگاهی به دلیل ارتباط نزدیکی که با فعالیت‌های انسانی از قبیل چرای دام، کشاورزی، احداث راه‌های ارتباطی، استفاده از چوب درختان به‌عنوان سوخت دارد، از جمله مهم‌ترین عوامل در تخریب جنگل‌های ارسباران می‌باشد. در مقاله‌ای دیگر با عنوان جنگل‌زدایی در مناطق حفاظت‌شده در صورت عدم وجود حفاظت به‌سرعت افزایش می‌یابد و جلوگیری از جنگل‌زدایی به‌عنوان تابعی از ویژگی‌های حاکمیتی یک کشور و همچنین سایر کنترل‌های موجود می‌باشد (**آبمن^۳ و همکاران**، ۲۰۱۸).

شکار غیرمجاز از دیگر عوامل تهدید منطقه حفاظت‌شده ارسباران است. بیکاری اکثر اهالی منطقه در فصل زمستان به رواج شکار و صید غیرمجاز در منطقه دامن می‌زند و یکی از راهکارهای کاهش شکار در منطقه رواج مشاغل درآمدزا در طول سال خواهد بود.

گنجعلی و همکاران (۲۰۱۵) در مطالعه‌ای با عنوان بررسی تغییرات تراکم جمعیت کل و بز در سه حوزه سرشماری منطقه حفاظت‌شده ارسباران انجام گردید، عواملی مانند احداث جاده کلیبر-جانانلو و جزیره‌ای شدن زیستگاه این گونه و ایجاد ناامنی، تخریب زیستگاه، قطع مسیر دسترسی منابع آبی قابل استفاده گونه و افزایش تخلیفات شکار به‌عنوان دلایل اصلی کاهش جمعیت و تراکم گونه مطرح گردید.

از دیگر موارد تهدید منطقه حفاظت‌شده ارسباران، احداث راه‌های ارتباطی می‌باشد. در پژوهشی با عنوان ارزیابی روند تغییرات پوشش اراضی منطقه حفاظت‌شده ارسباران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، مشخص گردید که وجود

1 Ranieri

2 Lima

3 Abman

زراعت دیم و نواحی مسکونی به‌صورت پراکنده در میان اراضی جنگلی، پرورش گوسفند، گوساله و بوقلمون به روش گله‌گردانی و چرای آزاد، قطع درختان جنگلی و بوته‌های مرتعی جهت سوخت، اتکای اقتصاد منطقه به فعالیت‌های وابسته به آب و زمین و فعالیت‌های معدنی موجب تبدیل اراضی طبیعی به اراضی زراعی و چراگاهی و تخریب سیمای منطقه گردیده است (زبردست و همکاران، ۱۳۸۹).

دامداری و دامپروری نیز از عوامل تهدید کننده منطقه حفاظت‌شده ارسباران است. فعالیت‌های اصلی این منطقه شامل دامداری و دامپروری، کشاورزی و تولید زنبورعسل می‌باشد و معیشت آن‌ها به‌شدت وابسته به آب و زمین است. در تحقیقی نیز با عنوان شناسایی و تحلیل قابلیت‌های توریسم منطقه ارسباران، عواملی مانند فعالیت‌های دامداری و دامپروری، افزایش طرح‌های عمرانی بدون ارزیابی، کمبود تجهیزات و امکانات رفاهی جهت گردشگران و عدم وجود برنامه‌ریزی مدون دولت جهت هدایت سرهمی‌گذاری‌ها در منطقه به‌عنوان ضعف‌ها و مواردی مانند خشکسالی و کم‌آبی در طول سال‌های اخیر، رمه‌گردانی و چرای بی‌رویه دام، تخریب و تغییر کاربری اراضی در منطقه، فرسایش خاک منطقه، تخریب اکوسیستم ارسباران به خاطر جاده‌سازی و توسعه معابر، شکارچیان غیرمجاز و توسعه جمعیت به‌عنوان تهدیدهای منطقه برشمرده شد (مبارکی و اسلامی، ۱۳۹۳). درویشی و همکاران (۱۳۹۴) در نتایج تحقیقی که با عنوان بارزسازی تغییرات و پویایی کاربری‌ها و پوشش اراضی در ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران انجام پذیرفت، کاهش زیستگاه و از دست رفتن مساحت جنگل به دلایل مختلفی همچون افزایش کشاورزی آبی، تغییر کاربری‌ها و پوشش اراضی، قطع درختان جنگلی، احداث جاده و به‌تبع آن خشکسالی و تغییر اقلیم و افزایش مراتع نشان داده شد. گردشگری و فعالیت‌های تفریحی از جمله تهدیدات بسیار مهم در مناطق حفاظت‌شده هستند. افزایش استفاده از مناطق حفاظت‌شده برای اهداف تفریحی منجر به تقاضا جهت بهبود زیرساخت‌ها و دسترسی می‌گردد. بهبود جاده‌ها، اثرات بیولوژیکی قابل توجهی دارند و در نهایت محیط طبیعی را تغییر می‌دهد. بهبود دسترسی به مناطق حفاظت‌شده باید در راستای اهداف حفاظت از طبیعت و توسعه گردشگری برنامه‌ریزی شود (وریجونی^۱ و همکاران، ۲۰۱۸).

ارزش‌های اکولوژیکی منطقه حفاظت‌شده ارسباران: ارزش‌های اکولوژیکی در گروه‌های گیاهان (درختی و درختچه‌ای) و جانوران (پرنده‌گان و پستانداران)، زیستگاه حیات وحش و تنوع‌زیستی موردبررسی و ارزیابی قرار گرفت. معیار اهمیت در سه سطح، گونه‌های در معرض خطر یا در حال انقراض (H)، گونه‌های در معرض آسیب‌پذیری (M) و گونه‌های در آستانه تهدید (L) و مؤلفه حضور در منطقه نیز بر اساس وضعیت فقط حضور در منطقه (H)، حضور در اکوسیستم‌های اطراف منطقه (M) و حضور در تمام سطح اکوسیستم‌های حوضه (L) بررسی گردید (جدول ۴).

1 Vergilio

جدول ۴- ماتریس ارزیابی ارزش‌های اکولوژیکی منطقه حفاظت‌شده ارسباران

عامل ارزیابی ارزش اکولوژیکی	اهمیت زیستگاه و گونه (۱) گونه‌های در معرض خطر یا در حال انقراض (H) گونه‌های در معرض آسیب‌پذیری (M) گونه‌های در آستانه تهدید (L)	حضور در منطقه (۲) فقط در منطقه حفاظت‌شده حضور دارد (H) در اکوسیستم‌های اطراف منطقه حضور دارد (M) در تمام سطح اکوسیستم‌های منطقه حضور دارد (L)	امتیاز ارزش اکولوژیکی مطابق ماتریس عمومی (۱)※(۲)
جانوران	پستانداران	H	H
	پرنده‌گان	H	H
گیاهان	درختی	H	H
	درختچه‌ای	H	H
زیستگاه حیات‌وحش		M	M
تنوع زیستی		M	M

جنگل‌های ارسباران به لحاظ تنوع گونه‌ای (گیاهی و حیوانی) بسیار غنی می‌باشد. حدود ۹۷ گونه درختی و درختچه‌ای و ۱۰۷۲ گونه گیاهی ثبت شده است که مهم‌ترین آن‌ها بلوط، افرا، ممرز، کرب، زبان‌گنجشک، ملج، کیکم، گیلان وحشی، گردو و چنار است و زیستگاه خرس، پلنگ، کل و بز، شوکا، سیاه‌گوش، گرگ، سیاه خروس، قرقاول، کبک، کبک چیل، عقاب طلایی و طرلان بوده و تنها زیستگاه یکی از کمیاب‌ترین پرنده‌گان ایران یعنی سیاه خروس است. قوچ و میش از شاخص‌ترین حیوانات این مناطق می‌باشد (مولایی و همکاران، ۲۰۰۹).

ارزش‌های اقتصادی منطقه حفاظت‌شده ارسباران: با دو فاکتور درآمد حاصل از منطقه و سهم شاغلین در مشاغل گردشگری، دامداری و دامپروری کشاورزی، باغداری، زنبورداری و صنایع دستی مورد ارزیابی و امتیازدهی قرار گرفت (جدول ۵).

جدول ۵- ماتریس ارزیابی ارزش‌های اقتصادی منطقه حفاظت‌شده ارسباران

عامل ارزیابی نوع ارزش اقتصادی	درصد درآمد حاصل از ارزش (۱) بیش از ۴۰٪ در منطقه (H) بین ۱۰ تا ۴۰٪ در منطقه (M) کمتر از ۱۰٪ در منطقه (L)	سهم شاغلین (۲) بیش از ۴۰٪ افراد بومی در این بخش شاغلند (H) بین ۱۰٪ تا ۴۰٪ افراد بومی در این بخش شاغلند (M) کمتر از ۱۰٪ افراد بومی در این بخش شاغلند (L)	امتیاز ارزش اقتصادی مطابق ماتریس عمومی (۱)※(۲)
گردشگری	M	M	M
دامداری و دامپروری	H	H	H
کشاورزی	M	M	M
باغداری	M	M	M

عامل ارزیابی نوع ارزش اقتصادی	درصد درآمد حاصل از ارزش (۱) بیش از ۴۰٪ در منطقه (H) بین ۱۰ تا ۴۰٪ در منطقه (M) کمتر از ۱۰٪ در منطقه (L)	سهم شاغلین (۲) بیش از ۴۰٪ افراد بومی در این بخش شاغلند (H) بین ۱۰ تا ۴۰٪ افراد بومی در این بخش شاغلند (M) کمتر از ۱۰٪ افراد بومی در این بخش شاغلند (L)	امتیاز ارزش اقتصادی مطابق ماتریس عمومی (۲)※(۱)
زنبورداری	M	M	M
صنایع‌دستی	L	L	L

شرایط ویژه در برخی موارد منحصربه‌فرد در ارسباران که مجموعه‌ای از ویژگی‌های اقلیمی و طبیعی و تاریخی و فرهنگی را از خود نمایان می‌سازد، باعث گردیده است که این منطقه یکی از مراکز جلب توریسم در برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و ملی موردتوجه قرار گیرد. کشاورزی در منطقه حفاظت‌شده ارسباران به‌صورت دیم و آبی انجام می‌گیرد. کشت غالب این منطقه گندم، جو و یونجه می‌باشد. از محصولات باغی این منطقه می‌توان به سیب، گردو، گلابی، توت، شاه‌توت، انجیر آبی و زغال اخته اشاره کرد (مولایی و همکاران، ۱۳۸۸). منطقه ارسباران به دلیل مناسب بودن شرایط اقلیمی، پرآب بودن و تنوع بالای گونه‌های گیاهی، پتانسیل بالایی در زمینه صنعت زنبورداری دارد. در این منطقه گیاهان متنوع با زمان‌های گلدهی متفاوتی برای تغذیه زنبورعسل وجود دارد. تنوع بالای گونه‌ای، انتخاب زنبورعسل را در تعیین منبع غذایی در ماه‌های مختلف سال بالا می‌برد و موجب افزایش کمیت و کیفیت گرده و شهد تولیدی توسط زنبور می‌گردد (قنبری و نعمتی، ۱۳۹۷). اصلی‌ترین صنایع‌دستی این منطقه، ورنی است که نوعی گلیم بدون پرز می‌باشد. از دیگر صنایع‌دستی منطقه، می‌توان به فرش‌بافی، جاجیم، گلیم، خورجین، بندبافی، مفرش، جوراب، شال، پالاز، صنایع چوب اشاره کرد. ورنی بافی، نوعی دست بافت زیبا و پشیمی (یا ابریشمی) است که به‌عنوان زیرانداز بافته می‌شود و اهمیت ویژه‌ای دارد (مولایی و همکاران، ۱۳۸۸).

ارزش‌های اجتماعی منطقه حفاظت‌شده ارسباران: در خصوص ارزش‌های اجتماعی منطقه حفاظت‌شده

ارسباران،

بخش‌های فرهنگی، تاریخی و مذهبی قابل بررسی می‌باشد. میزان اهمیت در سه سطح اهمیت جهانی (H)، اهمیت منطقه‌ای (M) و اهمیت محلی (L) و میزان انحصاری بودن ارزش در گروه‌های بی‌نظیر (H)، نادر (M) و شایع (L) ارزیابی و امتیازدهی گردید (جدول ۶).

جدول ۶- ماتریس ارزیابی ارزش‌های اجتماعی منطقه حفاظت‌شده ارسباران

عامل ارزیابی		میزان اهمیت (۱)	میزان انحصاری	امتیاز ارزش
نوع ارزش اجتماعی		دارای اهمیت جهانی (H)	بودن ارزش (۲)	اجتماعی
		دارای اهمیت منطقه‌ای (M)	بی‌نظیر (H)	مطابق ماتریس
		دارای اهمیت محلی (L)	نادر (M)	عمومی (۲)※(۱)
			شایع (L)	
فرهنگی	قرار گرفتن تحت حمایت سازمان حفاظت محیط‌زیست یونسکو (MAB) در سال ۱۳۵۰	H	M	H
	قرار گرفتن در اختیار برنامه انسان و زیست‌کره در سال ۱۳۵۵	H	M	H
تاریخی	قلعه بابک خرم‌دین	M	M	M
مذهبی	زیارتگاه بابا سیف‌الدین	M	M	M

منطقه حفاظت‌شده ارسباران به دلیل وجه تمایز آن از سایر مناطق زیستی همجوار به‌عنوان یکی از شبکه‌های بین‌المللی ذخیره‌گاه‌های بیوسفر منحصربه‌فرد از طرف سازمان جهانی یونسکو انتخاب و به ثبت رسیده است. ارسباران اولین بار در سال ۱۳۴۶ به‌عنوان منطقه ممنوعه و شکارگاه معرفی شد. سپس در سال ۱۳۵۲، منطقه مورد مطالعه بنام منطقه حفاظت‌شده ارسباران موسوم گردید. در سال ۱۹۷۶ این منطقه از طرف یونسکو به‌عنوان یکی از ذخیره‌گاه‌های زیست‌کره جهان اعلام گردید. یکی از مهم‌ترین لثارتاریخ منطقه قلعه‌با شکوه‌بلیک خرم‌دین که متعلق به سال‌های ۲۰۱-۲۲۳ هجری می‌باشد. این منطقه به مرکزیت اداره محیط‌زیست کلبر با هشت پاسگاه محیط‌بانی و سر محیط‌بانی محافظت می‌گردد. زیارتگاه بابا سیف‌الدین مورد توجه اهالی، چه شیعه و چه اهل حق، قرار دارد (زیناب، ۱۳۹۳).

ارزیابی ارتباط بین ارزش‌ها و عوامل تهدید کننده: رابطه بین عوامل تهدیدکننده و ارزش‌های منطقه از طریق رنج امتیازدهی مطابق با (جدول ۷) انجام گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین تأثیرگذاری تهدیدها بر روی ارزش‌های اکولوژیکی منطقه می‌باشد.

ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه حفاظت‌شده ارسباران: در این مرحله با توجه به امتیاز ارزش‌ها، عوامل تهدیدکننده و ماتریس حاصل از رابطه میان ارزش‌ها و تهدیدها، به‌صورت امتیاز زیاد (H)، امتیاز متوسط (M)، امتیاز کم (L) و ناشناخته (U) تعیین شد. سپس امتیاز نهایی محاسبه و به آن کد رنگی تعلق گرفت (جدول ۸). نتایج نشان داد بیشترین آسیب‌پذیری در ارزش‌های اکولوژیکی ناشی از جنگل‌زدایی، تخریب و تغییر کاربری اراضی، دامداری و دامپروری می‌باشد و در بخش ارزش‌های فرهنگی به دلیل قرار گرفتن تحت حمایت سازمان حفاظت محیط‌زیست

یونسکو (MAB) و قرار گرفتن در اختیار برنامه انسان و زیست‌کره به جهت تخریب و تغییر کاربری اراضی و جنگل‌زدایی می‌باشد.

جدول ۷- ماتریس ارتباط بین ارزش‌ها و تهدیدهای منطقه حفاظت‌شده ارسباران

عوامل تهدید کننده اثرات بر ارزش‌ها	احداث راه‌های ارتباطی	شکار غیر مجاز	پسماند و فاضلاب گردشگران	پساب کارخانه مس	پساب کشاورزی	آلودگی آب	آلودگی هوا	دامداری و دامپروری	تخریب و تغییر کاربری اراضی	کمبود نیرو و تجهیزات در محیط‌بانی	برداشت بی‌رویه آب	جنگل‌زدایی	خشکسالی
ارزش‌های اکولوژیکی													
از بین رفتن پستانداران	M	M	M	M	L	L	L	L	M	M	M	H	M
از بین رفتن پرندگان	L	M	M	M	L	L	L	L	M	M	M	H	M
از بین رفتن گیاهان درختی	H	L	M	M	L	L	L	H	H	M	M	H	H
از بین رفتن گیاهان درختچه‌ای	M	L	M	M	L	L	L	H	H	M	M	H	H
زیستگاه حیات وحش	H	H	M	M	L	L	L	M	M	M	M	H	H
تنوع زیستی	H	H	M	M	L	L	L	M	M	M	M	H	H
ارزش‌های اقتصادی													
کاهش گردشگری	L	L	L	L	U	L	L	L	L	L	L	M	M
بی‌رونی شدن دامداری و دامپروری	M	U	U	L	L	L	L	M	U	M	M	M	M
بی‌رونی شدن کشاورزی	M	U	U	L	L	L	L	M	U	M	H	M	H
کاهش باغداری	L	U	U	L	L	L	L	M	U	M	M	M	H
بی‌رونی شدن زنبورداری	U	U	U	U	U	L	L	U	U	L	L	L	L
بی‌رونی شدن صنایع دستی	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
ارزش‌های اجتماعی													
کاهش کارکرد فرهنگی - قرار گرفتن تحت حمایت سازمان حفاظت محیط‌زیست یونسکو (MAB)	M	H	U	L	L	L	L	L	L	H	L	H	H

عوامل تهدید کننده اثرات بر ارزش ها	احداث راههای ارتباطی	شکار غیرمجاز	پسماند و فاضلاب گردشگران	پساب کارخانه مس	پساب کشاورزی	آلودگی آب	آلودگی هوا	دامداری و دامپروری	تخریب و تغییر کاربری اراضی	کمبود نیرو و تجهیزات در محیطانی	برداشت بی رویه آب	جنگل زدایی	خشکسالی
کاهش کارکرد فرهنگی - قرار گرفتن در اختیار برنامه انسان و زیستکره	M	H	U	L	L	L	L	L	H	L	L	H	H
کاهش کارکرد تاریخی - قلعه بابک خرمدين	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
کاهش کارکرد مذهبی - زیارتگاه بابا سیف الدین	L	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U

جدول ۸- جدول آسیب پذیری ارزش های منطقه حفاظت شده ارسباران

عوامل تهدید کننده اثرات بر ارزش ها	احداث راههای ارتباطی	شکار غیرمجاز	پسماند و فاضلاب گردشگران	پساب کارخانه مس	پساب کشاورزی	آلودگی آب	آلودگی هوا	دامداری و دامپروری	تخریب و تغییر کاربری اراضی	کمبود نیرو و در محیطانی	برداشت بی رویه آب	جنگل زدایی	خشکسالی
جانوران	از بین رفتن پستانداران	۱۸	۱۸	۱۲	۱۲	۴	۴	۴	۴	۱۸	۱۲	۲۷	۶
	از بین رفتن پرندگان	۱۸	۱۸	۱۲	۱۲	۴	۴	۴	۱۸	۱۲	۱۲	۲۷	۶
گیاهان	از بین رفتن گیاهان درختی	۱۸	۹	۱۲	۱۲	۴	۴	۱۸	۲۷	۱۲	۱۲	۲۷	۹
	از بین رفتن گیاهان درختچه ای	۱۲	۹	۱۲	۱۲	۴	۴	۲۷	۲۷	۱۲	۱۲	۲۷	۹
زیستگاه حیات - وحش	از بین رفتن زیستگاه حیات وحش	۱۸	۱۸	۸	۸	۲	۲	۱۲	۱۲	۸	۸	۱۸	۶

[illegible]

ارائه راهکارهای مدیریتی منطقه حفاظت شده ارسباران: به دنبال ارزیابی آسیب پذیری ارزش های محیط زیست منطقه حفاظت شده ارسباران، راهبردهایی جهت رفع و کاهش اثرات ایجاد شده مطابق با مؤلفه پاسخ های احتمالی مدل DPSIR به مؤلفه های نیروی محرکه، فشار، وضعیت و اثر، تدوین شده است.

پاسخ به نیروهای محرکه: توسعه اکوتوریسم در ذخیره گاه زیست کره ارسباران، تبلیغات و اطلاع رسانی در خصوص جاذبه های اکوتوریسم، انجام پروژه های تحقیقاتی در زمینه آموزش، فرهنگ سازی و مشارکت مردمی جوامع محلی در منطقه، جلوگیری از شخم در اراضی پرشیب، تدوین و اجرای استانداردهای کیفیت آب، ارزیابی اثرات زیست محیطی پروژه ها، تحکیم قوانین زیست محیطی جهت حفاظت مؤثرتر منطقه، افزایش اعتبارات، تدوین و اجرای ضوابط و استانداردها، تجهیزات اطفای حریق، مشارکت جوامع محلی و سازمان های مردم نهاد در امر حفاظت، ساماندهی کاربری ها، تعادل دام و مرتع.

پاسخ به فشارها: مدیریت اصولی پسماند، مدیریت اصولی فاضلاب، تصفیه خانه های پیشرفته، استفاده از باطله های خمیری، فرآیند گیاه پالایی در اطراف محدوده سد باطله، محوطه سازی و توسعه فضای سبز اطراف معدن، کاهش مصرف سموم و دفع آفات، اجرای قانون جلوگیری از آلودگی هوا، تدوین و اجرای استانداردهای کیفیت آب، توسعه کشت محصولات کم آب بر، انجام کشاورزی ارگانیک، اصلاح قوانین و مقررات زیست محیطی، اجرای قانون حفظ کاربری اراضی، افزایش تعداد پاسگاه ها و تجهیزات، افزایش نیروهای استخدامی و محیط بانان، تقویت تجهیزات و امکانات رفاهی، ساماندهی چاه های غیر مجاز، برخورد قانونی با چاه های غیر مجاز و بهره برداری غیر مجاز از چاه های مجاز، اجرای قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست و قانون شکار و صید، برنامه ریزی جهت حفظ و احیای پوشش گیاهی بومی.

پاسخ به وضعیت ها: ارزیابی کمی و کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی، افزایش سطح مناطق حفاظت شده، ایجاد مرکز اطلاعات خشکسالی، استفاده از سیستم های نوین آبیاری و مدیریت صحیح آب، نصب ایستگاه های پایش، افزایش تعداد محیط بانان، تدوین و اجرای برنامه کل حفاظت گونه ها و زیستگاه ها، اجرای قانون حفاظت و بهسازی محیط زیست و قانون شکار و صید.

پاسخ به اثرات: مدیریت علمی و اصولی منطقه، انجام پروژه های احیای نسل شوکا، مرال و سیاه خروس در محدوده زیستگاه، افزایش تعداد محیط بانان و تجهیزات حفاظتی، اقدامات مؤثر در زمینه حفظ گونه های گیاهی و جانوری، اجرای صحیح قوانین و مقررات زیست محیطی، دوره های بازرسی و پایش.

۴- جمع‌بندی

منطقه رویشی ارسباران به‌عنوان تنها نمونه از اکوسیستم‌های ارسبارانی از دیدگاه فیتوگرافیک و به دلیل منحصربه‌فرد بودن آن از جهات متعدد در میان مناطق رویشی کشور از اهمیت خاصی برخوردار بوده و همچنین به لحاظ برخورداری از تنوع توپوگرافیک، کلیما، تنوع و نمای بیولوژیک تا حدود زیادی از سایر مناطق متمایز است. هدف این مطالعه ارزیابی آسیب‌پذیری منطقه حفاظت‌شده ارسباران در جهت توسعه پایدار است و به کاربران کمک می‌کند تا نتایج خود را به شکل قابل تفسیری ارائه کنند. نتایج این تحقیق نشان داد احداث راه‌های ارتباطی، شکار غیرمجاز، دامداری و دامپروری، تخریب و تغییر کاربری اراضی و جنگل‌زدایی از مهم‌ترین تهدیدهای منطقه حفاظت‌شده ارسباران بودند. در بخش ارزش‌های اکولوژیکی، پستانداران، پرندگان و گیاهان درختی و درختچه‌ای، در بخش ارزش‌های اقتصادی، دامداری و دامپروری و در بخش ارزش‌های اجتماعی قرار گرفتن تحت حملیت سازمان حفاظت محیط‌زیست یونسکو (MAB) و قرار گرفتن در اختیار برنامه انسان و زیست‌کره، بالاترین امتیازات را به خود اختصاص دادند. نتایج حاکی از آن است که در منطقه حفاظت‌شده ارسباران بیشترین اثرات تهدیدهای منطقه بر ارزش‌های اکولوژیکی از جمله از بین رفتن گیاهان درختچه‌ای و درختی، زیستگاه حیات‌وحش و کاهش تنوع زیستی و ارزش‌های فرهنگی شامل قرار گرفتن تحت حمایت سازمان حفاظت محیط‌زیست یونسکو و همچنین قرار گرفتن در اختیار برنامه انسان و زیست‌کره می‌باشند. تهدید جنگل‌زدایی و تخریب و تغییر کاربری زمین بر ارزش اقتصادی دامداری و دامپروری تأثیرگذار است. در خصوص ارزش‌های اجتماعی اثر ناشی از تخریب و تغییر کاربری اراضی و جنگل‌زدایی بیش‌ترین تأثیر را بر کاهش کارکردهای فرهنگی سایت به جهت تحت حمایت بودن منطقه توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست یونسکو (MAB) و قرار گرفتن در اختیار برنامه انسان و زیست‌کره، می‌گذارند. از لحاظ آسیب‌پذیری، تخریب و تغییر کاربری اراضی، جنگل‌زدایی و دامداری و دامپروری بیشترین آسیب را به منطقه وارد می‌کنند.

به‌طورکلی استفاده از روش DPSIR در پژوهش‌های انجام‌گرفته، نشان می‌دهد این مدل، روشی انعطاف‌پذیر و مقرون‌به‌صرفه و ابزاری مناسب جهت مطالعات مختلف به‌منظور بررسی‌های بیشتر محسوب می‌شود و در مواجهه با تصمیمات مدیریتی پیچیده، کارآمد و مفید است.

جهت مطالعات آتی پیشنهاد می‌گردد برای حل مسائل محیط‌زیستی در ایران، محققان سعی کنند تا با استفاده از مدل DPSIR اطلاعات لازم را در اختیار سیاست‌گذاران قرار دهند تا در آینده با سیاست‌ها و برنامه‌های کارآمدتری مواجه شویم.

کتابنامه

- باهری، بیتا؛ دشتی، سولماز. ۱۴۰۱. ارزیابی آسیب‌پذیری پارک ملی گلستان در جهت توسعه پایدار با استفاده از مدل DPSIR. نشریه محیط‌زیست طبیعی. شماره ۱، ۲۲-۳۷. <https://10.22059/jne.2022.333125.2323>.
- بهرامی‌نژاد، میثم، رایگانی، بهزاد، نظامی بلوچی، باقر، و جهانی، علی. (۱۳۹۷). ارائه سیستم هشدار اولیه، برای تأمین امنیت اکولوژیکی مناطق حفاظت شده (مطالعه موردی: منطقه حفاظت شده درمیان، شرق ایران). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۷(۲۶)، ۷۵-۹۴. <https://sid.ir/paper/226727/fa>.
- جهانی شکیب، فاطمه؛ ملک محمدی، بهرام؛ یوسفی، الهام؛ عالی پور، مهدی؛ ۲۰۱۷. تدوین راهبردهای مدیریتی به‌کمک روش نوین ارزیابی آسیب‌پذیری اکوسیستم‌های تالابی (مطالعه نمونه: تالاب چغاخور). *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*. شماره ۱۹، ۳۷-۹۱. <https://10.22034/JEST.2017.11339>.
- خطیبی، عطیه؛ دلنه کار، افشین؛ پورابراهیم، شراره؛ وحید، مجید؛ ۱۳۹۳. معرفی مدل DPSIR و قابلیت کاربرد آن در تصمیم‌گیری‌های محیط‌زیستی. *انسان و محیط‌زیست*. شماره ۱۳، ۷۹-۶۵.
- https://he.srbiau.ac.ir/article_8959_bb9010bc043fcb0825a5baa9669a8cd3.pdf.
- درویشی، آصف؛ فاخران، سیما؛ سفیانیان، علی رضا؛ قربانی، مهدی؛ ۱۳۹۳. بازسازی تغییرات و پویایی کاربری‌ها و پوشش اراضی در ذخیره‌گاه زیست‌کره ارسباران. *محیط‌زیست طبیعی*. شماره ۴، ۵۷۲-۵۵۹.
- <https://10.22059/JNE.2015.56929>.
- دنیا دوست چلان، مریم؛ عباسی، مهرداد؛ رضایی، سعید؛ ۱۳۸۸. گزارشی از قارچ‌های مولد زنگ در منطقه حفاظت‌شده ارسباران. *شمال غرب ایران، رستنی‌ها*. شماره ۱۰، ۱۹۲-۱۷۸.
- https://rostaniha.areeo.ac.ir/article_101520_67c37f1431f070374f76e96c933fc810.pdf.
- رحیمی بلوچی، لیلا؛ ملک محمدی، بهرام؛ ۱۳۹۲. ارزیابی آسیب‌پذیری اکوسیستم‌های تالابی براساس ارزش‌های بوم‌شناختی و هیدرولوژیکی آن‌ها. *فصلنامه علوم محیطی*. شماره ۱۱، ۶۶-۵۵.
- https://envs.sbu.ac.ir/article_95132_7ed8723ce1202cd638865ef1c0329aa8.pdf.
- رضایی بنفشه، مجید؛ رستمی زاده، هاشم؛ فیضی زاده، بختیار؛ ۱۳۸۶. بررسی و ارزیابی روند تغییر سطوح جنگل با استفاده از سنجش دور و GIS. *پژوهش‌های جغرافیایی*. شماره ۶۲، ۱۵۹-۱۴۳.
- <https://www.noormags.ir/view/fa/articlepage/358170>.
- زبردست، لعبت، جعفری، حمیدرضا، باده یان، ضیالالدین، و عاشق معلا، مریم. (۱۳۸۹). ارزیابی روند تغییرات پوشش اراضی منطقه حفاظت شده ارسباران در فاصله زمانی ۲۰۰۲، ۲۰۰۶ و ۲۰۰۸ میلادی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. *پژوهش‌های محیط‌زیست*، ۱(۱)، ۲۳-۳۳. <https://sid.ir/paper/192340/fa>.
- زیناب، علی اسماعیلی؛ ۱۳۹۳. ارزیابی منطقه حفاظت‌شده ارسباران با استفاده از فرصت‌ها، تهدیدها، ضعف‌ها و قوت‌ها (SWOT). *فصلنامه مدیریت و برنامه‌ریزی محیط‌زیست*. شماره ۱۳، ۶۲-۵۳. <https://magiran.com/p1469435>.

ساسانی‌فر، سمیرا؛ علیجانپور، احمد؛ بانج شفیعی، عباس؛ اسحاقی راد، جواد؛ مولایی، مرتضی؛ ۱۳۹۷. تأثیر مدیریت مبتنی بر حفاظت بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک جنگل‌های ارسباران. *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*. شماره ۱، ۱۱۷-۱۰۴.

<https://10.22092/IJFPR.2018.116145>

سعیدی، سپیده؛ میرکریمی، سیدحامد؛ ۱۳۹۳. سنجش عملکرد: ضرورتی برای مدیریت پایدار مناطق تحت حفاظت. *حفاظت و بهره‌برداری از منابع طبیعی*. شماره ۲، ۷۱-۹۰.

https://ejang.gau.ac.ir/article_1857_9ad476fca115ba83b5e1fbeb84df0a6a.pdf.

صالح، ایرج؛ مولایی، مرتضی؛ ۱۳۸۶. ارزیابی اقتصادی کاربری‌های حوزه کلیبرجای - ارسباران. *مجموعه مقالات همایش طرح ملی ارزش اقتصادی منابع*. شماره ۴، ۱-۲۰.

طالبی، منیژه؛ مجنونیان، باریس؛ مخدوم، مجید؛ عبدی، احسان؛ امید، محمود؛ ۱۳۹۹. طبقه‌بندی عرصه‌های جنگلی حفاظت شده برای طراحی شبکه جاده (مطالعه موردی: منطقه رویشی ارسباران). *بوم‌شناسی جنگل‌های ایران*. شماره ۱۶، ۱۲۴-۱۱۵.

<https://www.sid.ir/fa/journal/SearchPaper.aspx?journal=8457&subject=&writer=23840&year=1399&PDF=Y&Filter=>

فریادی، شهرزاد، سپهر، حسین، و رضانی، مجید. (۱۳۹۲). تعیین آسیب‌پذیری بوم شناختی مجموعه حفاظت شده توران با ترکیب روش‌های ماتریس آثار متقابل، فرایند تحلیل سلسله مراتبی و فرایند تحلیل توسعه‌ای. *محیط شناسی*، ۳۹ (۴) (پیاپی ۶۸)، ۴۵-۵۴. <https://sid.ir/paper/2959/fa>

قبادی، مرتضی؛ احمدی پری، معصومه؛ صالحی، اسماعیل؛ ۱۳۹۴. ارزیابی و پهنه‌بندی ریسک سیلاب سکونتگاه‌های انسانی در راستای توسعه پایدار با بهره‌گیری از Fuzzy AHP در محیط GIS و مدل DPSIR (مطالعه موردی: منطقه آبدلی). *فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست*. شماره ۱۸، ۳۵۱-۶۳.

https://jest.srbiau.ac.ir/article_9837_9fc4caa25b22da673d2120f9fcffe0ae.pdf.

قنبری، ابوالفضل؛ پاشانژاد سیلاب، احسان؛ ۱۳۹۷. تحلیل فضایی آسیب‌پذیری محیطی در منطقه کرانه شرقی دریاچه ارومیه. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. شماره ۵، ۴۰-۲۳. <https://jsaeh.khu.ac.ir/article-1-2635-fa.pdf>

قنبری، سجاد؛ نعمتی، ذبیح اله؛ ۱۳۹۷. بررسی مطلوبیت مکانی و ارزیابی اقتصادی زنبورداری در منطقه ارسباران و مشکلات پرورش دهندگان زنبورعسل. *علوم دامی (پژوهش و سازندگی)*. شماره ۳۱، ۹۲-۸۳. <https://10.22092/ASJ.2017.116339.1573>

گنجعلی، سعید؛ حاجی زاده، احمد؛ قاسمی، حمید؛ حسینی قمی، میرمحسن؛ غنی پور، داود؛ بهزادیان، شهریار؛ ۱۳۹۳. بررسی تغییرات تراکم جمعیت کل و بز (*Capra aegagrus*) در سه حوزه سرشماری منطقه حفاظت‌شده ارسباران. *فصلنامه محیط‌زیست جانوری*. شماره ۷، ۲۸-۲۱.

http://www.aejournal.ir/article_11932_2486f1c9b3eefe73c5330850802371b9.pdf.

مبارکی، امید؛ اسلامی، مهدی؛ ۱۳۹۳. شناسایی و تحلیل قابلیت‌های توریسم منطقه ارسباران. *جغرافیا و آمایش شهری*. شماره ۱۷، ۱۴۸-۱۳۱. <https://10.22111/GAIJ.2016.2275>

مولایی، مرتضی، یزدانی، سعید، و شرزه ای، غلامعلی. (۱۳۸۸). برآورد ارزش حفاظتی اکوسیستم جنگلی ارسباران با استفاده از روش ارزش گذاری مشروط. *اقتصاد کشاورزی (اقتصاد و کشاورزی)*، ۳(۲)، ۳۷-۶۴.

<https://sid.ir/paper/124509/fa>.

- Abman, R., 1999. Rule of law and avoided deforestation from protected areas, *Ecological Economics*, 146: 89-282, <https://10.1016/j.ecolecon.2017.11.004>
- Adger, W N., Brooks, N., Bentham, G., Agnew, M., Eriksen, S., Adger, W., Brooks, N.N., Kelly, M., Bentham, G., 2004. New indicators of vulnerability and adaptive capacity, 89: 34-75, <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=6ff42b2e526e40f7d1a82db8cfa8057b4ca7355c>.
- Aretano, R., Semeraro, T., Petrosillo, I., De Marco, A., Pasimeni, M R., Zurlini, G., 2015. Mapping ecological vulnerability to fire for effective conservation management of natural protected areas, *Ecological Modelling*, 295: 75-163, <https://10.1016/j.ecolmodel.2014.09.017>
- Carlson, M., Browne, D., Callaghan, C., 2019. Application of land-use simulation to protected area selection for efficient avoidance of biodiversity loss in Canada's western boreal region, *Land Use Policy*, 82: 21-31, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.01.015>.
- De Lange, HJ., Sala, S., Vighi, M., Faber, JH., 2010. Ecological vulnerability in risk assessment—A review and perspectives, *Science of the total environment*, 408: 79-3871, <https://10.1016/j.scitotenv.2009.11.009>
- Leverington, F., Hockings, M., Costa, K.L., 1989. Management effectiveness evaluation in protected areas: Report for the project Global study into management effectiveness evaluation of protected areas, The University of Queensland, Gatton, 54: 89-103, <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2010-092.pdf>.
- Li, A., Wang, A., Liang, S., Zhou, W., 2006. Eco-environmental vulnerability evaluation in mountainous region using remote sensing and GIS—A case study in the upper reaches of Minjiang River, China, *Ecological Modelling*, 192: 87-175, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11676-007-0019-7>.
- Li, X., Lao, C., Liu, Y., Liu, X., Chen, Y., Li, S., Ai, B., He, Z., 2013. Early warning of illegal development for protected areas by integrating cellular automata with neural networks, *Journal of Environmental Management*, 130, 16-106, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.08.055>.
- Lima, E., Ranieri, V., 2018. Land use planning around protected areas: Case studies in four state parks in the Atlantic forest region of southeastern Brazil, *Land Use Policy*, 71: 58-453, <https://10.1016/j.landusepol.2017.12.020>.
- Semeraro, T., Mastroleo, G., Aretano, R., Facchinetti, G., Zurlini, G., Petrosillo, I., 2016. GIS Fuzzy Expert System for the assessment of ecosystems vulnerability to fire in managing Mediterranean natural protected areas, *Journal of Environmental Management*, 168: 94-103, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.053>.
- Tverijonaite, E., Ólafsdóttir, R., Thorsteinsson, T., 2018. Accessibility of protected areas and visitor behaviour: A case study from Iceland, *Journal of outdoor recreation and tourism*, 24: 1-10, <https://doi.org/10.1016/j.jort.2018.09.001>.
- Van Dam, RA., Mapalo, A., Peiying, L., Finlayson, CM., Watkins, D., 2002. Vulnerability assessment of two major wetlands in the Asia-Pacific region to climate change and sea level rise¹, *Research Institute*: 150: 138-196, <https://www.agriculture.gov.au/sites/default/files/documents/ssr166.pdf#page=156>.

Vergilio, M., Fonseca, C., Calado, H., Borges, P., Elias, R., Gabriel, R., Martins, A., Azevedo, E., Cardoso, P., 2016. Assessing the efficiency of protected areas to represent biodiversity: a small island case study, *Environmental Conservation*, 43: 49-337, [https://doi.org/ 10.1017/S037689291600014X](https://doi.org/10.1017/S037689291600014X).



Analysis of the Trust Network among the Forest and Pasture Users of Ghaleh Shahin Watershed in Sarpol Zahab Township (Case Study: Naghareh Koub Village)

Somayeh Shahbazi ^a, Ali Asghar Mirakzadeh ^{b*}, Farhanaz Rostami Ghobadi ^c

^a PhD Candidate in Agricultural Extension and Education, Razi University, Kermanshah, Iran

^{b*} Associate Professor in Agricultural Extension and Education, Razi University, Kermanshah, Iran

^c Associate Professor in Agricultural Extension and Education, Razi University, Kermanshah, Iran

Received: 24 December 2022

Revised: 4 March 2023

Accepted: 16 March 2023

Abstract

This study analyzed the trust network among the forest and pasture users of Naghareh Koub village in Ghaleh Shahin watershed of Sarpol Zahab Township. Parallel mixed method was used for this study. The statistical population was forest and pasture users of Naghareh Koub village, Ghaleh Shahin watershed, Sarpol Zahab Township (534 people), who were randomly selected according to Karjesi and Morgan's table (223 people). Then, using the whole network approach and the snowball technique, 39 users were selected. Structured interviews and network analysis questionnaire were used for collecting the data. The indices of density, size, transmission, ambidexterity, centrality and concepts of intersection points and structural holes were studied. The data were analyzed using UCINET and NetDraw, and SPSS software. The results showed that the level of trust among local users was an average level, and among the types of trust, communication trust and procedural trust were more than other types of trust, and the lowest type of trust was dispositional trust. In the trust network with low density, the stability of the network (reciprocity) is average and fewer people are connected through intermediaries (weak transmission); therefore, the balance of the network is weak and information circulation in the network is medium to low. The results confirmed the high percentage of concentration in internal links compared to external links. Therefore, it is necessary to effectively manage conflicts in this area by forming a balanced and stable network of trust and considering key actors.

Keywords: Trust, Social Capital, Natural Resources, Conflict Management, Social Network Analysis

*. Corresponding author: Ali Asghar Mirakzadeh Email: Mirakzadeh@Razi.ac.ir Tel: +989126994511

How to cite this Article: Shahbazi, S., Mirakzadeh, A. A., & Rostami, F. (2024). Analysis of the trust network among forest and pasture users of Ghaleh Shahin watershed in Sarpol Zahab Township (Case study: Naghareh Koub village). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 53-77.

DOI: 10.22067/geoh.2023.80769.1329



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۷۷-۵۳

مقاله پژوهشی

تحلیل شبکه اعتماد در بین بهره‌برداران جنگل و مرتع حوزه آبخیز قلعه شاهین شهرستان سرپل ذهاب (مورد مطالعه: روستای نقاره کوب)

سمیه شهبازی- دانشجوی دکتری ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

 علی اصغر میرک زاده^۱- دانشیار ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

فرحناز رستمی قبادی- دانشیار ترویج و آموزش کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۱۳ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۲/۲۵

چکیده

پژوهش حاضر، به تحلیل شبکه اعتماد بین بهره‌برداران محلی جنگل و مرتع روستای نقاره کوب در حوزه آبخیز قلعه شاهین شهرستان سرپل ذهاب پرداخته است. نوع پژوهش آمیخته موازی است. جامعه آماری بهره‌برداران جنگل و مرتع روستای نقاره کوب حوزه آبخیز قلعه شاهین شهرستان سرپل ذهاب ($N=534$) نفر) بودند که طبق جدول کرجسی و مورگان $n=223$ نفر به صورت تصادفی، انتخاب شدند. سپس با رویکرد شبکه‌ای کل و با استفاده از تکنیک گلوله برفی ۳۹ نفر از بهره‌برداران مورد مطالعه قرار گرفتند. ابزار گردآوری داده‌ها مصاحبه ساختارمند تا رسیدن به اشباع داده و پرسشنامه تحلیل شبکه‌ای بود. شاخص‌های تراکم، اندازه، انتقال‌یافتگی، دوسویگی، مرکزیت و مفاهیم نقاط برشی و حفره‌های ساختاری مورد مطالعه و یافته‌های این تحقیق با کمک نرم‌افزار UCINET و NetDraw و SPSS مورد تحلیل قرار گرفتند. یافته‌ها نشان می‌دهد میزان اعتماد بین بهره‌برداران محلی در سطح متوسط ارزیابی شد و در بین انواع اعتماد، اعتماد ارتباطی و اعتماد رویه‌ای بیشتر از دیگر انواع اعتماد بود و کمترین نوع اعتماد، اعتماد

Email :Mirakzadeh@razi.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۶۹۹۴۵۱۱

نحوه ارجاع به این مقاله:

شهبازی، سمیه، میرک زاده، علی اصغر، رستمی، فرحناز. (۱۴۰۲). تحلیل شبکه اعتماد در بین بهره‌برداران جنگل و مرتع حوزه آبخیز قلعه شاهین شهرستان سرپل ذهاب (مورد مطالعه: روستای نقاره کوب). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۲(۴). صص ۷۷-۵۳

گرایشی بود. در شبکه اعتماد با تراکم پایین، پایداری شبکه (دوسویگی) متوسط بوده و افراد کمتری از طریق واسطه‌ها با هم در ارتباط هستند (انتقال‌یافتگی ضعیف) از این رو تعادل شبکه ضعیف بوده و سرعت گردش اطلاعات در شبکه متوسط تا پایین است. نتایج تحقیق، مؤید درصد بالای تمرکز در پیوندهای درونی نسبت به پیوندهای بیرونی است؛ بنابراین، الزامی است با تشکیل یک شبکه متعادل و پایدار اعتماد و در نظر گرفتن کنشگران کلیدی، بتوان به مدیریت مؤثر تضادها در این حوزه پرداخت.

واژه‌های کلیدی: اعتماد، سرمایه اجتماعی، منابع طبیعی، مدیریت تضاد، تحلیل شبکه اجتماعی.

۱- مقدمه

امروزه مشکل اصلی بسیاری از برنامه‌های حوزه منابع طبیعی که با رویکرد مشارکتی به اجرا درمی‌آیند، ناشی از بی‌اعتمادی بین ذینفعان است (جمال و استرونزا^۱، ۲۰۰۹). بی‌اعتمادی، منجر به عدم مشارکت، مخالفت فعال یا خرابکاری می‌شود (استرن، ۲۰۰۸؛ استرن و بیرد^۲، ۲۰۱۵). اعتماد به عنوان یک وضعیت روانی تعریف می‌شود که در آن یک کنشگر بر اساس انتظار مثبت از طرف مقابل، نوعی آسیب‌پذیری را می‌پذیرد (استرن و کلمن^۳، ۲۰۱۴). اعتماد، مرکزی برای ایجاد و نگهداری شبکه‌های حاکمیت منابع است (تومن و همکاران^۴، ۲۰۲۱). از سوی دیگر، بی‌اعتمادی، منجر به عدم مشارکت، مخالفت فعال یا خرابکاری می‌شود (استرن، ۲۰۰۸؛ استرن و بیرد، ۲۰۱۵). بی‌اعتمادی، مانع برقراری ارتباط و کاهش تمایل طرفین برای به اشتراک گذاشتن اطلاعات و مشارکت در حل مسائل در وضعیت تضاد می‌شود (ادریسو و همکاران^۵، ۲۰۱۳). شواهد بسیاری مبنی بر کاهش اعتماد اجتماعی در تمامی ابعاد و در روابط کنشگران در تمامی سطوح در ایران وجود دارد. بعضی از کارشناسان به وجود فرهنگ‌های متفاوت و چند پارگی فرهنگی و اجتماعی اشاره کرده‌اند و آن را در ایجاد بدگمانی و ناباوری نسبت به دیگران مؤثر قلمداد می‌کنند (عسگری و شرافت، ۱۳۹۲). مقولاتی مانند سرمایه اجتماعی در جوامعی مانند ایران و از جمله در شهر کرمانشاه که دارای تنوع قومی، زبانی و فرهنگی است و در گیرودار بین سنت و مدرنیته، تمایلات و ارزش‌های سنتی به شدت در آن‌ها رواج دارد، پیچیده‌تر است (کریمی و همکاران، ۱۳۹۹). نتایج مطالعه میدانی کریمی و همکاران (۱۳۹۹) حاکی از آن است که تعامل برون گروهی، اعتماد و مشارکت سازمان یافته و همیارانه در کرمانشاه پایین بوده و حتی نگران کننده است. موج بی‌اعتمادی در حوزه منابع طبیعی کشور به صورت حادثری نمایان گردیده، به طوری که بر اساس نظر کارشناسان ریشه بسیاری از مشکلات و تخریب‌های منابع طبیعی را باید در کاهش سرمایه اجتماعی جوامع محلی و به خصوص بی‌اعتمادی یا کمبود اعتماد جستجو کرد. بی‌اعتمادی نسبت به پروژه‌های دولتی و ارگان‌های دولتی، بی‌اعتمادی نسبت به همدیگر مصداق بارز این موضوع است. همین مسئله سبب شکل‌گیری

1 Jamal & Stronza

2 Stern and Baird

3 Stern and Coleman

4 Toman et al

5 Idrissou et al

بسیاری از تضادها و تخریب‌ها در مدیریت منابع طبیعی گردیده است و محتمل‌ترین راه‌حل جهت جلوگیری از تخریب هر چه بیشتر منابع طبیعی، مدیریت تضاد منابع طبیعی است. این امر بخصوص در کشورهای در حال توسعه از اهمیت بیشتری برخوردار است. چراکه در این کشورها، کمیت و کیفیت منابع طبیعی به میزان بیشتری کاهش یافته است (فائو^۱، ۲۰۱۱) در کشورهایی که مناظر کوهستانی دارند، بین اکوسیستم‌های کوهستانی و وابستگی اعضای جامعه به آن ارتباط وجود دارد. فشار بر کوه‌ها مشکلات حفاظتی را ایجاد می‌کند که نیازمند تدوین و اجرای سیاست‌های قاطع است که می‌تواند حفاظت و مدیریت مناظر کوهستانی را بهبود ببخشد (پین و همکاران^۲، ۲۰۲۰). بر اساس آخرین اطلاعات از سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، سرانه جنگل در کشور ۰/۱۷ هکتار است؛ در حالی که سرانه جهانی جنگل ۰/۶۲ هکتار است. مقایسه این آمار ضرورت توجه به حفظ، احیاء و توسعه جنگل‌های کشور را نشان می‌دهد (سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، ۱۳۹۹). در سال‌های اخیر، افول مراتع و از بین رفتن پوشش گیاهی در استان کرمانشاه، زمینه‌ساز خشکی هوا، جریان پیدا کردن سیلاب‌ها و آب‌های سطحی بیشتر و در نتیجه بحرانی شدن شرایط محیطی منطقه هم به لحاظ اقتصادی برای روستائیان، هم به لحاظ مرتعی و پوشش گیاهان شده است که عدم توجه به این مشکلات، زمینه را برای بحرانی‌تر شدن شرایط فراهم می‌کند (برقی و همکاران، ۱۳۹۸).

شهرستان سرپل ذهاب با مساحت جنگل و مرتع ۵۹۵۸۷/۴۶ هکتار، بیشترین آمار تشکیل پرونده حقوقی و کیفری (۳۳۵ فقره طی ۵ سال)، مساحت آتش‌سوزی (۷۰ هکتار) و تخریب و تصرف (۱۴۴ هکتار) را دارا بوده از این رو، از وضعیت حادثه‌تری نسبت به دیگر شهرستان‌های استان کرمانشاه برخوردار است. این مسئله ضرورت پرداختن و ورود به مدیریت منابع طبیعی و تقویت سرمایه اجتماعی و هم‌افزایی جهت مدیریت منابع طبیعی در شهرستان سرپل ذهاب را ایجاب کرد.

بر اساس آنچه گفته شد، امروزه بیش از گذشته منابع طبیعی تحت فشار است و این فشار اغلب ریشه در رفتار افراد دارد (گور^۳، ۲۰۱۱). کمبود اعتماد اغلب ویژگی تضاد منابع طبیعی است (دلی پریسکلی^۴، ۲۰۰۹).

امروزه با توجه به روند تشدید تخریب و تصرف جنگل‌ها چاره‌ای جز حمایت و حفاظت از جنگل‌ها نداریم و اگر روند تخریب ادامه پیدا کند در آینده شاهد نابودی بشر خواهیم بود، چراکه حیات بشر به حیات منابع طبیعی وابسته است. همان‌طور که قبلاً نیز بدان اشاره گردید عامل اصلی تخریب رفتار بشر در برخورد با منابع طبیعی است و این خود انسان‌ها نیز هستند که می‌توانند این منبع حیاتی را از تخریب دور سازند. همواره در زمینه استفاده از منابع طبیعی تضادهایی بین بهره‌برداران منابع طبیعی به وجود می‌آید که مدیریت این گونه تضادها می‌تواند به حل بحران تخریب منابع طبیعی کمک نماید. جهت حل این گونه تضادها داشتن سرمایه اجتماعی و اعتماد به یکدیگر کلید حل

1 FAO: Food and Agriculture Organization

2 Payne et al

3 Gore

4 Delli Priscoli

بحران است. تقویت و افزایش سرمایه اجتماعی، مدیریت مشارکتی مرتع و برنامه‌ریزی برای توسعه را تسهیل و دخالت دادن مرتع‌داران را در امور مرتع‌داری به‌همراه دارد (عوض‌پور و همکاران، ۱۳۹۶ و کوچسکامپر و همکاران^۱، ۲۰۲۱). هر چه تعداد شبکه‌های اجتماعی در جامعه‌ای بالاتر باشد احتمال مشارکت اعضا بیشتر خواهد بود چراکه ارتباطات تسهیل می‌شود؛ بنابراین وجود شبکه‌های اجتماعی مشارکتی یکی از اشکال مورد نیاز و ضروری در مقوله سرمایه اجتماعی است (عوض‌پور و همکاران، ۱۳۹۵ و مالمبورگ و همکاران^۲، ۲۰۲۱). اعتمادی که در این مطالعه مورد ارزیابی قرار می‌گیرد اعتماد بین بهره‌برداران محلی جنگل و مرتع در قالب سیستم همکاری آنان در بخش منابع طبیعی است. شناخت الگوهای مختلف ارتباطی به‌عنوان ویژگی‌های شبکه ساختاری می‌تواند در نهایت منجر به نتیجه‌گیری در مورد تأثیر آن‌ها در افزایش انتقال دانش، بسیج منابع و ایجاد هماهنگی (نیویگ و همکاران^۳، ۲۰۱۰).

ازاین‌رو، پژوهش حاضر به مطالعه شبکه اعتماد بین بهره‌برداران محلی جنگل و مرتع حوزه آبخیز قلعه شاهین شهرستان سرپل ذهاب پرداخته است. یک روش سیستماتیک برای اندازه‌گیری و تحلیل روابط در یک شبکه، تحلیل شبکه‌های اجتماعی (SNA)^۴ است که امکان مطالعه ارتباط متقابل کنشگران مختلف در فرآیندهای اجتماعی را فراهم می‌کند (هیرشی^۵، ۲۰۱۰). نتایج این مطالعه برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان کرمانشاه مفید است، چراکه اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری با در اختیار داشتن این نتایج می‌تواند در زمینه مدیریت بهینه تضادها بر مبنای اعتماد بین بهره‌برداران و در نتیجه حمایت و حفاظت از جنگل‌ها و مراتع تحت پوشش موفقیت‌های بیشتری کسب نمایند. توجه به مفهوم اعتماد در مدیریت از دهه ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ شروع شد و در طول چند دهه گذشته از زوایا و رویکردهای مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است (پناهی، ۱۳۸۷). وجود تعاریف و مفهوم‌سازی‌های متعدد از اعتماد، از لحاظ نظری و تجربی، ماهیت اعتماد را بحث‌برانگیز نموده است. از منظر ایکانون^۶ (۲۰۱۳)، اعتماد به‌عنوان چسب اجتماعی تعریف شده که اعضای سازمان را به یکدیگر متصل می‌کند و با القای همکاری و احساسات مثبت برای پیشرفت و عملکرد موفقیت‌آمیز تیم‌ها حیاتی است.

استرن و کلمن (۲۰۱۴)، چهار نوع اعتماد کاملاً متمایز از هم، که به مدیریت منابع طبیعی ربط دارند را ارائه کردند:

اعتماد گرایشی^۷، اعتماد منطقی^۸، اعتماد نزدیک^۹ و اعتماد مبتنی بر سیستم‌ها^{۱۰}.

اعتماد گرایشی براساس گرایش افراد به اعتماد یا عدم‌اعتماد به موقعیت موردنظر است. این تمایلات معمولاً از سوابق زندگی شخص، شخصیت ذاتی یا شنیده‌های کلی درباره یک موقعیت خاص قبل از مداخله و درگیری در آن

1 Kochskämper et al

2 Malmborg et al

3 Newig et al

4 Social Network Analysis

5 Hirschi

6 Ikonen

7 dispositional

8 Rational

9 Affinitive

10 Systems-based

موقعیت، نشأت می گیرد. در محیط هدیریت منابع طبیعی، اعتماد گرایشی در سمت پایین طیف برای بیشتر مشارکت کنندگان قرار دارد چون مشارکت و مداخله آن‌ها معمولاً مبتنی بر این نگرانی است که شاید نتایج موردنظر آن‌ها با روش‌های دیگر محقق نشوند (اسمیت و همکاران^۱، ۲۰۱۳).

اعتماد منطقی براساس ارزیابی اعتمادکنندگان از پیامد و نتیجه اقدامات احتمالی افرادی است که به آن‌ها اعتماد کرده‌اند. اگر پیش‌بینی‌های افراد اعتمادکننده درباره این پیامدها مثبت باشد، سطح اعتماد منطقی بسیار بالا خواهد بود. در این حالت، اعتماد منطقی عموماً براساس عملکرد مؤثر قبلی افرادی که به آن‌ها اعتماد شده، و عملکرد مشخص آن‌ها در ایجاد یک پیامد و نتیجه خاص تعیین می‌شود.

اعتماد نزدیک ضرورتاً شامل پیش‌بینی‌های صریح درباره پیامد خاص یک رفتار نیست بلکه مبتنی بر نزدیکی به فردی است که به صورت بالقوه به او اعتماد شده است. ممکن است اعتماد نزدیک از طریق احساسات و ارتباطات اجتماعی، تجربیات مثبت و مشترک، ادراک هویت مشترک یا فرضیه شباهت ارزش‌های مهم به وجود آید (استرن و بیرد، ۲۰۱۵)؛ بنابراین، اعتماد نزدیک معمولاً از طریق ایجاد روابط معنی‌دار شخصی به وجود می‌آید. ویژگی متمایزکننده اعتماد منطقی و اعتماد نزدیک این است که اعتماد منطقی براساس ارزیابی و محاسبه پیامد پیش‌بینی شده است اما اعتماد نزدیک مبتنی بر نزدیکی به فردی است که به او اعتماد شده است (استرن و بیرد، ۲۰۱۵).

اعتماد مبتنی بر سیستم‌ها شامل اعتماد به یک سیستم یا مجموعه‌ای از رویه‌ها یا قواعد است، نه اعتماد به یک فرد یا سازمان. در محیط مدیریت منابع طبیعی، اعتماد مبتنی بر سیستم‌ها زمانی ایجاد می‌شود که تمام بازیگران دخیل، رویه‌ها را قانونی و مشروع بدانند. به عبارت دیگر، تمام مشارکت‌کنندگان معتقد باشند که رویه‌ها منصفانه هستند (استرن و بیرد، ۲۰۱۵).

در بررسی مطالعات داخلی و خارجی که طی سال‌های اخیر در زمینه تحلیل شبکه اجتماعی صورت گرفته می‌توان به تحقیقاتی که در ادامه مطرح شده است، اشاره کرد:

قربانی و همکاران (۱۳۹۳)، در بررسی مدیریت منابع طبیعی در مقیاس محلی، سرهلیه اجتماعی و قدرت اجتماعی در شبکه ذی‌نفعان محلی سامان عرفی کجین‌دشت - منطقه کلاته رودبار دامغان، بیان کردند که میزان انسجام اجتماعی در شبکه روابط در حد متوسط است، لذا سرمایه اجتماعی همچنین در حد متوسط ارزیابی می‌شود و کنشگران اصلی می‌توانند بازوی اجرای مدیریت پایدار منابع طبیعی باشند.

محمدی کنگرانی و همکاران (۱۳۹۴)، در ترسیم و تحلیل شبکه اعتماد میان مشاغل بخش گردشگری با استفاده از رویکرد تحلیل شبکه‌ای روستای طبل در جزیره قشم، دریافتند که استفاده از افرادی که در شبکه از مقادیر بالای مرکزیت برخوردار هستند، می‌تواند در زمینه افزایش اعتماد و همکاری بین شاغلین بخش طبیعت‌گردی مؤثر باشد.

عوض پور و همکاران (۱۳۹۷)، در تحلیل خصوصیات ساختاری سرمایه اجتماعی بهره‌برداران در راستای استقرار مدیریت مشارکتی مرتع سامان عرفی نردین شهرستان میامی استان سمنان، نشان دادند میزان سرمایه اجتماعی در بین بهره‌برداران در حد متوسط است. پایداری روابط و تعادل شبکه ضعیف بوده و پیوندهای اعتماد و مشارکت در بین افراد در حد مطلوبی نهاده شده است و سرعت‌پایین گردش پیوند اعتماد و مشارکت و عدم اتحاد در بین بهره‌برداران از دیگر چالش‌های مهم در سامان‌دهی مدیریت مشارکتی مرتع در این منطقه است.

وزیریان و همکاران (۱۳۹۸)، در ارزیابی ساختاری روابط و تحلیل شبکه اجتماعی جوامع محلی در راستای مدیریت مشارکتی مناطق خشک شهرستان سبزوار، استان خراسان رضوی اظهار کردند که براساس نتایج میزان تراکم در چهار پیوند موردبررسی، در روستای آریان بیش از سایر روستاها بوده که نشان‌دهنده انسجام اجتماعی بیشتر در این روستا است. همچنین نتایج میزان شاخص دوسویگی و انتقال‌پذیری در پیوندهای موردبررسی نشان‌دهنده تعادل، توازن و پایداری بیشتر شبکه در روستای آریان نسبت به سایر روستاها بوده، در نتیجه سرمایه اجتماعی در این روستا بیشتر است. نتایج میانگین فاصله ژئودزیک نیز بیانگر مطلوب‌ترین فاصله ژئودزیک در بین کشاورزان در روستای آریان است. افزایش انسجام، یگانگی و اتحاد در این روستاها، موجب افزایش سرعت گردش و تبادل اطلاعات و همچنین افزایش سرمایه اجتماعی در آن‌ها خواهد گردید و هماهنگی و دسترسی افراد به یکدیگر با صرف هزینه و زمان کمتری موفق خواهد بود؛ بنابراین تقویت اعتماد و مشارکت اجتماعی جهت افزایش سرهمی اجتماعی و توانمندسازی جوامع محلی به‌عنوان یک ضرورت جهت مدیریت مشارکتی موفق در این مناطق الزامی است.

مطالعه اسلامی و همکاران (۱۳۹۸) در تحلیل شبکه اجتماعی از مدیریت مشارکتی و سرمایه اجتماعی در میان بهره‌برداران دام استان یزد نشان داد که شبکه ضعیف مشارکت در روابط بین گروهی بهره‌برداران دام تحت تأثیر حفره‌های ساختاری متعدد است. ارزیابی شاخص‌های مختلف از جمله تراکم در شبکه مشارکت در حد ضعیف به دست آمد که مبین انسجام اجتماعی ضعیف و کاهش میزان تاب‌آوری بهره‌برداران دام در مواجهه با تنش‌های محیطی است. تحلیل شاخص دوسویگی پیوند نیز نشان‌دهنده همکاری‌های متقابل ضعیف و پایداری پایین شبکه است. تحلیل شاخص‌های مذکور در جامعه بهره‌برداران دام نشان داد که ساختار روابط این جامعه از یک بی‌نظمی اجتماعی رنج می‌برد. تمرکز بالای کنشگران مرکزی در پیوندهای درونی نسبت به پیوندهای بیرونی عاملی است که مانع از شکل‌گیری روابط واسطه‌ای در سطح کلان شبکه شده است.

در مطالعه استرن و بیرد^۱ (۲۰۱۵) تحت عنوان "اکولوژی اعتماد و تاب‌آوری مؤسسات مدیریت منابع طبیعی" چهار نوع اعتماد؛ اعتمادگرایشی، منطقی، نزدیک و مبتنی بر سیستم‌ها شرح داده شد که عملکردهای مختلفی در شبکه پیچیده انسانی و سازمانی‌هایی که در مدیریت و تصمیم‌گیری منابع طبیعی نقش داشته، به عهده دارند. نویسندگان این مطالعه معتقدند، تنوع اعتماد باعث تقویت ظرفیت سازگاری و انطباق مؤسسات مدیریت منابع انسانی در راستای

1 Stern and Baird.

پاسخ دادن به اختلالات به عنوان فرصت‌های یادگیری می‌شود و تضاد سازنده، بحث، تأمل و یادگیری چندحلقه‌ای را تقویت می‌کند. اگرچه اختلالاتی که باعث از بین رفتن اعتماد می‌شوند اختلالات آسیب‌رسانی هستند اما تنوع زیاد اعتماد می‌تواند این تأثیرات منفی را خنثی کند. در نتیجه، تنوع اعتماد و افزونگی می‌تواند از سیستم در زمان بازیابی اعتماد از دست رفته یا آسیب‌دیده حفاظت کند.

کلمن^۱ (۲۰۱۶) در رساله خود تحت عنوان "نقش اعتماد در مدیریت مشارکتی منابع طبیعی" با بررسی چهار پروژه احیای جنگل کاری مشارکتی ایالت متحده، نشان داد، اعتماد رویه‌ای با محافظت از ذینفعان مختلف در برابر رفتار غیرقابل اعتماد، اعتماد را ایجاد می‌کند. به گونه‌ای که اعتماد رویه‌ای سایر اشکال اعتماد را در فعالیت‌های مشارکتی توسعه می‌دهد. به گونه‌ای که اگر اعتماد منطقی و پیوند جویانه در ابتدای مشارکت بین ذینفعان کم باشد، حضور رویه‌های محکم مانند قوانین، پروتکل‌های تصمیم‌گیری و سایر رویه‌های مربوط به فرآیند، رفتار قابل اعتماد را ارتقا می‌بخشد.

کلمن با ارائه سه نوع اعتماد، رویه‌ای (مبتنی بر سیستم)، منطقی و نزدیک (پیوند جویانه) در پروژه‌های مشارکتی جنگل، اذعان می‌کند که داشتن فرم‌های قوی از هر سه نوع اعتماد، افزونگی لازم را برای جلوگیری از شکست‌های احتمالی اعتماد ایجاد می‌کند و در نتیجه همکاری‌های انعطاف‌پذیر و موفق را حفظ می‌کند. همچنین مطالعه کلمن^۲ (۲۰۱۶) به نقش تسهیل‌گران اشاره کرد و اذعان داشت که تسهیل‌گران هرکدام با اجرا و ارتقاء قوانین عادلانه و شفاف، به اعتماد رویه کمک می‌کنند و در صورت کم بودن سطح اعتماد منطقی، رویه‌ای و نزدیک (پیوند جویانه)، وجود تسهیلگر در جامعه مناسب خواهد بود.

دیویس و همکاران^۲ (۲۰۱۸)، در مطالعه‌ای تحت عنوان "ایجاد و شکستن اعتماد در گروه‌های مشارکتی جنگل" با بررسی سه گروه از ذینفعان پروژه‌های مشارکتی در ایالات متحده نشان دادند که ویژگی‌هایی مانند وجود قوانین، تسهیل فرایندها، سفرهای میدانی و همچنین تعاملات غیررسمی، می‌تواند فضای امنی را ایجاد کند که در آن به یکدیگر اعتماد کنند. همچنین بر اساس اظهارات مصاحبه‌شوندگان نشان دادند که چنانچه فضای امنی بر اساس قوانین و تسهیل فرایندها شکل بگیرد، اعتماد رابطه‌ای و توافق حاصل می‌شود که این امر باعث ایجاد اعتماد رویه‌ای می‌شود. به عقیده نویسندگان این مطالعه، اعتماد رابطه‌ای و اعتماد رویه‌ای در یک فرایند پویا به هم پیوند خورده‌اند و بسیاری از شرکت‌کنندگان ترجیح می‌دهند با گروهی همکاری کنند که این دو نوع اعتماد را داشته باشند. مقایسه گروه‌های مشارکتی مورد مطالعه نشان داد، در یک گروه، از نظر تاریخی اعتماد بالایی بین اعضا وجود دارد، اما وجود افراد تازه‌وارد و خارج از گروه آن‌ها، که به روند همکاری اعتقادی نداشتند، منجر به شکست اعتماد رابطه‌ای (پیوند جویانه) شد. مشارکت‌کنندگان گروه دیگر نیز عمدتاً به روند مؤسسات محیط‌زیست اعتمادی نداشتند و کمبود اعتماد رویه‌ای وجود داشت.

1 Coleman

2 Davis et al

شروترو و همکاران^۱ (۲۰۱۸) در پژوهشی با عنوان آنالیز شبکه‌های اجتماعی به‌عنوان ابزاری برای حمایت از طرح‌های مشارکتی و فرایند پرداخت برای خدمات اکوسیستم در آلمان بیان کردند که شبکه‌های اجتماعی نقش مهمی را در مدیریت‌های مشارکتی ایفا می‌کنند. همچنین، با تولید دانش در طی یک فرآیند مشارکتی، این فرایندها را شفاف ساخته و به تعادل بین علاقه‌ها و ارزش‌های کنشگران کمک می‌کند.

پینونن و همکاران^۲ (۲۰۱۹)، در پژوهشی با عنوان ناپیوستگی‌های دانش فنی و اجتماعی در مدیریت چندمنظوره جنگل‌های خصوصی در فنلاند به این نتیجه رسیدند که نقاط ناپیوستگی زیادی در جریان دانش در بین ذینفعان محلی و سازمان‌های مرتبط وجود دارد. این ناپیوستگی‌ها را می‌توان با ترسیم شبکه‌های اجتماعی شناسایی و برنامه‌ریزی صحیح در مورد آن اتخاذ کرد.

استوتنر و ذوبهین^۳ (۲۰۱۹)، در پژوهشی با عنوان شبکه‌های اجتماعی صاحبان جنگل‌های خصوصی در ایرلند به این نتیجه رسیدند که با تشکیل شبکه‌های اجتماعی در بین صاحبان جنگل‌های خصوصی زمینه برای مدیریت مشارکتی و برنامه‌ریزی صحیح فراهم خواهد شد. همچنین با این شرایط، سلامت چرخه تولید خدمات اکوسیستم را شاهد خواهیم بود.

لوسوگا و نوپناو^۴ (۲۰۲۰) در مطالعه‌ای تحت عنوان "گونه شناسی کاربران جنگل و پیامدهای مدیریت جنگل در غرب اوسامبارا تانزانیا" نشان دادند که سن، آموزش و مالکیت دام روندهای صعودی در بهره‌برداری از جنگل را محدود می‌کند. همچنین برای بهبود مدیریت جنگل در غرب اوسامبارا در تانزانیا، نسخه‌های مدیریتی مختلفی برای پاسخ به تنوع کاربران جنگل (در کنار گونه‌شناسی) مورد نیاز است. این مطالعه توصیه می‌کند که برای گونه‌های مختلف کاربران، انگیزه‌هایی برای مشارکت از طریق تغییر باورها (از طریق افزایش اعتماد یا آموزش) و رفتارها (مانند رفتارهای حفاظتی و گزارش فعالیت‌های غیرقانونی) ایجاد شود. این مطالعه توصیه می‌کند که برای بهبود مدیریت جنگل، سرمایه‌گذاری در فعالیت‌های آموزشی از طریق عوامل ترویج دولتی یا غیردولتی به‌ویژه برای اعضای جوان‌تر جامعه می‌تواند در زمینه مدیریت منابع طبیعی، مؤثر واقع شود.

مویر و همکاران^۵ (۲۰۲۳) در مطالعه‌ای تحت عنوان "مقایسه تهدیدات و فرصت‌های روابط مبتنی بر اعتماد در علم و مدیریت منابع طبیعی پس از همه‌گیری کووید-۱۹" نشان دادند که تعامل مجازی در طول همه‌گیری کووید-۱۹ برای حفظ روابط تثبیت شده مؤثر بود. با این حال، تعامل حضوری مؤثرتر از تعامل مجازی برای ایجاد و حفظ اعتماد است. علیرغم برخی کاستی‌ها، تعامل مجازی یا از راه دور فرصت‌هایی مانند: ۱- مراقبت و پرورش روابط بلندمدت به‌خوبی تثبیت شده. ۲- نگهداری اعتماد کوتاه‌مدت (۱-۳ سال). ۳- ارتباطات تکمیلی؛ ۴- انتشار دانش

1 Schroter et al

2 Pynnonen et al

3 Stoettner and Dhubhain

4 Luswaga & Nuppenau

5 Muir et al

توسط تولیدکننده و ۵-تنوع، برابری و شمول را ارائه می‌دهد؛ اما روابط مبتنی بر اعتماد پیش از همه‌گیری که پایه‌ای برای مدیریت مشارکتی، چندملیتی و منابع بود، در معرض تهدید قرار می‌گیرد.

پژوهشگر برای طراحی سؤالات پرسشنامه و بررسی شاخص‌های تحلیل شبکه اجتماعی از تمام منابع مورد مطالعه استفاده کرده که متغیرها و سازه‌های مورد بررسی پژوهش در **جدول زیر** خلاصه شده است.

جدول ۱- خلاصه شاخص‌ها و متغیرهای پژوهش

ردیف	متغیر	ارجاع
۱	اعتماد رویه‌ای	دیویس و همکاران (۲۰۱۸)، کلمن (۲۰۱۶)، استرن و بیرد (۲۰۱۵)، استرن و کلمن (۲۰۱۴)
۲	اعتماد گرایشی	استرن و بیرد (۲۰۱۵)، استرن و کلمن (۲۰۱۴)
۳	اعتماد منطقی	کلمن (۲۰۱۶)، استرن و بیرد (۲۰۱۵)، استرن و کلمن (۲۰۱۴)
۴	اعتماد نزدیک (ارتباطی)	دیویس و همکاران (۲۰۱۸)، کلمن (۲۰۱۶)، استرن و بیرد (۲۰۱۵)، استرن و کلمن (۲۰۱۴)
۵	تراکم و دوسوییگی	اسلامی و همکاران (۱۳۹۸)، وزیریان و همکاران (۱۳۹۸)، عوض‌پور و همکاران (۱۳۹۷)
۶	انتقال‌یافتگی، میانگین فاصله ژئودزیک	وزیریان و همکاران (۱۳۹۸)، عوض‌پور و همکاران (۱۳۹۷)
۷	شاخص تمرکز (مرکزیت درونی، بیرونی و بردار ویژه)	محمدی کنگرانی و همکاران (۱۳۹۴)، اسلامی و همکاران (۱۳۹۸)، قربانی و همکاران (۱۳۹۳)
۸	نقاط قطع و بلوک‌ها	پینون و همکاران (۲۰۱۹)، اسلامی و همکاران (۱۳۹۸)

۲- مواد و روش

۲-۱- مرز اجتماعی - اکولوژیک مورد مطالعه

حوزه آبخیز قلعه شاهین با مساحتی معادل ۱۶۱۲۳/۵۰ هکتار در جنوب شرقی شهرستان سرپل ذهاب و غرب استان کرمانشاه واقع شده است. این حوزه در مختصات جغرافیایی $45^{\circ} 51' 14''$ تا $46^{\circ} 05' 21''$ طول شرقی و 30° تا $34^{\circ} 27' 46''$ عرض شمالی و در ارتفاع متوسط ۹۸۴/۱۴ متری از سطح دریا قرار گرفته است. حدود چهارگانه این حوزه به این صورت است که از شمال به حوزه آبخیز پاتاق، از جنوب به محدوده‌های گلین و محدوده رودخانه دیره، از غرب به حوزه سد زاگرس و از شرق به شهر سرپل ذهاب محدود می‌شود.

۲-۲- روش تحقیق

پارادایم تحقیق، آمیخته موازی، با توجه به هدف از نوع تحقیقات کاربردی است و از لحاظ گردآوری داده‌ها توصیفی - تحلیلی است. ابزار تحقیق پرسشنامه محقق ساخته بر اساس مبانی نظری تحقیق، بود. در گام اول پژوهش، جهت بررسی وضعیت اعتماد در جامعه مورد مطالعه، انواع اعتماد که بر اساس مبانی نظری تحقیق استخراج شده بود

بررسی شد. اعتماد گرایشی (۸ گویه)، اعتماد منطقی (۷ گویه)، اعتماد رویه‌ای (۸ گویه) و اعتماد نزدیک (ارتباطی) (۷ گویه) طبق طیف لیکرت (کاملاً مخالفم=۱ تا کاملاً موافقم=۵) سنجیده شد. جهت تحلیل انواع اعتماد و اعتماد کل از آمار توصیفی (میانگین، انحراف معیار) استفاده شد.

جامعه مورد مطالعه بهره‌برداران جنگل و مرتع روستای نقاره کوب حوزه آبخیز قلعه شاهین شهرستان سرپل ذهاب بود که با جمعیت $N=534$ براساس جدول مورگان و نمونه‌گیری تصادفی ساده، $n=223$ نفر مورد مطالعه قرار گرفتند. جهت تعیین روایی محتوایی پرسشنامه از نظر متخصصان منابع طبیعی و اعضای هیئت علمی گروه ترویج و آموزش کشاورزی و جهت پایایی پرسشنامه از آلفای کرونباخ استفاده شد که مقدار آلفای کرونباخ بالاتر از ۰/۷ ارزیابی شد و از مقدار مطلوبی برخوردار بود.

در گام بعد جهت بررسی ساختار شبکه اعتماد بین بهره‌برداران از رویکرد تحلیل شبکه‌های اجتماعی بهره گرفته شد. در واقع در تحلیل شبکه‌های اجتماعی، شاخص‌های مختلفی از وضعیت شبکه اعتماد که از مبانی نظری و مطالعات پیشین تحقیق استخراج شده (جدول ۱) سنجیده خواهد شد و شبکه اعتماد از نظر تراکم و پایداری، تعادل و شکنندگی شبکه، سرعت گردش اطلاعات در شبکه، مشخص شدن افراد کلیدی و حفره‌های ساختاری بررسی خواهد شد. بدین منظور جهت بررسی شبکه اعتماد در بین بهره‌برداران، ابتدا طی مصاحبه و نظرخواهی از کارشناسان اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان سرپل ذهاب، روستای نقاره کوب جهت بررسی تحلیل شبکه اعتماد انتخاب شد. دلیل این انتخاب این است که روستای نقاره کوب، بیشترین سطح جنگل و مرتع (۳۱۳۰ هکتار) و بیشترین تعداد دامدار (۹۰ نفر) را دارا بوده و از طرفی با اداره منابع طبیعی بر سر تغییر کاربری اراضی ملی به اراضی زراعی بیشترین درگیری را داشتند. همچنین این روستا دارای سه سامان عرفی؛ به نام‌های تنگ پیرحسین، کوشک نرمان، تنگ شهباز است که از قدیم تا کنون درگیری بر سر این سه سامان عرفی بین بهره‌برداران روستای نقاره کوب وجود داشته است. همچنین طرح مرتعداری نقاره کوب در سال ۱۳۸۲ در مراتع محدوده روستای نقاره کوب انجام شده که در این طرح فعالیت‌هایی از قبیل؛ کپه کاری در سطح ۱۰۰۰ هکتار، اجرای سیستم چرای تأخیری در سطح ۴۳۶۰ هکتار، نصب آبشخور ۱۴ دستگاه، ترمیم و بهسازی چشمه ۶ دهانه به اجرا درآمده است.

در گام بعد، با مراجعه به دهیار روستای نقاره کوب، از وی پرسیده شد که در صورت بروز اختلاف و درگیری در حوزه منابع طبیعی به کدام یک از بهره‌برداران جهت حل اختلاف و درگیری‌ها اعتماد داشته و مراجعه می‌کنید و دلیل خود را توضیح دهید. با معرفی عده‌ای از افراد به عنوان معتمد، در مرحله بعد سراغ فرد دیگری رفته و با طرح سؤال مذکور، داده‌های ارتباطی از کلیه بهره‌برداران تهیه شد. در واقع با استفاده از روش گلوله برفی، سایر افراد جدید معرفی شدند. این روش، غالباً موجب شناخت و حلقه اتصال به افراد مهم دیگر است و منجر به معرفی بهره‌برداران کلیدی در بحث حل تضاد مراتع و جنگل‌ها می‌شود. در مجموع می‌توان گفت که شیوه نمونه‌گیری با رویکرد شبکه‌ای کل و با استفاده از تکنیک گلوله برفی بود و بر این اساس تمامی بهره‌برداران (۳۹ نفر) مورد مطالعه قرار گرفتند. ابزار گردآوری

داده مصاحبه ساختارمند تا رسیدن به اشباع داده و پرسشنامه تحلیل شبکه‌ای بود. جهت تجزیه و تحلیل مصاحبه‌ها از تحلیل محتوا عرفی همچنین برای تجزیه و تحلیل داده‌های کمی از نرم‌افزارهای NetDraw, SPSS, Excell، UCINET استفاده شد. جهت پایایی رویکرد تحلیل شبکه بعد از پایان یافتن تجزیه و تحلیل داده‌ها، به افراد مطلع نسبت به موضوع، نتایج ارائه شد که صحت نتایج به دست آمده مشخص شد (سعادت نیا، ۱۳۹۵).

۳- نتایج و بحث

۳-۱- میانگین انواع اعتماد در بین بهره‌برداران جنگل و مرتع

بر اساس یافته‌های حاصل از پژوهش اعتماد نزدیک (۳/۶۶) و رویه‌ای (۳/۳۴) در بین بهره‌برداران مشهودتر از دیگر انواع اعتماد بود و کمترین نوع اعتماد مربوط به اعتماد گرایشی (۳/۰۹) بود. در مجموع می‌توان اذعان داشت که اعتماد کل بین بهره‌برداران محلی در سطح متوسطی (۳/۳۸) ارزیابی شد (جدول ۲).

جدول ۲- میانگین انواع اعتماد

نوع اعتماد	میانگین	انحراف معیار
گرایشی	۳/۰۹	۰/۴۰
رویه‌ای	۳/۳۴	۰/۵۷
منطقی	۳/۱۶	۰/۶۱
نزدیک	۳/۶۶	۰/۶۸
اعتماد کل	۳/۳۸	۰/۴۶

منبع: برگرفته از یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱.

۳-۲- بررسی میزان اعتماد بین بهره‌برداران محلی

نتایج پژوهش در خصوص سطوح اعتماد بین بهره‌برداران نشان داد که میزان اعتماد بین بهره‌برداران محلی جنگل و مرتع در سطح متوسطی (۵۵/۸) ارزیابی شد (جدول ۳).

جدول ۳- سطوح اعتماد بین بهره‌برداران محلی

سطح اعتماد	فراوانی	درصد فراوانی
کم	۷۹	۳۵/۶
متوسط	۱۲۵	۵۵/۸
زیاد	۱۹	۸/۶
جمع	۲۲۳	۱۰۰

منبع: برگرفته از یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱.

۳-۳- شاخص اندازه، تراکم، انتقال یافتگی، میانگین فاصله ژئودزیک و دوسویگی در شبکه اعتماد

در شاخص اندازه شبکه که تعداد پیوندهای موجود را نشان می‌دهد از کل پیوندهای ممکن (۱۴۸۲ پیوند) در سطح کل شبکه اعتماد تنها ۴۸۰ پیوند برقرار گردیده است که حدوداً نزدیک به یک سوم پیوندهای موردانتظار محقق گردیده است. شاخص تراکم در سطح شبکه اعتماد بهره‌برداران جنگل و مرتع روستای نقاره کوب نیز برابر ۳۲/۴ درصد به دست آمد که در سطح ضعیف برآورد می‌گردد.

شاخص دوسویگی شاخص دیگری است که مورد تحلیل قرار گرفت. شاخص دوسویگی نشان دهنده میزان پایداری شبکه است، می‌توان از آن برای میزان مشارکت متقابل بهره‌برداران استفاده کرد. هرچه مقدار این شاخص بالاتر باشد، ظرفیت سازگاری سیستم اجتماعی در برابر تغییرات محیطی و تنش‌ها نیز بیشتر است. مقدار این شاخص در پیوند اعتماد برابر ۴۳/۹ درصد به دست آمد که نشان‌دهنده پایداری شبکه در حد متوسط است.

شاخص دیگر، میزان انتقال یافتگی پیوندهای اعتماد است. در واقع میزان انتقال یافتگی در شبکه نشان می‌دهد که افراد بیشتری از طریق واسطه‌ها با هم در ارتباط هستند و شبکه متعادل‌تر و متوازن‌تر است و در نهایت میزان شکنندگی شبکه کمتر بوده و شبکه در مقابل تنش‌ها و تضادهای اجتماعی پایدارتر و مقاوم‌تر خواهد بود. میزان این شاخص در شبکه اعتماد روستای نقاره کوب ضعیف و نامناسب (۲۰/۷۱ درصد) است. از این‌رو الزامی است تا با تشکیل یک شبکه متعادل و پایدار بتوان مدیریت تضاد و حفاظت بهتری از عرصه‌های مرتعی و جنگلی به عمل آورد (جدول ۴). دسترسی به اطلاعات با شاخص شبکه‌ای میانگین فاصله ژئودزیک قابل بررسی است. شاخص میانگین فاصله ژئودزیک نشان‌دهنده میانگین کوتاه‌ترین فاصله بین دو کنشگر است که شاخصی مربوط به دسترسی اطلاعات و منابع میان کنشگران است. شاخص میانگین فاصله ژئودزیک در این پژوهش، ۱/۹۰ بوده که نشان دهنده سرعت متوسط تا پایین گردش اطلاعات در شبکه است (جدول ۴).

جدول ۴- میزان شاخص‌های اندازه، تراکم، انتقال یافتگی، میانگین فاصله ژئودزیک و دوسویگی در شبکه اعتماد

دوسویگی (درصد)	تراکم (درصد)	انتقال یافتگی	میانگین فاصله ژئودزیک (درصد)	تعداد پیوندهای ممکن	اندازه شبکه	مرز اکولوژیک
۴۳/۹	۳۲/۴	۲۰/۷۱	۱/۹۰	۱۴۸۲	۴۸۰	روستای نقاره کوب

منبع: برگرفته از یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱.

۳-۴- شاخص تمرکز در شبکه اعتماد

نتایج به دست آمده از این شاخص که در جدول شماره ۵ نشان داده شده است مؤید درصد بالای تمرکز در پیوندهای درونی نسبت به پیوندهای بیرونی است. در واقع تمرکز براساس پیوندهای درونی بالاتر از حد متوسط و در سطح بالایی (۶۹/۳۹ درصد) است اما تمرکز بر اساس پیوندهای بیرونی پایین‌تر از حد متوسط (۴۲/۳۸) است. این

بدان معنا است که بر اساس پیوند درونی، اعتماد در شبکه تقریباً دارای ساختار ستاره‌ای شکل است و وابسته به کنشگران محدود مرکزی در شبکه است. در مورد پیوندهای بیرونی برعکس آن صادق است. پراکنش اعتماد می‌تواند توسط افرادی بیشتری در شبکه انجام پذیرد و وابستگی کمتری به حضور کنشگران با مرکزیت بالا در شبکه دارد. مقدار شاخص بردار ویژه با نتایج حاصل از سایر شاخص‌های مرکزیت هم‌پوشانی داشته و نتایج مشابهی را گزارش می‌دهد. در پژوهش حاضر، تمرکز شاخص بردار ویژه در شبکه اعتماد، $۵۴/۷۷$ درصد برآورد شد که مقدار بالایی بوده و نشان دهنده این است که نفوذ و قدرت در جامعه بهره‌برداران محلی محدود به افراد خاصی بوده و نفوذ و قدرت به‌طور یکسان و یکنواخت بین افراد توزیع نشده است.

جدول ۵- میزان شاخص‌های مرکزیت براساس پیوندهای درونی، بیرونی و بردار ویژه در شبکه اعتماد

مرکز شبکه بر اساس پیوندهای درونی (درصد)	تمرکز شبکه بر اساس پیوندهای بیرونی (درصد)	مرکزیت بردار ویژه	نوع پیوند	مرزاکولوژیک
۶۹/۳۹	۴۲/۳۸	۵۴/۷۷	اعتماد	روستای نقاره کوب

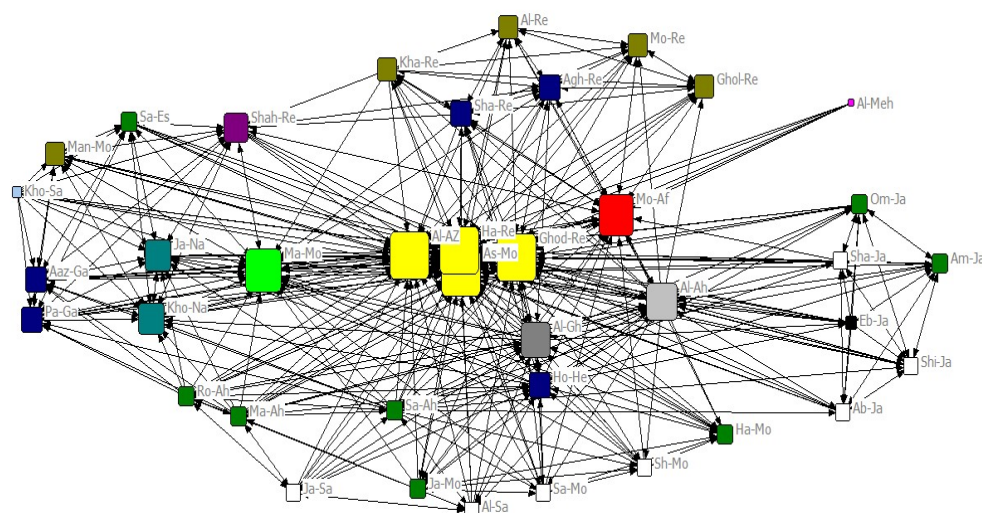
منبع: برگرفته از یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱.

۳-۵- تحلیل دیداری ساختار شبکه اعتماد بهره‌برداران محلی

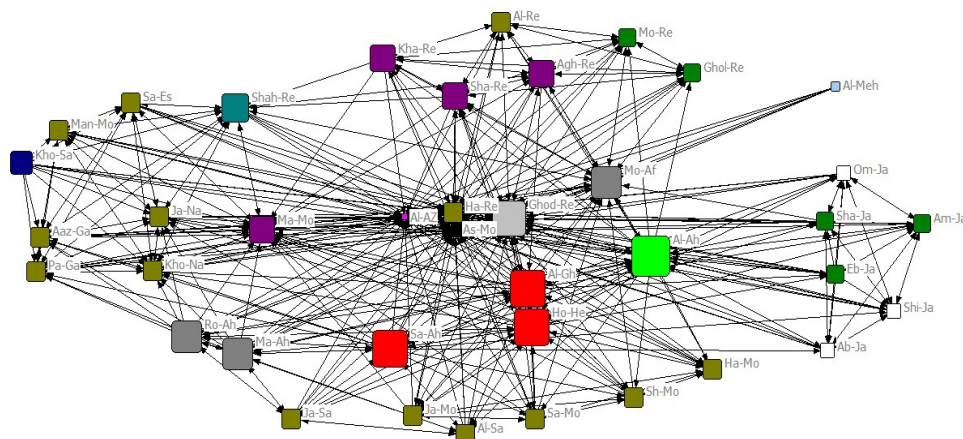
ترسیم شبکه اعتماد امکان تحلیل دیداری آن را فراهم می‌آورد. شکل شماره ۱، نمایش شبکه اعتماد براساس شاخص مرکزیت درجه ورودی را نشان می‌دهد. مربع‌های رنگی، افراد مختلف شبکه را نشان می‌دهد. مربع‌های با اندازه‌های مختلف میزان تمرکز درجه درونی هر فرد را نشان می‌دهد که اندازه بزرگ‌تر مربع نشان دهنده مرکزیت است. مربعات دارای رنگ یکسان در هر شبکه یعنی افراد دارای تمرکز درجه ورودی یکسان هستند و اعتماد برابری را از سایر افراد دریافت می‌کنند. در شکل زیر چهار نفر که با مربع زردرنگ مشخص شده‌اند دارای مرکزیت بوده و شهرت یکسانی در دریافت اعتماد از سوی بهره‌برداران موردمطالعه دارند. بهره‌برداران با اسامی اختصاری، Al-AZ (ریش سفید)، Gh-Re,As-Mo (شوراهای اسلامی)، و Ha-Re (دهیار) دارای بیشترین مرکزیت درجه ورودی (۱۰۰ درصد) بودند. به عبارتی بهره‌برداران نامبرده دارای شهرت و اقتدار بیشتری در شبکه اعتماد منطقه موردمطالعه هستند. از طرفی بهره‌بردار Al-Meh (۰/۰۰) و Kh-Sa (۲/۶۳) دارای کمترین میزان مرکزیت درجه ورودی بودند. به عبارتی این افراد دارای کمترین شهرت و اقتدار در شبکه اعتماد هستند (جدول ۶). در شکل ۲، شبکه اعتماد بر اساس شاخص مرکزیت درجه خروجی ارائه شده است. بهره‌برداران با اسامی اختصاری، به ترتیب دارای بیشترین مرکزیت درجه خروجی، Al-Ah (۷۳/۶۸)، Sa-Ah (۵۵/۲۶)، Al-Gh (۵۵/۲۶) و Ho-He (۵۵/۲۶) بودند. از این رو بهره‌بردار Al-Ah (۷۳/۶۸) دارای نفوذ اجتماعی بالاتری در پخش اعتماد است (جدول ۶). از طرفی بهره‌بردار Al-AZ با میزان درجه خروجی ۷/۸۹، کمترین مقدار را دارا بوده که این نتیجه گویای آن است که بهره‌بردار Al-AZ (ریش سفید)

بیشتر معتمد بوده (دریافت‌کننده اعتماد) اما اعتماد‌کننده خوبی نیست (زیرا درجه ورودی اعتماد بالایی و کمترین مقدار درجه خروجی اعتماد را دارد).

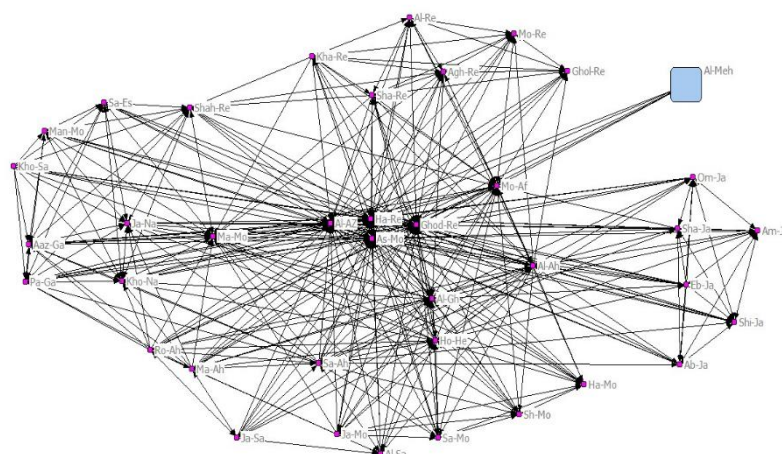
نقاط قطع و بلوک‌ها، در شکل ۳، ارائه گردیده است. در بعضی موارد افرادی در نقش واسطه، متصل‌کننده چند خوشه (بلوک) به یکدیگر شده‌اند. در شکل شماره ۳، تنها یک فرد با نقطه آبی‌رنگ متمایز شده است. بهره‌بردار Al-Meh دارای درجه ورودی (۰/۰۰) و درجه خروجی (۱۳/۱۵) است که این مهم، نشان از عدم دریافت اعتماد از سوی دیگر بهره‌برداران بوده اما خود فرد اعتماد بالایی به دیگران دارد. ضمناً با حذف این بهره‌بردار (Al-Meh) که با رنگ آبی مشخص است شبکه به دو یا چندین بلوک کوچک تقسیم خواهد شد. بنا بر اظهارات بهره‌برداران محلی، فرد مذکور، نماینده اداره منابع طبیعی (دیده‌بان) در روستای مورد مطالعه است؛ بنابراین، بهره‌بردار Al-Meh در شبکه اعتماد منطقه مورد مطالعه می‌تواند مبنای برنامه‌ریزی‌ها توسط سیاست‌گذاران اجتماعی در مدیریت تضاد منابع طبیعی قرار گیرد.



شکل ۱- موقعیت هندسی کنشگران در شبکه اعتماد براساس مرکزیت درجه ورودی.



شکل ۲- موقعیت هندسی کنشگران در شبکه اعتماد براساس مرکزیت درجه خروجی.



شکل ۳- نمایش نقاط قطع و بلوک‌ها در شبکهٔ اعتماد بهره بردان محلی (منبع: یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۱)

نقطه آبی رنگ، نقطه قطع بوده که در اتصال بین گروه‌های مختلف نقش مهم ایفا می‌کند و با حذف آن، شبکه به بلوک‌های مجزا تبدیل خواهد شد.

مقادیر شاخص‌های مرکزیت شبکه اعتماد بهره‌برداران محلی روستای نقاره کوب در جدول زیر قابل ملاحظه است (جدول ۶).

جدول ۶- میزان شاخص‌های مرکزیت براساس پیوندهای درونی، بیرونی بهره‌برداران در شبکه اعتماد منطقه مورد مطالعه.

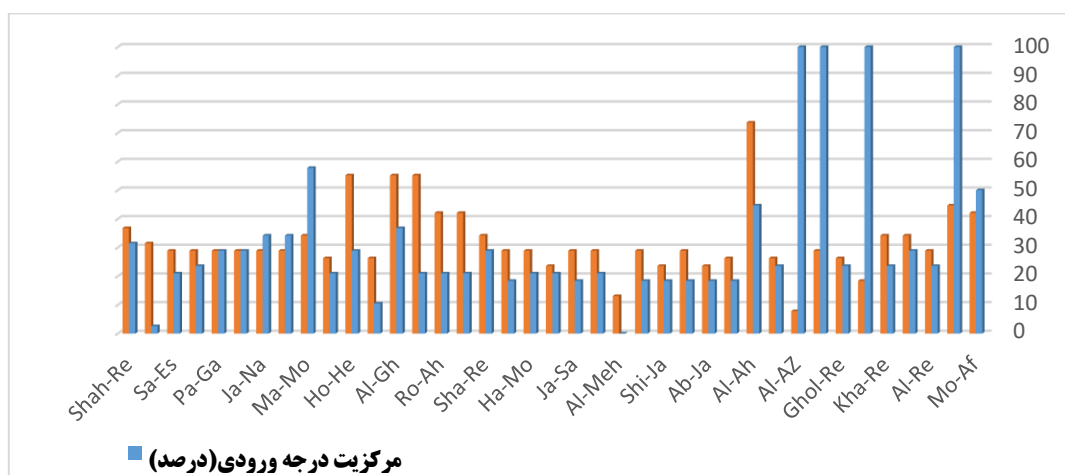
ردیف	نام اختصاری بهره‌برداران	مرکزیت درجه ورودی (درصد)	مرکزیت درجه خروجی (درصد)
۱	Mo-Af	۵۰/۰۰	۴۲/۱۰

ردیف	نام اختصاری بهره‌برداران	مرکزیت درجه ورودی (درصد)	مرکزیت درجه خروجی (درصد)
۲	Ghod-Re	۱۰۰/۰۰	۴۴/۷۳
۳	Al-Re	۲۳/۶۸	۲۸/۹۴
۴	Agh-Re	۲۸/۹۴	۳۴/۲۱
۵	Kha-Re	۲۳/۶۸	۳۴/۲۱
۶	As-Mo	۱۰۰/۰۰	۱۸/۴۲
۷	Ghol-Re	۲۳/۶۸	۲۶/۳۱
۸	Ha-Re	۱۰۰/۰۰	۲۸/۹۴
۹	Al-AZ	۱۰۰/۰۰	۷/۸۹
۱۰	Mo-Re	۲۳/۶۸	۲۶/۳۱
۱۱	Al-Ah	۴۴/۷۳	۷۳/۶۸
۱۲	Sha-Ja	۱۸/۴۲	۲۶/۳۱
۱۳	Ab-Ja	۱۸/۴۲	۲۳/۶۸
۱۴	Sh-Mo	۱۸/۴۲	۲۸/۹۴
۱۵	Shi-Ja	۱۸/۴۲	۲۳/۶۸
۱۶	Sa-Mo	۱۸/۴۲	۲۸/۹۴
۱۷	Al-Me	۰/۰۰	۱۳/۱۵
۱۸	Ja-Mo	۲۱/۰۵	۲۸/۹۴
۱۹	Ja-Sa	۱۸/۴۲	۲۸/۹۴
۲۰	Om-Ja	۲۱/۰۵	۲۳/۶۸
۲۱	Ha-Mo	۲۱/۰۵	۲۸/۹۴
۲۲	Al-Sa	۱۸/۴۲	۲۸/۹۴
۲۳	Sha-Re	۲۸/۹۴	۳۴/۲۱
۲۴	Ma-Ah	۲۱/۰۵	۴۲/۱۰
۲۵	Ro-Ah	۲۱/۰۵	۴۲/۱۰
۲۶	Sa-Ah	۲۱/۰۵	۵۵/۲۶
۲۷	Al-Gh	۳۶/۸۴	۵۵/۲۶
۲۸	Eb-Ja	۱۰/۵۲	۲۶/۳۱
۲۹	Ho-He	۲۸/۹۴	۵۵/۲۶
۳۰	Am-Ja	۲۱/۰۵	۲۶/۳۱

ردیف	نام اختصاری بهره‌برداران	مرکزیت درجه ورودی (درصد)	مرکزیت درجه خروجی (درصد)
۳۱	Ma-Mo	۵۷/۸۹	۳۴/۲۱
۳۲	Kho-Na	۳۴/۲۱	۲۸/۹۴
۳۳	Ja-Na	۳۴/۲۱	۲۸/۹۴
۳۴	Aaz-Ga	۲۸/۹۴	۲۸/۹۴
۳۵	Pa-Ga	۲۸/۹۴	۲۸/۹۴
۳۶	Man-Mo	۲۳/۶۸	۲۸/۹۴
۳۷	Sa-Es	۲۱/۰۵	۲۸/۹۴
۳۸	Kh-Sa	۲/۶۳	۳۱/۵۷
۳۹	Shah-Re	۳۱/۵۷	۳۷/۸۴

منبع: یافته‌های تحقیق (۱۴۰۱)

در راستای بررسی نقش بهره‌برداران مختلف در شبکه اعتماد منطقه مورد مطالعه، به مقایسه مقادیر درجه ورودی و خروجی آن‌ها پرداخته شد (شکل ۴).



شکل ۴- مقایسه مرکزیت درجه ورودی و خروجی در شبکه اعتماد منطقه مورد مطالعه.

با مقایسه شاخص‌های مرکزیت ورودی و خروجی می‌توان به این نتیجه دست یافت که کنشگران با مرکزیت درجه ورودی بالا، دهیار، شوراهای اسلامی روستا و بزرگان خاندان و فامیل بهره‌برداران بودند، این افراد عمدتاً مسن بودند. از طرفی، کنشگران با درجه خروجی بالا، عمدتاً جوانان روستایی بودند که جایگاه رسمی و غیررسمی در روستای مورد مطالعه نداشتند.

۴- جمع‌بندی

با توجه به اهمیت مدیریت مطلوب تضادهای منابع طبیعی، برپایه اعتماد، به‌عنوان کلیدی‌ترین عامل، پژوهش حاضر در ابتدا به بررسی انواع اعتماد و میزان اعتماد بین بهره‌برداران محلی پرداخت سپس جهت بررسی ساختار شبکه اعتماد بین بهره‌برداران از رویکرد تحلیل شبکه‌های اجتماعی بهره گرفته شد. در واقع تحلیل شبکه اعتماد، به مطالعه کمی روابط اعتماد مبتنی بر شاخص‌های تراکم، اندازه، دوسویگی، انتقال‌یافتگی، سرعت گردش اطلاعات در شبکه، تمرکز و همچنین به‌صورت تکمیلی تحلیل دیداری روابط و حفره‌های ساختاری برای ارزیابی ساختار اجتماعی بهره‌برداران محلی جنگل و مرتع روستای نقاره کوب در شهرستان سرپل ذهاب می‌پردازد.

بر اساس یافته‌های حاصل از پژوهش میزان اعتماد بین بهره‌برداران محلی جنگل و مرتع در سطح متوسطی ارزیابی شد و در بین انواع اعتماد، اعتماد نزدیک (ارتباطی) و اعتماد رویه‌ای در بین بهره‌برداران مشهودتر از دیگر انواع اعتماد بود و کمترین نوع اعتماد مربوط به اعتماد گرایشی بود. نتایج پژوهش حاضر با مطالعه کلمن (۲۰۱۶) که حضور رویه‌های محکم مانند قوانین، پروتکل‌های تصمیم‌گیری و سایر رویه‌های مربوط به فرآیند، سبب می‌شود رفتار قابل اعتماد ارتقا یابد، همخوانی دارد. همچنین نتیجه حاضر با مطالعه دیویس و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت ندارد. مطالعه دیویس و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد در یک گروه، وجود افراد تازه‌وارد و خارج از گروه، که به روند همکاری اعتقادی نداشتند، منجر به شکست اعتماد رابطه‌ای (نزدیک) شد اما مشارکت‌کنندگان گروه دیگر به روند مؤسسات محیط‌زیست اعتمادی نداشتند و کمبود اعتماد رویه‌ای وجود داشت. این در حالی است در مطالعه حاضر بهره‌برداران محلی از اعتماد نزدیک و رویه‌ای بالایی برخوردار بودند.

در واقع می‌توان بیان داشت که علت پایین بودن اعتماد گرایشی شاید به دلیل سوابق ذهنی بد بهره‌برداران از یک موقعیت و یا شنیده‌هایی از یک موقعیت از سوی دیگران و یا حتی به دلیل شخصیت ذاتی بهره‌برداران تمایل و گرایشی به اعتماد به دیگران در زمینه مدیریت منابع طبیعی نداشته باشند. از طرف دیگر می‌توان علت بالا بودن اعتماد نزدیک (ارتباطی) در جامعه مورد مطالعه را روابط فامیلی و قومی (اقوام سببی و نسبی) روستای نقاره کوب دانست که منجر به بالا بودن اعتماد نزدیک به دیگر انواع اعتماد شده است و احتمالاً، دلیل بالا بودن اعتماد رویه‌ای در این مطالعه، این است که قوانین و مراجع قضایی و قانونی از نظر بهره‌برداران محلی از مشروعیت خاصی برخوردار است. نتایج شاخص‌های به دست آمده در جدول شماره ۱، نشان‌دهنده کمبود مؤلفه اعتماد و به تبع آن کند شدن جریان مدیریت تضاد منابع طبیعی اشاره کرد که تحلیل کمی و دیداری و همچنین درجه پایین شاخص‌های به دست آمده مؤید این موضوع است.

در مورد شاخص تراکم می‌توان گفت که میزان پایین تراکم اعتماد بین افراد، نشان‌دهنده مشارکت پایین و در نتیجه انسجام اجتماعی ضعیف بین بهره‌برداران محلی در فرایند مدیریت تضاد منابع طبیعی می‌شود. پیشنهاد می‌شود جهت تقویت پیوند اعتماد و مشارکت در بین بهره‌برداران و توانمندسازی جوامع محلی، اقدام به ایجاد کانون‌های

محلی و تشکلی ها با هدف مدیریت سرمایه اجتماعی در منطقه شود. نتایج مطالعه حاضر مبنی بر پایین بودن مشارکت و انسجام اجتماعی با پژوهش عوض پور و همکاران (۱۳۹۷)، که بیانگر این است، پیوند اعتماد و مشارکت به صورت مطلوبی بین افراد نهادهینه نشده است، مطابقت دارد. همچنین مطالعه اسلامی و همکاران (۱۳۹۸) حاکی از آن بود در جامعه بهره برداران محلی مراتع استان یزد، ساختار روابط از یک بی نظمی اجتماعی رنج می برد و پایین بودن تراکم پیوند مشارکت سبب ضعف انسجام اجتماعی شده، همچنین ضعف در ساختار مشارکت نتوانسته است کنش های اجتماعی و حل مشکلات نیازمند اقدام جمعی را در بین بهره برداران مرتع استان یزد تسهیل کند. لذا این مسئله سبب شده که جامعه مورد مطالعه تاب آوری لازم در برخورد با تنش های محیطی نداشته باشد. از این رو نتایج مطالعه اسلامی و همکاران (۱۳۹۸) مبنی بر پایین بودن تراکم پیوند مشارکت و به تبع ضعف انسجام اجتماعی، با نتیجه پژوهش حاضر مطابقت دارد. این مهم در مطالعات دیگران نیز مطرح شده است به طوری که در مطالعه وزیریان و همکاران (۱۳۹۸) تقویت اعتماد و مشارکت اجتماعی جهت افزایش سرمایه اجتماعی و توانمندسازی جوامع محلی به عنوان یک ضرورت جهت مدیریت مشارکتی موفق در این مناطق مطرح گردیده است.

با توجه به وضعیت متوسط شاخص دوسویگی در شبکه اعتماد بهره برداران جنگل و مرتع روستای نقاره کوب، ضروری است تا با برنامه ریزی و سیاست گذاری مناسب در جهت افزایش پیوندهای دوسویه و متقابل، شبکه مشارکتی منسجم تری در بین بهره برداران محلی منطقه مورد مطالعه ایجاد شود و با قدرتمندتر کردن پیوندهای اعتماد متقابل بین جفت افراد، میزان دوسویگی و اعتماد دو طرفه بهره برداران را افزایش داد. همچنین در راستای توانمندسازی و حل اختلافات و تضادهای اجتماعی بین بهره برداران محلی، لازم است که با آسیب شناسی موضوع و تلاش در جهت رفع موانع برقراری اعتماد دو طرفه و بده بستان های اجتماعی، درصد شاخص دوسویگی را به حد مطلوب نزدیک کرد. در واقع با میانجی گری ریش سفیدان، دهیار و شوراهای اسلامی روستا که در مرکزیت هستند می توان اختلافات بین بهره برداران محلی و اختلاف بین مردم و اداره منابع طبیعی را در روستای نقاره کوب بهبود بخشید و تقابل بهره برداران با همدیگر و با اداره منابع طبیعی را به آشتی و همکاری تبدیل کرد.

همچنین، شاخص انتقال یافتگی و پایداری شبکه به صورت وضعیت ضعیف و کمتر از حد متوسط ارزیابی شد. این ضعف گویای کاهش اعتماد متقابل و بنابراین ناپایداری شبکه بهره برداران محلی در برابر تنش ها و تضادهای اجتماعی است. یکی از راهکارهای ریشه یابی مسئله، شناخت و برطرف کردن ضعف های جامعه، برگزاری جلسات مشورتی بهره برداران محلی و ارتباط مداوم سازمان های مسئول مدیریت منابع طبیعی به واسطه تسهیل گران اجتماعی است. از این رو الزامی است با ایجاد شبکه متعادل و پایدار میزان آسیب پذیری بهره برداران را در برابر تنش ها و تضادهای احتمالی کاهش داد.

همچنین، میزان میانگین فاصله ژئودزیک در حد متوسط تا پایین ارزیابی شد که نشان دهنده سرعت متوسط تا پایین گردش اطلاعات در شبکه است. با توجه به اهمیت سرعت و زمان هماهنگی ساختن بهره برداران در فرایند

مدیریت تضاد منابع طبیعی، تقویت پیوند اعتماد در راستای افزایش سرعت گردش این پیوند بین بهره‌برداران و در پی آن، افزایش اتحاد و کاهش زمان هماهنگی بهره‌برداران در جهت اجرای هر چه بهتر برنامه‌های موردنظر و تحقق مدیریت اجتماع‌محور بسیار اهمیت دارد. **عوض‌پور و همکاران (۱۳۹۷)**، نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند و سرعت‌پایین گردش اطلاعات را یکی از چالش‌های مدیریت مشارکتی مطرح کردند. همچنین، نتیجه حاضر با نتیجه تحقیق **وزیریان و همکاران (۱۳۹۸)** که معتقدند افزایش انسجام و اتحاد موجب افزایش سرعت گردش و تبادل اطلاعات و همچنین افزایش سرمایه اجتماعی در جامعه شده و هماهنگی و دسترسی افراد به یکدیگر با صرف هزینه و زمان کمتری خواهد بود، همسو است. همچنین با انجام اقدامات جمعی سستی و مذهبی می‌توان تعامل و گرایش مثبت در بین بهره‌برداران محلی را افزایش داد.

یکی از متداول‌ترین مسائل قبل از اجرایی کردن برنامه‌های اجتماع‌محور مدیریت منابع طبیعی، شناخت و تعیین کنشگران دارای قدرت اجتماعی است. این افراد که رهبران محلی هستند در حل تضادهای اجتماعی بین بهره‌برداران محلی منابع طبیعی یک ابزار مدیریتی به حساب می‌آیند و در مدیریت تضاد منابع طبیعی می‌توانند به عنوان اهرم اساسی در جهت‌دهی و هدایت افکار عمومی نقش به‌سزایی ایفا نمایند تا زمان و هزینه اجرای برنامه‌های مدیریت و حفاظت و صیانت از منابع طبیعی به‌طور چشمگیری کاهش یابد. بدین منظور به تحلیل شاخص‌های تمرکز جهت مشخص کردن کنشگران با قدرت اجتماعی پرداخته شد. تمرکز بالای شبکه نکته مهم دیگر در شبکه اعتماد این بهره‌برداران است. نتایج پژوهش حاضر در خصوص مطالعه شاخص تمرکز، مؤید درصد بالای تمرکز در پیوندهای درونی نسبت به پیوندهای بیرونی است. این بدان معنا است که بر اساس پیوند درونی، اعتماد در شبکه تقریباً دارای ساختار ستاره‌ای شکل است و وابسته به کنشگران محدود مرکزی در شبکه است. کنشگران مرکزی همان ریش سفید و دهیار و شوراهای اسلامی بوده که این افراد به واسطه نقش و جایگاه اجتماعی‌شان و همچنین مسئولیتشان در مدیریت روستا اعتماد بیشتری از سوی دیگران دریافت می‌کنند. در مورد پیوندهای بیرونی بر عکس آن صادق است. پراکنش اعتماد می‌تواند توسط افرادی بیشتری در شبکه انجام پذیرد و وابستگی کمتری به حضور کنشگران با مرکزیت بالا در شبکه دارد. در واقع، افراد بیشتری در پخش و توزیع اعتماد نقش دارند. نتایج محاسبات حاصل از میزان تمرکز پیوند اعتماد نشان می‌دهد افراد با مرکزیت بالا (ریش سفیدان، دهیار و شوراهای اسلامی روستا) در این شبکه قادرند موقعیت مرکزی خودشان را از لحاظ دریافت اعتماد از سوی دیگران تقویت نمایند که این حالت در مورد پراکنش اعتماد در شبکه توسط افراد با موقعیت مرکزی‌تر در شبکه کمتر است. می‌توان چنین بیان کرد که میزان بالای تمرکز در دریافت اعتماد توسط کنشگران با موقعیت مرکزی در شبکه، باعث شده دریافت اعتماد و معتمد واقع شدن محدود به افراد خاصی شود. لذا این کنشگران (ریش سفیدان و افراد بزرگ فامیل، دهیار و شوراهای اسلامی روستا)، افراد کلیدی جامعه بوده که در فرایند مدیریت تضاد منابع طبیعی جهت حل اختلافات و تنازعات منابع طبیعی با رویکرد ریش سفیدی بایستی موردعنایت ویژه قرار بگیرند. کما اینکه از گذشته تا کنون، هدف

اصلی ریش سفیدان کاهش نزاع و درگیری، حل و فصل امور روستا، تعدیل گری و مصالحه بین طرفین درگیری و تأمین امنیت اجتماعی بوده است. ریش سفیدان از خود جامعه محلی بوده و با فرهنگ، سنن و ارزش های بومی آشنایی دارند، که از طریق گفتگو با طرفین اختلاف، مسائل را حل و فصل و از درگیری و نزاع جلوگیری می نمایند. ایمان به صداقت ریش سفیدان، احترام و اعتماد به آنها، سبب شده که به صورت غیرتدافعی و بر مبنای توافق طرفین، اختلاف را حل و فصل کنند. لذا پیشنهاد می شود با بازشناخت و تقویت گروه های سستی روستا و تشریح اقدامات این گروه ها برای نسل جدید، اهمیت معتمدان محلی در مصالحه و حل اختلافات را به آنان گوشزد کرد. همچنین افراد کلیدی مذکور که بیشتر دریافت کننده اعتماد در شبکه بودند دارای شهرت و اقتدار بیشتری بوده که ضروری است در اجرای پروژه های مشارکتی منابع طبیعی در منطقه مورد مطالعه از این افراد برای تضمین اجرای هرچه بهتر پروژه های منابع طبیعی استفاده کرد و یا حتی با کمک ریش سفیدان و دهیار و شوراهای اسلامی جهت ایجاد و توسعه پایگاه های مردمی برای حل مناقشات اجتماعی، گام مهم و مؤثری در مدیریت تضاد منابع طبیعی برداشت. با مقایسه شاخص های مرکزیت ورودی و خروجی می توان به این نتیجه دست یافت که کنشگران با مرکزیت درجه ورودی بالا، دهیار، شوراهای اسلامی روستا و بزرگان خاندان و فامیل بهره برداران بودند، این افراد عمدتاً مسن بودند. از طرفی، کنشگران با درجه خروجی بالا، عمدتاً جوانان روستایی بودند که جایگاه رسمی و غیررسمی در روستای مورد مطالعه نداشتند. نتیجه پژوهش حاضر با مطالعه قربانی و همکاران (۱۳۹۳) که معتقدند، کنشگران اصلی می توانند بازوی اجرای مدیریت پایدار منابع طبیعی باشند، همخوانی دارد. همچنین مطالعه محمدی کنگرانی و همکاران (۱۳۹۴)، که دریافتند استفاده از افرادی در شبکه که از مقادیر بالای مرکزیت برخوردار هستند، می تواند در زمینه افزایش اعتماد و همکاری بین شاغلین بخش طبیعت گردی مؤثر باشد، نتیجه مطالعه حاضر را تأیید می کند. همچنین نتیجه حاضر با مطالعه لوسوگا و نوپنائو (۲۰۲۰) که برای بهبود مدیریت جنگل، سرمایه گذاری در فعالیتهای آموزشی از طریق عوامل ترویج دولتی یا غیردولتی به ویژه برای اعضای جوان جامعه مؤثر می داند، مطابقت دارد.

در این تحقیق هدف، نمایش نقاط برشی و بلوک ها در شبکه اعتماد بهره برداران محلی بود. در بین بهره برداران محلی، کنشگر ارتباطی با هدف واسطه گری وجود داشت و استحکام لازم را ایجاد کرده بود (شکل شماره ۳). توجه به کنشگران متصل کننده بین بلوک های مختلف شبکه بر پایه روابط متقابل اجتماعی در جامعه بهره برداران محلی جنگل و مرتع روستای نقاره کوب به عنوان یک نیاز احساس می شود. لذا این نتیجه با نتایج مطالعه پینون و همکاران (۲۰۱۹)، که بیانگر نقاط ناپیوستگی زیادی در جریان دانش در بین ذینفعان محلی و سازمان های مرتبط بود، همسو است. پینون و همکاران (۲۰۱۹)، معتقد بودند، این ناپیوستگی ها را می توان با ترسیم شبکه های اجتماعی شناسایی و برنامه ریزی صحیح در مورد آن اتخاذ کرد. در شبکه مورد مطالعه، بهره بردار Al-Meh به نوعی تسهیلگر اجتماعی روستای مورد مطالعه بوده که تسهیلگران با مهارت آموزی می توانند در اعتماد سازی و آموزش جوامع محلی بسیار تأثیرگذار باشند. تجربه، مهارت و آشنایی فرد میانجی با موضوع مورد درگیری و تمایل طرفین به حل و فصل

درگیری، سبب موفقیت شیوه میانجی‌گری می‌شود. از این رو نتیجه مطالعه حاضر با مطالعه کلمن (۲۰۱۶) که به نقش تسهیل‌گران اشاره و اذعان داشت تسهیل‌گران هرکدام با اجرا قوانین عادلانه و شفاف، به اعتماد رویه‌ای کمک می‌کنند و در صورت کم بودن سطح اعتماد منطقی، رویه‌ای و نزدیک (ارتباطی)، وجود تسهیلگر در جامعه مناسب خواهد بود، مطابقت دارد.

همچنین، شروترو و همکاران (۲۰۱۸) معتقد بودند، شبکه‌های اجتماعی با تولید دانش در طی یک فرآیند مشارکتی، این فرایندها را شفاف ساخته و به تعادل بین علاقه‌ها و ارزش‌های کنشگران کمک می‌کند. این در حالی است که استوتنر و ذوبهین (۲۰۱۹)، نیز به نتیجه مشابهی دست یافتند که با تشکیل شبکه‌های اجتماعی در بین صاحبان جنگل‌های خصوصی زمینه برای مدیریت مشارکتی و برنامه‌ریزی صحیح فراهم خواهد شد. در پژوهش حاضر نیز تحلیل دیداری و ترسیم گراف‌ها به تحلیل هرچه بیشتر ساختار شبکه اعتماد بهره‌برداران مرتع و جنگل کمک شایانی نمود و دانش تکمیلی از تحلیل شاخص‌های شبکه اعتماد ارائه داد. در مجموع می‌توان اذعان داشت که تحلیل شبکه‌های اجتماعی، دانش خوبی برای الگوی مدیریت تضاد بر مبنای اعتماد در منطقه مورد مطالعه تولید می‌کند و فرایند برنامه‌ریزی و مدیریت تضادهای اجتماعی منطقه مورد مطالعه را تسهیل می‌بخشد.

کتابنامه

- اسلامی، ایمان؛ ابراهیم‌زاده، حسین؛ اشتری مهرجردی، اباذر؛ ۱۳۹۸. تحلیل شبکه اجتماعی از مدیریت مشارکتی و سرمایه اجتماعی در میان بهره‌برداران دام در استان یزد. توسعه محلی (روستائی-شهری)، ۱۲(۲)، ص ۴۸۳-۵۰۰.
- <https://sid.ir/paper/962382/fa>
- برقی، حمید؛ شفیع، بهمن؛ حجاریان، احمد؛ ۱۳۹۸. بررسی محدودیت‌ها و توانمندی‌های استفاده از مراتع استان کرمانشاه توسط روستاییان. مجله مرتع و آبخیزداری، ۷۲ (۳)، ۶۴۳-۶۵۶.
- <https://doi.org/10.22059/jrwm.2018.243235.1172>
- پناهی، بلال؛ ۱۳۸۷. اعتماد و اعتماد سازی در سازمان. پیک نور، ۷(۴)، ص ۸۸-۱۰۳.
- <https://sid.ir/paper/128712/fa>
- سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور؛ ۱۳۹۹.
- <https://frw.ir/02/fa/staticpages/page.aspx?tid=1500-1501>.
- سعادت نیا، زهرا؛ ۱۳۹۵. بررسی همکاری دانشگاه و صنعت با رویکرد تحلیل شبکه اجتماعی (مورد مطالعه: دانشگاه هرمزگان). پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مدیریت اجرایی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه هرمزگان.
- <https://ganj.irandoc.ac.ir/#!/articles/e882ebdbfc5f2e38b301de5bd40c462b>
- عسگری، حشمت اله؛ شرافت، سجاد؛ ۱۳۹۲. تحلیل عوامل مؤثر بر شکل‌گیری اعتماد اجتماعی در جوامع روستایی (مطالعه موردی: دهستان هجدان دشت، شهرستان مهران). پژوهش‌های روستایی، دوره چهارم، شماره ۴ (پیاپی ۱۶)، ص ۸۵۱-۸۷۹.
- <https://doi.org/10.22059/jrur.2013.50422.879>

عوض پور، لیلا؛ قربانی، مهدی؛ عرفان زاده، رضا؛ ۱۳۹۷. تحلیل خصوصیات ساختاری سرمایه اجتماعی بهره برداران در راستای استقرار مدیریت مشارکتی مرتع (منطقه مورد مطالعه: سامان عرفی نردین، شهرستان میامی، استان سمنان). نشریه مرتع، ۱۲ (۴)، ص ۴۰۰-۳۹۱. <https://sid.ir/paper/515070/fa>

قربانی، مهدی؛ راسخی، ساره؛ سلیمی، جمیله؛ روغنی، ربانه؛ ۱۳۹۳. مدیریت منابع طبیعی در مقیاس محلی، سرمایه اجتماعی و قدرت اجتماعی در شبکه ذی نفعان محلی (مطالعه موردی: سامان عرفی کجین دشت- منطقه کلاته رودبار دامغان). پژوهش های روستایی ۵ (۴)، ص ۷۷۹-۸۰۸. <https://sid.ir/paper/398873/fa>

کریمی، جلیل؛ احمدی، وکیل؛ قلی پور، سیاوش؛ ۱۳۹۹. تحلیلی جامعه شناختی از سرمایه اجتماعی در شهر کرمانشاه. پژوهش های جامعه شناسی معاصر، ۹ (۱۶)، ص ۹۱-۶۱. <http://noo.rs/JDDI7>

محمدی کنگرانی، حنا؛ شایسته، اردشیر؛ حلی ساز، ارشک؛ غنچه پور، دیبا؛ ۱۳۹۴. ترسیم و تحلیل شبکه اعتماد میان مشاغل بخش گردشگری با استفاده از رویکرد تحلیل شبکه ای (مطالعه موردی: روستای طبل در جزیره قشم). پژوهشنامه فرهنگی هرمزگان، ۴ (۸ و ۹)، ص ۱۰۵-۱۱۷. magiran.com/p1479767

وزیریان، رؤیا؛ کریمیان، علی اکبر؛ افشانی، علی رضا؛ دستورانی، محمدتقی؛ ۱۳۹۸. ارزیابی ساختاری روابط و تحلیل شبکه اجتماعی جوامع محلی در راستای مدیریت مشارکتی مناطق خشک (منطقه مورد مطالعه: شهرستان سبزوار، استان خراسان رضوی). مرتع و آبخیزداری، ۷۲ (۳)، ص ۸۶۵-۸۷۸.

<https://doi.org/10.22059/jrwm.2019.292841.1434>.

- Coleman, Kimberly Jane., 2016. The Role of Trust in Collaborative Natural Resource Management. Dissertation submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy In Forestry. <https://vtechworks.lib.vt.edu/server/api/core/bitstreams/634bab77-1f61-4123-9f5f-86fba43b8b86/content>
- Davis, E. J., Cervený, L. K., Ulrich, D. R., & Nuss, M. L., 2018. Making and breaking trust in forest collaborative groups. *Humboldt Journal of Social Relations*, 40, 211-231. <https://digitalcommons.humboldt.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1071&context=hjsr>
- Delli Priscoli, J., 2009. Water management conflict: theory and practice. In: Delli Priscoli, J., Wolf, A. (Eds.), *Managing and Transforming Water Conflicts*. Cambridge University Press, Cambridge, p33-49.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)., 2011. Scarcity and degradation of land and water: Growing threat to food security. Available at :< <http://www.FAO.org>, March, 2012>.
- Gore, M. L., 2011. The science of conservation crime. *Conservation Biology* 25:659-61. <https://www.jstor.org/stable/27976524>
- Hirschi, C., 2010. Strengthening Regional Cohesion: Collaborative Networks and Sustainable Development in Swiss Rural Areas. *Journal of Ecology and Society*, 15 (4), p 16. <https://www.jstor.org/stable/26268208>
- Idrissou, L., van Paassen, A., Aarts, N., Vodouhè, S., & Leeuwis, C., 2013. Trust and hidden conflict in participatory natural resources management: The case of the Pendjari national park (PNP) in Benin. *Forest Policy and Economics*, 27, p 65-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2012.11.005>

- Ikonen, M., 2013. Trust Development and Dynamics at Dyadic Level. A Narrative Approach to Studying Processes of Interpersonal Trust in Leader-Follower Relationships. Dissertations in Social Sciences and Business Studies. University of Eastern Finland. https://erepo.uef.fi/bitstream/handle/123456789/12041/urn_isbn_978-952-61-1048-6.pdf?sequence=1
- Jamal, T., & Stronza, A., 2009. Collaboration theory and tourism practice in protected areas: stakeholders, structuring and sustainability. *J. Sustainable Tourism* 17 (2), p 169–189. <http://dx.doi.org/10.1080/09669580802495741>.
- Kochskämper, E., Koontz, T., & Newig, J., 2021. Systematic learning in water governance: insights from five local adaptive management projects for water quality innovation. *Ecology and Society*, 26(1). <https://doi.org/10.5751/ES-12080-260122>
- Luswaga, H., & Nuppenau, E. A., 2020. Typology of forest users in West Usambara Tanzania and implication to forest management. *Forests*, 12(1), 24. <https://doi.org/10.3390/f12010024>
- Malmborg, K., Enfors-Kautsky, E., Queiroz, C., Norström, A., & Schultz, L., 2021. Operationalizing ecosystem service bundles for strategic sustainability planning: A participatory approach. *Ambio*, 50(2), 314–331 <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01378-w>
- Muir, A. M., Bernhardt, J. R., Boucher, N. W., Cvitanovic, C., Dettmers, J. M., Gaden, M., & Cooke, S. J., 2023. Confronting a post-pandemic new-normal—threats and opportunities to trust-based relationships in natural resource science and management. *Journal of Environmental Management*, 330, 117140. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117140>
- Newig, J., Gunther, D., and C., Pahl-Wostl., 2010. Synapses in the network: learning interoperability networks in the context of environmental management. *Ecology and Society*. 15 (4), p 105–130. <https://www.jstor.org/stable/26268211>
- Payne, D.; Snethlage, M.; Spehen, E.M.; Geschke, J.; Fischer, M., 2020. Nature and people in the Andes, East African Mountains, European Alps, and Hindu Kush–Himalaya: Current research and future directions. *Mt. Res. Dev.*, 40, 14. [CrossRef]. <https://doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-19-00075.1>.
- Pynnonen, S., Salomaa, A., Rantala, S., and T., Hujala., 2019. Technical and social knowledge discontinuities in the multi-objective management of private forests in Finland. *Land Use Policy*, 27 (2), p 88–100. <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
- Schroter, B., J. Hauck, I. Hackenberg, and, B. Matzdorf., 2018. Bringing transparency into the process: Social network analysis as a tool to support the participatory design and implementation process of Payments for Ecosystem Services. *Ecosystem services*, 34, p 206–217. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.03.007>
- Smith, J. W., J. E. Leahy, D. H. Anderson, & M. A. Davenport., 2013. Community/agency trust and public involvement in resource planning. *Society and Natural Resources*, 26(4):452–471. <https://doi.org/10.1080/08941920.2012.678465>.
- Stern, M. J., & Baird, T. D., 2015. Trust ecology and the resilience of natural resource management institutions. *Ecology and Society*, 20(2). <https://www.jstor.org/stable/26270214>
- Stern, M. J., & Coleman, K. J., 2014. The multidimensionality of trust: Applications in collaborative natural resource management. *Society & Natural Resources*, 28(2), p 117–132. <https://doi.org/10.1080/08941920.2014.945062>
- Stoettner, E. M., and A. N. Dhubhain., 2019. Corrigendum to ‘The social networks of Irish private forest owners: An exploratory study. *Forest Policy and Economics*. *Forest Policy and Economics*, 99, p 68–76. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.09.008>

Toman, E.L., Curtis, A.L., Shindler, B., 2021. What's trust got to do with it? Lessons from cross-sectoral research on natural resource management in Australia and the U.S. *Frontiers in Communication* 5.

https://researchportal.scu.edu.au/view/pdfCoverPage?instCode=61SCU_INST&filePid=13116369180002368&download=true



Analysis of the Level of Awareness and Knowledge of Risk Management among Rural Children from Earthquake Risk (Case Study: Villages of Zirkouh Township Located in South Khorasan Province)

 **Tahereh Sadeghloo^{a*}, Hamideh Molaei^b**

^a Associated Professor in Geography & Rural Planning, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

^b PhD Candidate in Geography and Rural Planning, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Received: 6 February 2023

Revised: 10 April 2023

Accepted: 29 April 2023

Abstract

In recent years, studies on children's perception and knowledge of risks and strengthening their preparedness against risks have increased. This can be due to the change of disaster management approaches from the passive approaches of the past to efforts for pre-danger management and the increasing influence of the readiness of all groups and strata of a society, including children. This study evaluated and analyzed the level of awareness of children of the danger of earthquakes in the form of variables of recognizing the risk and its causes and effects, and how to face it in the form of the variables of awareness of preventive measures, preparation and optimal methods of response among 169 children of 5 to 12 years old in Zirkouh, South Khorasan province. Questionnaire and interviews were used for collecting data. The findings showed that the average level of awareness and knowledge of risk management among rural children is very low and needs to be improved. The results of the single-sample t-test in evaluating the average awareness and knowledge of risk management in all four measured dimensions are lower than the average value level. Moreover, the results of the correlation test showed that there is a significant positive relationship between the perception and awareness of the nature of the earthquake with the knowledge of risk management regarding the four dimensions.

Keywords: Risk Management, Rural Children, Earthquake, Perception And Knowledge, Zirkouh Township

*Corresponding author: Tahereh Sadeghloo Email: tsadeghloo@um.ac.ir Tel:+989196261569

How to cite this Article: Sadeghloo, T., & Molaei, H. (2022). Analysis of the level of awareness and knowledge of risk management among rural children from earthquake risk (Case study: villages of Zirkouh Township located in South Khorasan province). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 79-98.

DOI:10.22067/geoh.2023.79615.1302



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

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

 <https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.79615.1302> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شمارهٔ چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۷۹-۹۸
مقاله پژوهشی

تحلیل سطح آگاهی و دانش مدیریت ریسک کودکان روستایی از مخاطره زلزله (مطالعه موردی: روستاهای شهرستان زیرکوه واقع در استان خراسان جنوبی)

طاهره صادق‌لو^۱ - دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
حمیده مولایی - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۷ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱/۲۱ تاریخ تصویب: ۱۴۰۲/۲/۹

چکیده

در سال‌های اخیر، مطالعات حوزه ادراک و دانش کودکان از مخاطرات و تقویت میزان آمادگی آن‌ها در برابر مخاطرات نسبت به گذشته به شدت گسترش یافته است. علت این مسئله را می‌توان تغییر رویکردهای مدیریت بلایا از رویکردهای انفعالی گذشته به تلاش برای مدیریت پیش از خطر و تأثیر فزاینده آمادگی همه گروه‌ها و اقشار یک جامعه از جمله کودکان، در موفقیت این رویکرد دانست. در این راستا مطالعه حاضر به ارزیابی و تحلیل سطح آگاهی کودکان از مخاطره زلزله در قالب متغیرهای شناخت مخاطره و علل و اثرات و نحوه رویارویی با آن در قالب متغیرهای آگاهی از اقدامات پیشگیرانه، آمادگی و شیوه‌های مطلوب واکنش در بین ۱۶۹ کودک ۵ تا ۱۲ ساله در شهرستان زیرکوه استان خراسان جنوبی با استفاده از پرسشنامه و مصاحبه پرداخته است. یافته‌های تحقیق بیانگر این است که میانگین سطح آگاهی و دانش مدیریت ریسک کودکان ۵ تا ۱۲ ساله روستایی مورد مطالعه از زلزله و شیوه‌های واکنش با آن بسیار اندک و نیازمند اصلاح و تقویت است؛ نتایج آزمون T تک نمونه در ارزیابی میانگین آگاهی و دانش مدیریت ریسک در هر چهار بعد مورد سنجش پایین‌تر از سطح ارزش متوسط است. همچنین بر اساس نتایج آزمون

Email: tsadeghloo@um.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۹۶۲۶۱۵۶۹

نحوه ارجاع به این مقاله:

صادق‌لو، طاهره؛ مولایی، حمیده؛ ۱۴۰۲. تحلیل سطح آگاهی و دانش مدیریت ریسک کودکان روستایی از مخاطره زلزله (مطالعه موردی: روستاهای شهرستان زیرکوه واقع در استان خراسان جنوبی). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۲(۴). صص ۷۹-۹۸
<https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.79615.1302>

همبستگی رابطه مستقیم و معنادار بین ادراک و آگاهی از ماهیت زلزله با دانش مدیریت ریسک در هر ۴ بعد وجود دارد.

کلمات کلیدی: مدیریت ریسک، کودکان روستایی، زلزله، ادراک و دانش، شهرستان زیرکوه.

۱- مقدمه

اگرچه وقوع بلایای طبیعی همه‌ی جمعیت یک شهر، روستا یا منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، اما برخی از گروه‌ها نظیر کودکان به دلیل ویژگی‌های جسمانی، شرایط فرهنگی و یا موقعیت اقتصادی، بیش از دیگران متحمل خسارت و آسیب می‌شوند (بابائی، ۱۳۸۲؛ توسادی و تاکاهیرو هایشی^۱، ۲۰۱۴). تجربیات و تحقیقات نشان می‌دهند که کودکان، زنان، معلولان و افراد فقیر، بیش از سایر گروه‌های جمعیتی تحت تأثیر بحران‌های طبیعی قرار گرفته و با توجه به بلایای اخیر، طوفان‌ها، زلزله، تیراندازی‌های دسته‌جمعی، سیل و ازجمله همه‌گیری کووید-۱۹، نیاز به بحث ملی در مورد کودکان در بلایا وجود دارد زیرا ۲۵ تا ۳۰ درصد افراد آسیب دیده در یک فاجعه را کودکان می‌باشند که آسیب‌پذیرترین گروه‌ها را تشکیل می‌دهند (هیئت بین دولتی در مورد تغییرات اقلیمی^۲، ۲۰۱۴؛ چپو و همکاران، ۲۰۲۲).^۳ مواجهه با حوادث و رخداد‌های ناخوشایند طبیعی مانند زلزله در دوران کودکی، زندگی فرد را تحت تأثیر قرار خواهد داد و اثرات روانی و جسمانی متفاوتی خواهد داشت ازجمله احتمال بیماری‌های حاد، کوتاهی قد و وزن کم را در کودکان زیر ۲ سال افزایش می‌دهد (افشاری و همکاران، ۱۳۹۷). با توجه به اینکه بیش از نیمی از جمعیت شهرهای دنیا را کودکان تشکیل می‌دهند باین وجود کودکان اغلب در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های کاهش خطرپذیری بحران، نادیده گرفته می‌شوند (یونیسف^۴، ۲۰۱۲) و این در حالی است که حتی علیرغم آسیب‌پذیری کودکان می‌توانند نقش مهمی در آمادگی و واکنش در برابر زلزله، با اطلاع‌رسانی خطرات، شرکت در فرآیندهای تصمیم‌گیری و انجام اقدامات کاهش خطر بلایا برای خانواده‌ها و جوامع خود ایفا کنند و کودکان باید به‌لندازه بزرگ‌سالان خطرات طبیعی را درک کرده و برای آن‌ها آماده باشند، تا آینده‌ای تاب‌آور بسازند (بیلدیز و همکاران، ۲۰۲۰).^۵ چشم‌انداز جهانی مصمم است که در مقابله با خطر حوادث، بهیستی کودکان همیشه اولویت اول باشد. در دهه اخیر، ۶۶ میلیون کودک در سراسر جهان، تحت تأثیر بحران‌های طبیعی قرار گرفته‌اند (پنروز و تاکاکی^۶، ۲۰۰۶) و پیش‌بینی می‌گردد که این آمار در دهه‌های آتی به بیش از سه برابر برسد (بارتلت^۷، ۲۰۰۸).

1 Tuswadi, Takehiro Hayashi

2 IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change

3 Chiu et al

4 Unicef

5 Yildiz et al

6 Penrose and Takaki

7 Bartlett

در این گونه حوادث طبیعی کودکان به دلیل ضعیف تر بودن از لحاظ جسمی، بیشتر در معرض خطر مرگ و یا بیماری قرار دارند. آن ها در صورت سالم ماندن پس از حادثه، با احتمال از دست دادن والدین، از بین رفتن خانه و زندگی و تمامی شادی ها و امکاناتی که پیش از آن داشته اند مواجه هستند. آنان کمتر امکان کمک خواستن دارند و کمتر از بزرگسالان می توانند حقتشان را طلب کنند. از طرف دیگر به دلیل از بین رفتن خانه و کاشانه و درگیر بودن والدین در شرایط بحرانی، نظارت کمتری روی آنان وجود دارد، این مسئله با توجه به ورود افراد غریبه به شهر، امکان سوءاستفاده از کودکان را افزایش می دهد (تریپور، ۱۳۹۸)، لذا اولین قدم در هر جامعه مستعد فاجعه، تأمین محیط هایی امن برای کودکان در فضای زندگی، بازی و یادگیری است. تجهیز کودکان و والدین و مراقبان آن ها به دانش اولیه در مورد مدیریت حوادث کمک می کند تا خطرات و تأثیرات منفی بر زندگی کودکان را کاهش یابد (چشم انداز جهانی^۱، ۲۰۱۵). کودکان در بسیاری از جوامع، دارای موقعیتی محوری هستند که با افزایش دسترسی آن ها به اطلاعات از طریق مدرسه، رسانه ها و غیره، این نقش، مؤثرتر و برجسته تر خواهد شد. کودکان همچنین می توانند به عنوان پیشگامان مشتاق ابزارهای ارتباطی خطر، ایفای نقش کرده، در خصوص پیشگیری از آسیب ها و نیز کاهش آسیب پذیری با پیام های خلاقانه و رسانه ای نظیر تئاتر، ویدئو، برنامه های رادیویی، شعر، موسیقی، نقاشی های آموزنده، فعالیت های آموزشی مشارکتی و غیره آموزش دیده و این پیام ها را به دیگران نیز منتقل نمایند (انگلیس پلن^۲، ۲۰۱۰). هفت نوع محافظت اساسی را که کودکان در شرایط مخاطره زده و مناطق جنگی به آن نیاز دارند می توان به شرح زیر دانست: ۱. محافظت از آسیب های جسمی ۲. محافظت از استثمار و خشونت جنسی ۳. محافظت از پریشانی روانی ۴. محافظت از استخدام در گروه های مسلح ۵. محافظت در برابر جدایی خانواده ۶. محافظت در برابر سوءاستفاده های مربوط به جابجایی اجباری ۷. محافظت در برابر انکار دسترسی کودکان به آموزش با کیفیت (پلیس برایف^۳، ۲۰۰۵). چارچوب کاهش خطر کودک محور (دی. آر. آر)^۴ که پس از سال ۲۰۱۵ مورد تأکید بیشتری قرار گرفت، از دیدگاه جهانی^۵ شامل اقدامات و برنامه هایی برای مشارکت کودکان؛ و اطمینان از انعکاس صدا و دیدگاه آن ها در برنامه های کاهش خطر محلی، ایجاد یا تقویت قانون حمایت از کودک؛ اطمینان از کاهش آسیب پذیری کودکان، به ویژه کودکانی که در نتیجه شوک و فشارهای روحی در خارج از خانواده زندگی می کنند، ایمن سازی مدارس در برابر بلایای طبیعی، ایجاد مهارت های زندگی و اطمینان از دسترسی به دانش و اطلاعات، اطمینان از دسترسی همه کودکان، به ویژه آسیب پذیرترین افراد، به خدمات با کیفیت مربوط به بهداشت، آموزش، تأمین آب و فاضلاب، محافظت و دسترسی به امنیت برای کاهش آسیب پذیری خود را در برابر شوک ها و استرس ها، افزایش

1 WorldVision

2 U.K. Plan

3 Policy Brief

4 DRR: Disaster Risk Reduction

5 world vision

مسئولیت‌پذیری، برنامه‌ریزی توسعه با آگاهی از ریسک است (اونستادا و همکاران^۱، ۲۰۱۲؛ چشم‌انداز جهانی^۲، ۲۰۱۵). این رویکرد برای توانمندسازی کودکان و احترام به دیدگاه‌ها و حقوق آن‌ها بوده و روشی منعطف و قانونمند با فعالیت‌هایی با تمرکز بر کودکان (برای کودکان)، با رهبری و هدایت کودکان (توسط کودکان) و با مداخلاتی است که متعاقب آن، در سطح اجتماعی، محلی و ملی تغییر صورت می‌گیرد (آنتونوویچ و همکاران^۳، ۲۰۱۰). برنامه‌ریزی‌هایی که به‌منظور آمادگی در برابر زلزله در مرکز مطالعات سوانح طبیعی نوادا صورت گرفته جهت کاهش ریسک مخاطرات بر مدل‌های آموزشی تأکید اساسی دارد (پژوهان و دیگران^۴، ۱۳۹۸). سازمان جهانی هلال‌احمر با همکاری فدراسیون جهانی خط قرمز در کتابی با عنوان «آگاهی‌های عمومی و آموزش همگانی برای کاهش اثرات زلزله» بر روی رویکرد یادگیری مشارکتی و آموزش از طریق مدرسه به‌عنوان الگوی مدیریت ریسک اجتماع‌محور تأکید دارد. بنیاد بین‌المللی کودکان وابسته به یونیسف در کتابی با عنوان «استفاده از آموزش برای کاهش خطر» به بررسی و ضرورت آموزش‌های عمومی برای جامعه و به‌ویژه کودکان در هنگام وقوع بحران‌های طبیعی و به‌ویژه زلزله می‌پردازد (یونیسف^۵، ۲۰۱۲). آگاهی و آمادگی کودکان بلید از همان دوران اولیه یادگیری یعنی کودکی آغاز شود، چراکه یادگیری در این سنین پایدارتر و عمیق‌تر است و علاوه بر این کودکان آنچه را در این سنین می‌آموزند به‌سرعت به دیگر افراد خانواده انتقال می‌دهند (استوار ایزدخواه و حشمتی^۶، ۱۳۹۴). به همین دلیل است که یکی از اولین و ضروری‌ترین اقدامات در تقویت کاهش خطرپذیری بحران با هدایت و رهبری کودکان آگاهی و آمادگی کودکان است که با شیوه‌هایی نظیر آموزش معلمان، توسعه و ایجاد واحدهای درسی، استفاده از رسانه‌های آنلاین، رادیو، تئاتر و هنر قبل از انجام است (بک و همکاران^۷، ۲۰۰۹). ارتقای آگاهی کودکان می‌تواند با ادغام برنامه‌های مدیریت ریسک در برنامه‌های درسی ملی و محلی، درگیرکردن کودکان در برنامه‌ریزی‌ها و اجرای طرح‌ها، هنرهای خلاقانه و نمایشی، ایجاد فرصتی تبادل دانش با خانواده و جوامع، نشست‌های تعاملی در کلوپ‌های کودکان، و سازمان‌های جامعه‌محور ارائه و انجام شود (بک و همکاران^۸، ۲۰۰۹). اما باید توجه داشت اجرای این برنامه‌ها با توجه به محدودیت‌های کودکان در مناطق روستایی به دلیل آمادگی ناکافی، کمبود منابع و غافل از پتانسیل خود برای مقابله با حوادث طبیعی با بیشترین ناملایمات روبرو هستند (احمدشاه و همکاران^۹، ۲۰۲۲). یکی از مهم‌ترین سوانح طبیعی، زمین‌لرزه است که بیشترین آسیب‌پذیری ساختمانی و تلفات انسانی را به بار می‌آورد (فتوحی و کیانی^{۱۰}، ۱۳۹۳). در بسیاری از نواحی روستایی، محرومیت زیرساخت‌ها و امکانات آموزشی و همچنین خدمات نهادی برای این منظور محدود و ضعیف است. مناطق روستایی به دلیل آسیب‌پذیری، شکنندگی اقتصاد روستایی، نبود

1 Onstada et al

2 WorldVision

3 Antonowicz et al

4 Back et al

5 Back et al

6 Ahmad Shah et al

زیرساخت‌های فیزیکی و اجتماعی مناسب، فرسودگی شدید کالبدی، عرض کم معابر روستا و نداشتن دسترسی مناسب به راه‌های ارتباطی، فقدان و کمبود تأسیسات زیربنایی مناسب، زیاد بودن میزان فقر و محرومیت، استفاده از سازه‌های نامناسب و مصالح کم‌دوام، زیاد بودن میزان آسیب‌پذیری، رشد زیاد مهاجرت و کاهش شدید جمعیت روستایی، بالابودن سطح فرسودگی ساختمان در روستا، ارزش کم زمین و کم بهابودن آن، استحکام نداشتن مساکن روستایی و رعایت نکردن اسلوب و استانداردهای فنی ساخت‌وساز در این مناطق، عملاً با خسارات زیادی مواجه می‌شوند (محمدخانی و سلیمانیان، ۱۳۸۹؛ رومیانی، ۱۳۹۲). این مشکلات با مشکلات اقتصادی و دسترسی دشوار توأمان سبب می‌شود آسیب‌پذیری کودکان بیشتر و امکان تمرکز بر آماده‌سازی آن‌ها برای مخاطرات تا حد زیادی کاهش یابد.

در حوزه سنجش آگاهی و ارتقای توانایی‌های مدیریت مخاطرات در کودکان تا کنون مطالعات بسیاری انجام شده است. پور احمدی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای به ارزیابی اثربخشی دوره‌های آموزشی مدیریت بحران در مدارس استان اصفهان پرداخته‌اند که نتایج مطالعه بیانگر اثرگذاری برنامه‌های آموزشی مدیریت بحران در مدارس با شرط استمرار و پویایی لازم و با توجه، حمایت و تشویق خانواده‌ها، و تغییرات معنادار در سطح آگاهی و اطلاعات و همچنین عملکرد دانش آموزان در هنگام وقوع زلزله است. فرامرزی‌نیا و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه دیگری تحت عنوان مدیریت بحران و آموزش آمادگی در برابر زلزله در آموزش و پرورش بیان می‌کنند که به‌رغم مشکلات عدیده در اجرای فعالیت‌ها، مانورهای آموزشی و نبود آموزش اصولی، مستمر و با کیفیت در زمینه مدیریت بحران زلزله در مدارس، اکثر دانش آموزان توانستند رفتارها و فعالیت‌های مناسب را در مراحل مختلف مدیریت بحران فرا بگیرند. علی پور (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای با عنوان کاهش اثرات بلایای طبیعی روی کودکان و اقشار آسیب‌پذیر بیان می‌کند که به‌کارگیری کودکان به‌عنوان سرمنشأ کلیه طرح‌های جامع پیشگیری در مقابل بلایای طبیعی می‌تواند با هزینه کمتر منفعت بیشتری کسب کرد. یاری و پریشان (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای به بررسی نقش آموزش در مدیریت ریسک مخاطرات طبیعی (زلزله) در مناطق روستایی شهرستان قزوین می‌پردازند که نتایج به‌دست‌آمده نشان از کم، کافی نبودن و متناسب نبودن برنامه‌های آموزشی در مدارس و رسانه‌های جمعی در ارتباط با مؤلفه‌هایی چون (ساخت‌وساز مساکن مقاوم، کمک‌های اولیه، حفظ جان خود و افراد خانواده، حفظ اموال و دارایی‌ها) در فرآیند مدیریت ریسک زلزله بوده است. دهقان فاروجی و همکاران (۱۳۹۶) در مطالعه‌ای به بررسی کودکان در برنامه‌های کاهش خطرپذیری بحران‌های طبیعی شهر تهران، دریافتند که پنج منطقه‌ی ۱۴، ۱۵، ۲۰، ۴، ۵، بیشترین جمعیت آسیب‌پذیر کودک را دارا هستند که می‌توان با شناسایی آن‌ها و ارائه پیشنهادهایی میزان آسیب‌پذیری کودکان را کاهش داد و ضمن کاهش آسیب‌پذیری کودکان، با برنامه‌ریزی‌های هدفمند، کاهش خطرپذیری بحران کودک‌محور، با توانمندسازی این گروه

جمعیتی از کودکان، به عنوان عامل تغییر استفاده نمود. [گولای^۱ \(۲۰۱۰\)](#) در مطالعه‌ای با عنوان آموزش زلزله با مشارکت والدین برای کودکان پیش دبستانی با هدف تعیین اثرات برنامه آموزش زلزله بر روی ۹۳ کودک ۵ تا ۶ ساله و ۳۱ نفر از والدین در استان دیزلی ترکیه (یک منطقه زلزله خیز در ترکیه) دریافت که برنامه آموزش زلزله که با مشارکت والدین اجرا شده اثربخش تر بوده است. [لوپز^۲ و همکاران \(۲۰۱۲\)](#) در مطالعه‌ای در خصوص مشارکت کودکان در کاهش ریسک بلایا دریافتند که افزایش آگاهی در مورد کارآمدی و ارزش مشارکت کودکان در این عرصه آسیب پذیری های فردی و اجتماعی را کاهش می دهد. بسیاری از کودکان به آمادگی خانواده و مدارس خود برای حفاظت از آن ها اعتقاد دارند. [توسوادی و تاکاهیرود هایشادی^۳ \(۲۰۱۴\)](#)، [ارسوی و کوچاک^۴ \(۲۰۱۶\)](#) هر کدام در مطالعاتی جداگانه در منطقه جاوا و استانبول به بررسی اهمیت آموزش و نقش آن در آمادگی کودکان در مدارس پرداخته‌اند. [فوترجیل^۵ \(۲۰۱۷\)](#) در مطالعه‌ای در خصوص کودکان و نوجوانان در فاجعه بیان می کند که کودکان و نوجوانان هر قدر هم که شخصاً مقاوم باشند نمی توانند به طور کامل و بدون منابع لازم و پشتیبانی اجتماعی بهبود یابند. موقعیت اجتماعی مانند طبقه اجتماعی، نژاد، جنسیت، همسایگی، منابع و شبکه ها قبل از وقوع یک فاجعه، معمولاً حداقل تا حدودی، بسیاری از نتایج پس از فاجعه کودکان را تعیین می کند. [ففریوئم^۶ و همکارانش \(۲۰۱۷\)](#) در مطالعه‌ای بیان می کنند که مشارکت کودکان در کاهش خطر بلایا با به رسمیت شناختن صلاحیت اجتماعی آن ها، دستور کار حقوق کودکان، و با ادبیاتی که مشارکت آن ها را در تلاش های مختلف جامعه ارتقا می دهد، پشتیبانی می شود.

بر اساس آنچه بیان شد، مطالعه حاضر به دنبال بررسی آگاهی و دانش مدیریت ریسک کودکان در نواحی روستایی است. شهرستان زیرکوه واقع در استان خراسان جنوبی از جمله مناطقی است که بارها بر اثر زمین لرزه های مهیب تهدید و تخریب شده است. هدف از انجام تحقیق، ارزیابی آگاهی کودکان از مخاطرات طبیعی و مدیریت ریسک در روستاهای این منطقه است و سؤال اصلی پژوهش این است که سطح آگاهی و ادراک کودکان از مخاطره کودکان از مخاطره زلزله چه میزان است و تا چه میزان از فرایند مدیریت ریسک برای کاهش اثرات آن آگاهی دارند؟

1 Gulay

2 Lopez

3 Tuswadi and Takehiro Hayashi

4 Ersoy & Koçak

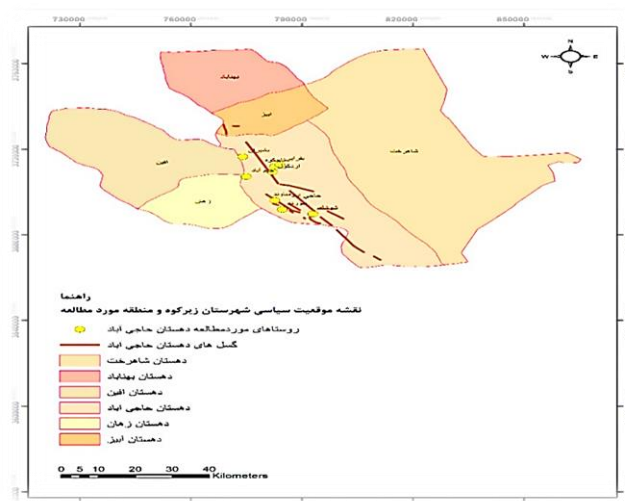
5 Fothergill

6 Pfefferbaum

۲- مواد و روش

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

شهرستان زیرکوه به مرکزیت شهر حاجی آباد، تا فروردین ۱۳۹۱ یکی از بخش‌های شهرستان قائنات بود که در این تاریخ به شهرستان ارتقا یافت. این شهرستان شامل ۳ بخش و ۶ دهستان و ۱۰۵ روستا است. طبق سرشماری عمومی نفوس و مسکن (۱۳۹۵) جمعیت شهرستان زیرکوه ۴۰۱۵۵ نفر (در ۱۱۱۷۸ خانوار) است. جامعه‌ی آماری این پژوهش روستاهای تحت تأثیر مخاطره‌ی طبیعی زلزله در شهرستان زیرکوه استان خراسان جنوبی که بر اساس نزدیکی به خط گسل و دارا بودن حداکثر جمعیت کودکان در بازه سنی ۵ تا ۱۲ ساله می‌باشد، انتخاب شده است. در شکل شماره ۱، پراکنش روستاهای مورد مطالعه نسبت به گسل نمایش داده شده است.



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش روستاهای مورد مطالعه نسبت به گسل منبع: (یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۱).

۲-۲- روش انجام پژوهش

پژوهش حاضر به لحاظ ماهیت از نوع توصیفی- تحلیلی و به لحاظ اجرا از نوع پیمایشی و به لحاظ روش جمع‌آوری داده‌ها با استفاده از ابزار پرسشنامه، از نوع میدانی و کتابخانه‌ای می‌باشد. برای این منظور از درون ادبیات نظری، اقدام به استخراج شاخص‌های تحقیق گردید. حجم جامعه آماری این پژوهش تمامی کودکان در رده سنی ۵ تا ۱۲ سال در روستاهای مورد مطالعه می‌باشند که در جدول ۲ تعداد کودکان هر روستا مشخص شده است. بعد از مطالعه ادبیات نظری و مطالعات صورت گرفته در

این راستا، شاخص‌ها و متغیرهای تحقیق به صورت مستند در ۴ بعد ادراک از مخاطره، آگاهی از اقدامات پیشگیرانه، آمادگی و واکنش مطلوب استخراج و مبنای طراحی پرسشنامه محقق ساخته قرار گرفت و ۱۶۹ کودک ۵ تا ۱۲ سال ساکن در روستاهای مورد مطالعه به صورت تمام‌شماری برای تحلیل و سنجش سطح آگاهی آن‌ها از زلزله و فرایند مدیریت ریسک مورد مطالعه قرار گرفتند (جدول ۱).

جدول ۱- تعداد کودکان ۵ تا ۱۲ ساله در روستاهای مورد مطالعه

نام روستا	تعداد کودکان ۵ تا ۱۲ سال	منبع داده
اردکول	۴۰	خانه بهداشت روستا
بشیران	۱۱	دهیار روستا
بقرای	۵۱	مرکز بهداشت شهرستان زیرکوه
تاجکوه	۴۳	مرکز بهداشت شهرستان زیرکوه
شوشک	۷	دهیار روستا
مناوند	۹	دهیار روستا
جیم آباد	۳	دهیار روستا
سورند	۵	دهیار روستا
جمع	۱۶۹	

۳- نتایج و بحث

بر اساس تحلیل جامعه نمونه، ۱۶۹ کودک مورد مطالعه در بازه سنی ۵ تا ۱۲ سال قرار دارند که بیشترین درصد افراد پاسخگو در روستاهای مورد مطالعه به ترتیب ۱۲ ساله با ۲۳.۱ درصد، ۱۱ ساله با ۱۷.۸ درصد و ۱۰ ساله با ۱۷.۲ درصد می‌باشد و بازه سنی ۵ و ۶ ساله با مجموع ۴.۸ درصد، کمترین درصد افراد پاسخگو را تشکیل می‌دهند. همچنین ۸۷ نفر از کودکان مورد مطالعه را پسران (۵۱.۵ درصد) و ۸۲ نفر را دختران (۴۸.۵ درصد) تشکیل می‌دهند. در ادامه سؤالاتی در خصوص آشنایی کودکان با مخاطره زلزله و دانش آن‌ها از علل و راهکارهای مقابله با زلزله مطرح شد که در [جدول ۲](#) پاسخ‌ها ارائه شده است.

جدول ۲- توزیع فراوانی سؤالات دو مقوله‌ای پژوهش

سؤال	نوع توزیع	بله	خیر
گذراندن واحد درسی یا آموزشی در مورد مخاطرات و بلایا	فراوانی	۸۰	۸۹
	درصد	۴۷.۳	۵۲.۷
تمرین و مانور زلزله	فراوانی	۱۵۹	۱۰

سؤال	نوع توزیع	بله	خیر
تجربه رخداد زلزله	درصد	۹۴.۱	۵.۹
	فراوانی	۶۸	۱۰۱
آگاهی از علت رخداد زلزله	درصد	۴۰.۲	۵۹.۸
	فراوانی	۳۲	۱۳۷
آماده بودن کیف وسایل اضطراری برای مواقع اضطراری	درصد	۱۸.۹	۸۱.۱
	فراوانی	۶	۱۶۳
آگاهی از راه‌های کاهش آسیب‌پذیری	درصد	۳.۶	۹۶.۴
	فراوانی	۱۵۳	۱۶
	درصد	۹۰.۵	۹.۵

در بخش یافته‌های تحلیل با توجه به نرمال بودن متغیرهای تحقیق به لحاظ توزیع (جدول ۳)، برای تحلیل‌های استنباطی پژوهش حاضر از آزمون‌های پارامتریک استفاده گردید.

جدول ۳- نتایج بررسی نرمال بودن متغیرهای پژوهش

ابعاد	چولگی		کشیدگی		نتیجه آزمون
	ضرب	خطا	ضرب	خطا	
آگاهی و ادراک از ماهیت زلزله	۰.۷۰	۰.۱۸	۰.۲۷	۰.۳۷	تأیید نرمال بودن
آگاهی از اقدامات پیشگیرانه	۰.۵۶	۰.۱۸	-۰.۳۷	۰.۳۷	تأیید نرمال بودن
آگاهی از اقدامات آمادگی	۰.۸۵	۰.۱۸	۰.۰۰۵	۰.۳۷	تأیید نرمال بودن
آگاهی از شیوه‌های مطلوب واکنش	۱.۵۱	۰.۱۸	۲.۱۷	۰.۳۷	تأیید نرمال بودن

ابتدا به بررسی میانگین ابعاد تحقیق با توجه به نظر افراد پاسخگو در مورد آگاهی کودکان از مخاطرات طبیعی (زلزله) و فرایند مدیریت مخاطرات از آزمون تی تک نمونه‌ای با در نظر گرفتن ارزش میانه ۳ استفاده گردید. بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین واقعی نظر پاسخگویان در تمامی ابعاد کمتر از حد متوسط است که از نظر مطلوبیت عددی مورد آزمون (میانگین ۳)، می‌توان به مطلوب و رضایت‌بخش نبودن وضعیت مدیریت بحران در منطقه مورد مطالعه پی برد. همچنین با توجه به سطح معناداری به دست آمده برای شاخص‌ها که کمتر از ۰.۰۵ است، نتایج قابلیت تعمیم به کل کودکان را دارد. با توجه به **جدول (۴)**، کمترین و نامطلوب‌ترین میانگین محاسبه‌شده برابر با مقدار ۱.۷ به آگاهی از شیوه‌های مطلوب واکنش تعلق دارد.

جدول ۴- بررسی میانگین ابعاد آگاهی کودکان مورد مطالعه از مخاطره زلزله

ابعاد	میانگین	انحراف معیار	آماره t	درجه آزادی	میزان معناداری	اختلاف از میانگین	95% Confidence Interv of the Difference	
							پایین تر	بالا تر
آگاهی و ادراک از ماهیت زلزله	۲.۳	۰.۵۹	-۱۴.۲	۱۶۸	۰.۰۰	-۰.۶۵	-۰.۷۴	-۰.۵۶
آگاهی از اقدامات پیشگیرانه	۲.۴	۰.۹۷	-۷.۸	۱۶۸	۰.۰۰	-۰.۵۹	-۰.۷۳	-۰.۴۴
آگاهی از اقدامات آمادگی	۲.۰۴	۰.۷۴	-۱۶.۷	۱۶۸	۰.۰۰	-۰.۹۵	-۱.۰۷	-۰.۸۴
آگاهی از شیوه‌های مطلوب واکنش	۱.۷	۰.۶۸	-۳۳.۱	۱۶۸	۰.۰۰	-۱.۲	-۱.۳۱	-۱.۱

در این قسمت نیز، برای بررسی میانگین شاخص‌های تحقیق با توجه به نظر افراد پاسخگو در مورد آگاهی کودکان از مخاطرات طبیعی (زلزله) و فرایند مدیریت مخاطرات از آزمون تی تک نمونه‌ای با در نظر گرفتن ارزش میانه ۳ استفاده گردید. بر اساس نتایج به دست آمده، میانگین واقعی نظر پاسخگویان در تمامی ابعاد کمتر از حد متوسط است. همچنین با توجه به سطح معناداری به دست آمده برای شاخص‌ها که کمتر از ۰.۰۵ است، نتایج قابلیت تعمیم به کل کودکان را دارد. با توجه به **جدول (۵)**، کمترین و نامطلوب‌ترین میانگین محاسبه شده برابر با مقدار ۱.۵۴ به آگاهی از چگونگی حفظ خونسردی و آرامش تعلق دارد. امروزه چگونگی حفظ خونسردی و آرامش تعلق نقش سازنده‌ای در اجرای مؤثر برنامه‌های مدیریت بحران با افزایش ظرفیت‌ها دارند. شرایطی که با میانگین به دست آمده (۱.۵۴) در منطقه از دیدگاه پاسخگویان به واسطه عدم آگاهی کافی از چگونگی حفظ خونسردی و آرامش تعلق، مطلوب ارزیابی نشده است.

جدول ۵- بررسی میانگین شاخص‌های آگاهی کودکان مورد مطالعه از مخاطره زلزله

ابعاد	شاخص	میانگین	انحراف معیار	آماره t	درجه آزادی	میزان معناداری	اختلاف از میانگین	95% Confidence Interv of the Difference	
								پایین تر	بالا تر
آگاهی و ادراک از ماهیت زلزله	آگاهی از علت مخاطره زلزله	۲.۲۱	۰.۹۰۶	-۱۱.۳۸	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۰.۷۹۳	-۰.۹۳	-۰.۶۶
	آگاهی از علائم مخاطره زلزله	۲.۴۳	۱.۰۷	-۶.۹۵	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۰.۵۷۴	-۰.۷۴	-۰.۴۱
	آگاهی از اثرات زلزله	۱.۹۴	۰.۹۳۴	-۱۴.۶۴	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۱.۰۵	-۱.۱۹	-۰.۹۱۱

ابعاد	شاخص	میانگین	انحراف معیار	آماره t	درجه آزادی	میزان معناداری	اختلاف از میانگین	
							پایین تر	بالا تر
	استرس و ترس	۴.۵۹	۰.۹۷۹	۲۱.۰۵	۱۶۸	۰.۰۰۰	۱.۴۴	۱.۷۳
	آگاهی از احتمال وقوع مخاطره	۲.۰۲	۰.۹۵۱	-۱۳.۳۴	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۱.۱۲	-۰.۸۳
	آگاهی از وجود گسل در نزدیکی منطقه	۲.۱۱	۰.۹۳۹	-۱۲.۳۷	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۱.۰۴	-۰.۷۵
آگاهی از اقدامات پیشگیرانه	آگاهی از شیوه‌ها و علامت‌های هشدار زلزله	۲.۱۳	۱.۰۷	-۱۰.۵۴	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۱.۰۳	-۰.۷۱
	آموزش و مانور برای رویارویی با زلزله و مخاطرات تابعه آن	۲.۴۸	۱.۳۸	-۴.۸۸	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۰.۷۳	-۰.۳۱
	شناخت نهادها و گروه‌های امداد رسان	۲.۵۱	۱.۱۵	-۵.۴۵	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۰.۶۶	-۰.۳۰
آگاهی از اقدامات آمادگی	آگاهی از نقاط امن روستا برای پناهگیری بعد از زلزله	۲.۱۱	۱.۲۳	-۹.۳۶	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۱.۰۷	-۰.۷۰
	آگاهی از مناطق خطرناک	۱.۹۲	۰.۹۵۴	-۱۴.۷۵	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۱.۲۳	-۰.۹۴
	تهیه کیت اضطراری از وسایل مورد نیاز	۲.۰۴	۱.۱۱	-۱۱.۱۸	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۱.۱۳	-۰.۷۹
	آگاهی از مخاطرات تابع زلزله (انفجار و آتش سوزی و ...)	۲.۱۱	۱.۱۱	-۱۰.۳۴	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۱.۰۶	-۰.۷۲
	آشنایی با راه‌های درخواست کمک (تلفنی، مکان‌ها و ...)	۲.۰۲	۱.۰۲	-۱۲.۴۰	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۱.۱۳	-۰.۸۲
آگاهی از شیوه‌های مطلوب واکنش	نحوه نجات خود در صورت ماندن زیر آوار	۱.۶۳	۰.۷۱۳	-۲۵.۰۱	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۱.۴۸	-۱.۳۶
	آگاهی از نحوه صحیح پناهگیری و دوری از خطر	۲.۴۰	۱.۲۶	-۶.۱۴	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۰.۷۹	-۰.۴۱
	آگاهی از چگونگی حفظ خونسردی و آرامش	۱.۵۴	۱.۰۱	-۱۸.۷۰	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۱.۶۱	-۱.۳۰
	آگاهی از کمک‌های اولیه و نحوه انجام آن	۱.۶۳	۰.۷۵۳	-۲۳.۵۹	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۱.۴۸	-۱.۲۵
	آگاهی از شیوه‌های کمک به دیگران	۱.۸۴	۰.۹۰۹	-۱۶.۵۹	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۱.۳۰	-۱.۰۲

ابعاد	شاخص	میانگین	انحراف معیار	آماره t	درجه آزادی	میزان معناداری	اختلاف از میانگین	95% Confidence Interv of the Difference	
								پایین تر	بالا تر
	نحوه یافتن خانواده و اقوام در صورت جدا شدن و...	۱.۷۰	۱.۰۱	-۱۶.۷۴	۱۶۸	۰.۰۰۰	-۱.۳۰	-۱.۴۶	-۱.۱۵

با توجه به مصاحبه انجام شده با معلمان و اولیا دانش آموزان، علت پایین بودن سطح آگاهی آن‌ها در این بعد به نقص سیستم آموزشی و امکانات و تسهیلات آموزشی برای ارتقای این دانش در نواحی روستایی، عدم ضرورت این مسئله از دیدگاه والدین و یا وظایف آموزشی معلمان، عدم دانش و تخصص کافی معلمان و والدین در این مورد، محدود بودن توانایی یا ادراک کودکان از دیدگاه والدین و معلمان، خردسال انگاشتن کودکان و مسئول پنداشتن خود به تنهایی برای محافظت از کودکان و همچنین ملاحظات اخلاقی و تربیتی برای کاهش استرس و ترس و نگرانی در آن‌ها مرتبط می‌باشد.

در این قسمت از تحقیق کودکان به مقایسه سطح آگاهی و ادراک کودکان بر اساس عواملی نظیر آموزش در خصوص مخاطرات، تجربه مانور پرداخته شده است که در این راستا از آزمون تی دو نمونه مستقل استفاده گردید. برای این منظور، در مرحله اول لازم است برابری واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون، موردبررسی قرار گیرد. درعین حال اگر سطح معنی‌داری آزمون لون، کوچک‌تر از مقدار ۰.۰۵ باشد، آزمون تی دو نمونه مستقل با فرض عدم برابری واریانس‌ها و در غیر این صورت آزمون مزبور با فرض برابری واریانس انجام می‌شود. لذا با توجه به جدول ۶ در مورد بعد آگاهی و ادراک از هاهیت زلزله بین دو گروه کودکان آموزش دیده و آموزش نعلیده و همچنین کودکان دارای تجربه مانور و کودکانی که چنین تجربه‌ای نداشته‌اند، فرض عدم برابری واریانس‌ها در نظر گرفته می‌شود. بر اساس نتایج، میانگین آگاهی و ادراک کودکان آموزش دیده از هاهیت زلزله نسبت به کودکانی گروه دوم بیشتر می‌باشد. همچنین با توجه به سطح معناداری کمتر از ۵ صدم به دست آمده، وجود تفاوت در بین این دو گروه در سطح اطمینان نودوپنج درصد است. برای مقایسه کودکان تجربه کننده مانور با سایر کودکان نیز نظیر بالا از آزمون مقایسه میانگین دو گروه مستقل استفاده شد. بر اساس نتایج به دست آمده میانگین آگاهی و ادراک کودکانی که در مدرسه تجربه حضور در مانور زلزله را دارا بوده‌اند، نسبت به سایرین بیشتر می‌باشد. همچنین با توجه به میزان معناداری کمتر از مقدار ۰.۰۵، تفاوت در بین این دو گروه در سطح اطمینان نودوپنج درصد است. در بعد آگاهی از اقدامات واکنشی مناسب نیز نظیر بعد آگاهی و ادراک از زلزله بین هر دو گروه تفاوت وجود دارد. در ابعاد آگاهی از اقدامات پیشگیرانه، آمادگی و واکنش اضطراری نیز نظیر بعد آگاهی و ادراک این مقایسه بین دو گروه کودکان بیان شده انجام شد که در جدول زیر ارائه شده است. بر اساس نتایج آزمون‌ها، تفاوت معناداری بین دو گروه در

تجربه‌کننده هانور با گروه دیگر کودکان در زمینه بعد اقدامات پیشگیرانه زلزله و بعد آمادگی وجود ندارد لذا در این زمینه بین کودکان آموزش دیده و آموزش ندیده تفاوت در این دو بعد معنادار است.

جدول ۶- مقایسه میانگین آگاهی کودکان از فرایند مدیریت مخاطرات در ابعاد ۴ گانه

t-test for Equality of Means			Levene's Test for Equality of Variances		انحراف معیار	میانگین	نوع متغیر	بعد
میزان معناداری	درجه آزادی	آماره t	میزان معناداری	آماره F				
۰.۰۰	۱۴۳.۶۹	۱۰.۲۰	۰.۰۰۵	۸.۲۷	۰.۵۳	۲.۷۴	آموزش دیده	آگاهی و ادراک از ماهیت زلزله
					۰.۳۹	۱.۹۹	آموزش ندیده	
					۰.۵۹	۲.۳۷	داشتن تمرین و مانور زلزله	
					۰.۴۹	۱.۹۴	نداشتن تمرین و مانور زلزله	
۰.۰۲	۱۶۷	۲.۳۳	۰.۴۵۹	۰.۵۵	۰.۷۳	۳.۱۰	آموزش دیده	آگاهی از اقدامات پیشگیرانه
					۰.۶۴	۱.۷۵	آموزش ندیده	
					۰.۹۶	۲.۴۱	داشتن تمرین و مانور زلزله	
					۱.۱۳	۲.۳۵	نداشتن تمرین و مانور زلزله	
۰.۰۰۰	۱۵۷.۴۹	۱۲.۵۷	۰.۰۲	۴.۸۵	۰.۷۳	۳.۱۰	آموزش دیده	آگاهی از اقدامات پیشگیرانه
					۰.۶۴	۱.۷۵	آموزش ندیده	
					۰.۹۶	۲.۴۱	داشتن تمرین و مانور زلزله	
					۱.۱۳	۲.۳۵	نداشتن تمرین و مانور زلزله	
۰.۰۰۰	۱۳۵.۷۱	۸.۴۰	۰.۰۰۰	۱۵.۴۴	۰.۷۳	۲.۴۷	آموزش دیده	آگاهی از اقدامات آمادگی
					۰.۴۹	۱.۶۵	آموزش ندیده	
					۰.۷۴	۲.۰۴	داشتن تمرین و مانور زلزله	
					۱.۱۰	۲.۰۴	نداشتن تمرین و مانور زلزله	
۰.۹۹	۹.۴۸	۰.۰۰۴	۰.۰۳	۴.۶۹	۰.۷۳	۲.۴۷	آموزش دیده	آگاهی از شیوه‌های مطلوب واکنش
					۰.۴۹	۱.۶۵	آموزش ندیده	
					۰.۷۴	۲.۰۴	داشتن تمرین و مانور زلزله	
					۱.۱۰	۲.۰۴	نداشتن تمرین و مانور زلزله	
۰.۰۰۰	۱۲۵.۹۱	۵.۴۲	۰.۰۰۰	۲۴.۱۵	۰.۷۷	۲.۰۷	آموزش دیده	آگاهی از شیوه‌های مطلوب واکنش
					۰.۴۵	۱.۵۳	آموزش ندیده	
					۰.۶۱	۱.۷۷	داشتن تمرین و مانور زلزله	
					۱.۳۸	۲.۱۱	نداشتن تمرین و مانور زلزله	
۰.۰۰۰	۹.۲۲	۰.۷۵	۰.۰۰۰	۳۴.۳۶	۰.۷۷	۲.۰۷	آموزش دیده	آگاهی از شیوه‌های مطلوب واکنش
					۰.۴۵	۱.۵۳	آموزش ندیده	
					۰.۶۱	۱.۷۷	داشتن تمرین و مانور زلزله	
					۱.۳۸	۲.۱۱	نداشتن تمرین و مانور زلزله	

در ادامه به مقایسه سطح آگاهی و ادراک کودکان به تفکیک جنسیت (دختر و پسر) در ابعاد چهارگانه پرداخته شده است که در این راستا از آزمون تی دو نمونه مستقل استفاده گردید. برای این منظور، در مرحله اول لازم است برابری واریانس‌ها با استفاده از آزمون لون، موردبررسی قرار گیرد. درعین حال اگر سطح معنی‌داری آزمون لون، کوچک‌تر از مقدار ۰.۰۵ باشد، آزمون تی دو نمونه مستقل با فرض عدم برابری واریانس‌ها و در غیر این صورت آزمون مزبور با فرض برابری واریانس انجام می‌شود. لذا با توجه به **جدول ۷** در مورد آگاهی و ادراک کودکان دختر و پسر در ابعاد چهارگانه، فرض برابری واریانس‌ها در نظر گرفته می‌شود. بر اساس نتایج، میانگین آگاهی و ادراک

کودکان پسر در ابعاد چهارگانه نسبت به کودکان دختر بیشتر می‌باشد. همچنین با توجه به سطح معناداری بیشتر از ۵ صدم به دست آمده، وجود عدم تفاوت در بین ابعاد چهارگانه در سطح اطمینان نودوپنج درصد است.

جدول ۷- مقایسه میانگین آگاهی کودکان دختر و پسر در ابعاد چهارگانه

t-test for Equality of Means			Levene's Test for Equality of Variances		انحراف معیار	میانگین	نوع متغیر	بعد
میزان معناداری	درجه آزادی	آماره t	میزان معناداری	آماره F	۰.۶۳	۲.۲۹	دختر	آگاهی و ادراک از ماهیت زلزله
۰.۲۱	۱۶۷	۱.۲۴۰	۰.۱۸	۱.۷۷				
۰.۰۰۶	۱۶۷	۲.۷۸	۰.۹۲	۰.۰۱۰	۰.۹۱	۲.۱۹	دختر	آگاهی از اقدامات پیشگیرانه
					۰.۹۸	۲.۶۰	پسر	
۰.۰۱۸	۱۶۷	۲.۳۹	۰.۶۱	۳.۵۴	۰.۶۷	۱.۹۰	دختر	آگاهی از اقدامات آمادگی
					۰.۷۸	۲.۱۷	پسر	
۰.۵۹۵	۱۶۷	۰.۵۳۲	۰.۲۷	۱.۱۷	۰.۷۱	۱.۷۶	دختر	آگاهی از شیوه‌های مطلوب واکنش
					۰.۶۴	۱.۸۱	پسر	

همچنین نیز به بررسی همبستگی بین ادراک و آگاهی از ماهیت زلزله با آگاهی از اقدامات پیشگیرانه، آگاهی از اقدامات آمادگی و آگاهی از شیوه‌های مطلوب واکنش پرداخته شده است که طبق بررسی‌های صورت گرفته در **جدول (۸)** مشخص شد که مقدار سطح معناداری در تمامی متغیرها کمتر از ۰.۰۱ بوده که بیانگر رابطه مستقیم و معنادار بین ادراک و آگاهی از ماهیت زلزله با آگاهی از اقدامات پیشگیرانه، آگاهی از اقدامات آمادگی و آگاهی از شیوه‌های مطلوب واکنش می‌باشد. این ادراک و آگاهی از ماهیت زلزله نیز در بعد آگاهی از اقدامات پیشگیرانه با مقدار همبستگی پیرسون ۰.۶۲ درصد بیشتر از دیگر ابعاد بوده است.

جدول ۸- همبستگی بین ادراک و آگاهی از ماهیت زلزله با پیشگیری و آمادگی و واکنش

متغیرها		آگاهی از اقدامات پیشگیرانه	آگاهی از اقدامات آمادگی	آگاهی از شیوه‌های مطلوب واکنش
ادراک و آگاهی از ماهیت زلزله	همبستگی پیرسون	۰.۶۲۶	۰.۵۱۶	۰.۴۲۱
	سطح معناداری	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰	۰.۰۰۰

در انتها با مصاحبه باز از والدین و معلمان خواسته شد مهم‌ترین علل تأثیرگذار بر سطح آگاهی و دانش مدیریت ریسک کودکان را بیان و خود بر اساس میزان اهمیت ارزش‌گذاری نمایند. درنهایت این علل با آزمون فریدمن رتبه‌بندی شد. بر اساس نتایج به دست آمده مهم‌ترین علل به شرح زیر می‌باشد.

جدول ۹- رتبه‌بندی مهم‌ترین علل پایین بودن سطح آگاهی و دانش مدیریت ریسک در کودکان روستایی از دیدگاه والدین و معلمان

علل	میانگین رتبه	سطح معنی‌داری
طراحی نشدن دروس برای این منظور	۵.۱۰	۰.۰۰۰
نبود ابزار و تجهیزات آموزشی مناسب آموزشی در روستا	۶.۳۷	۰.۰۰۰
عدم ضرورت این مسئله از نگاه آموزشی	۶.۴۸	۰.۰۰۰
محدود بودن توان‌های مشارکتی و یادگیری کودکان در این حوزه	۵.۷۵	۰.۰۰۰
نگرانی از ایجاد استرس و ترس و مشکلات روانی برای کودکان	۶.۳۰	۰.۰۰۰
عدم توجه به این موضوع در برنامه‌های تلویزیونی و کارتون‌های مرتبط با کودکان	۵.۸۱	۰.۰۰۰
عدم آگاهی و دانش کافی خود والدین و معلمان برای آموزش به کودکان	۵.۷۷	۰.۰۰۰

۴- جمع‌بندی

تحقیق حاضر به دنبال تحلیل میزان آگاهی کودکان روستایی از زلزله و همچنین آمادگی آن‌ها برای رویارویی با مخاطره زلزله بیانگر این نتایج کلی می‌باشد که میانگین سطح آگاهی و آمادگی کودکان ۵ تا ۱۲ ساله روستایی مورد مطالعه از زلزله و شیوه‌های واکنش با آن بسیار اندک و نیازمند اصلاح و تقویت می‌باشد. از مهم‌ترین نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر به صورت میدانی و مبتنی بر مصاحبه در کنار تحلیل‌های کمی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- با توجه به تغییر نگرش و رویکردهای جهانی برای ارتقای مدیریت ریسک کودک محور، بسیاری از محدودیت‌های در آگاهی و دانش اندک کودکان روستایی منتج از ضعف نظام آموزشی و توجه اندک آن به مسئله مدیریت بحران و مخاطرات در کودکان می‌باشد که نیازمند اصلاح و بازنگری جدی است.
- در اجتماعات روستایی ضعف خدمات، زیرساخت‌های آموزشی و مانور و... برای ترغیب و تشویق کودکان به ارتقای توانمندی‌های خود در حوزه‌های مختلف سبب ضعف دانش مدیریت ریسک و آگاهی کودکان در این موضوع شده است.

- برای تغییر جایگاه و نقش و مشارکت کودکان در مسئله مدیریت ریسک به عنوان نسل آینده که با این مخاطرات شاید در ابعاد بزرگتری مواجه خواهند شد، نیازمند تغییر نگرش به کودکان، درک، توانایی و همچنین مسئولیت والدین و نهادها در برابر آماده سازی آن‌ها هستیم. نگرش‌های محدودکننده مانع تعالی کودکان است.
 - تکنیک‌های محلی و بومی یادگیری رایج در گذشته در بسیاری از جوامع روستایی جای خود را به وابستگی به ابزار و شیوه‌های نوین آموزشی داده است که فقدان امکانات آن‌ها را محدود می‌کند. لذا لزوم احیای راهکارهای محلی و بومی یادگیری نظیر بازی، قصه‌گویی و ... در کنار شیوه‌های نوین نظیر مانور همان‌طور که در نتایج هم مشخص گردید می‌تواند در این موضوع بسیار مؤثر باشد.
 - جایگاه خانواده و والدین در ارتقای دانش بومی کودکان از مخاطره زلزله به شدت مغفول و پایین است. به گونه‌ای که جبران‌کننده این فقدان آموزش در توانمندسازی کودکان نبوده است.
 - بین سطح آگاهی کودکان دختر و پسر به نفع پسران تفاوت وجود دارد اما در سایر ابعاد آمادگی و واکنش این تفاوت معنادار نیست. این نتایج لزوم توجه بیشتر به کودکان با رویکردهای مختلف نظیر تفاوت‌های جنسیتی در نقش‌ها و یا علل محدودیت‌های جنسیتی ضرورت می‌بخشد.
- با توجه به اینکه آموزش کودکان به دلیل تفاوت نگرش آن‌ها در سنین کودکی بلید با شیوه‌های ویژه‌ای انجام شود، در این راستا برنامه‌های آموزشی بلایای طبیعی از طریق برنامه درسی مدرسه، با تکرار برنامه‌ها هرساله، اطلاع‌رسانی به کودکان در مورد ماهیت بلایای طبیعی خاص، همراه با راهکارهایی برای کمک به ایمن نگه‌داشتن کودکان و افزایش تاب‌آوری آن‌ها، در برنامه‌های درسی مدرسه و یا در قالب اردوهای تفریحی - آموزشی، آموزش‌های محیطی و ... بسیار ارزشمند و ضروری می‌باشند.
- نتایج مقاله حاضر در بررسی ادراک و آمادگی کودکان و نقش آموزش در ایجاد این آمادگی مانند بسیاری از تحقیقات بیان شده در پیشینه مؤید این مهم می‌باشد. در این همسوئی می‌توان به انطباق برخی از پژوهش‌ها پرداخت:
- مطابق با نتایج احمدی و همکاران (۱۳۹۸)، مدیریت ریسک شهرستان قائنات با مقدار نامناسب میانگین محاسبه شده برابر با ۲.۶۷، وضعیت رضایت‌بخشی ندارد. علل شکل‌گیری این وضعیت در قالب چهار عامل اصلی ضعف در برنامه‌ریزی، اجرا و نظارت مدیریت بحران شهرستان، نارسایی‌های اجتماعی، ضعف در قانون‌گذاری و سیاست‌گذاری و ضعف در آموزش و مهارت‌های عملی، مبتنی بر ۳۲ شاخص خلاصه شد.
 - مطابق با نتایج پژوهش‌های مورنو و همکاران (۲۰۱۹)، مدیریت بحران منطقه مبتنی بر رویکرد سستی است که مهم‌ترین ویژگی‌های آن واکنشی بودن، مدیریت پس از واقعه، نادیده گرفتن مشارکت مردم

محلی و آسیب‌پذیری‌های اجتماعی، تأکید بر امداد رسانی و بازیابی به جای پیشگیری و آمادگی است. نمود این امر در تداوم بحران‌های حاصل از مخاطرات طبیعی و خسارات ناشی از آن در هر سال مشاهده می‌شود. عمده راه‌حل‌های حل این بحران‌ها، کوتاه‌مدت و سطحی است؛ همچون اختصاص وام‌هایی که عموماً به‌ویژه روستاییان به دلیل فقر اقتصادی منطقه تمایل به دریافت آن‌ها یا توان بازپرداخت آن‌ها را ندارند، جبران محدود خسارات رخ داده در کسب و کار مردم محلی، جریمه مالی و تخریب محدود بناها و سازه‌های متجاوزان به حریم‌ها، آبرسانی با تانکرها و ... با توجه به تداوم مخاطرات منطقه مانند خشکسالی، سرمازدگی و سیل و تهدید با مخاطراتی مانند زلزله نیاز است اقدامات سازگارانه و بلندمدت انجام شود که توان تاب‌آوری سکونتگاه‌ها را افزایش دهد.

- در خصوص نقش آموزش در مدیریت مخاطرات با مطالعه احمدی و همکاران (۱۳۹۳)، پایین بودن سطح آگاهی کودکان از نحوه رویارویی با مخاطرات در بسیاری از نواحی روستایی با مطالعه یاری و پریشان (۱۳۹۶) و همچنین دهقان و فاروجی (۱۳۹۶)، و نیاز به پشتیبانی و مشارکت والدین و آموزش رسمی در افزایش آمادگی کودکان با مطالعه فوترجیل (۲۰۱۷) اذعان نمود. در خصوص مهم‌ترین اقدامات لازم بلیدیه لزوم تقویت ارتباط والدین و خانواده‌ها با کودکان در آموزش دانش بومی مرتبط با مخاطرات، بهبود زیرساخت‌های آموزش در خصوص مدیریت مخاطرات در کودکان به‌عنوان استراتژی با هدف‌گذاری بلندمدت و کم‌هزینه، و بهبود شیوه‌های روان‌شناختی برای آموزش در این خصوص اشاره نمود.

کتابنامه

- احمدی، عبدالمجید؛ منوچهری، سوران؛ ۱۳۹۸. *تحلیلی بر تأثیرات مخاطرات محیطی (خشکسالی) بر پایداری معیشت روستاییان؛ مطالعه موردی: روستاهای شهرستان قائنات*. طرح پژوهشی دانشگاه بزرگمهر قائنات. <http://doi.org/10.22108/SPPL.2020.117853.1398>
- استوارایزدخواه، یاسمین؛ حشمتی، آیدا؛ ۱۳۹۴. بررسی آگاهی کودکان پیش‌دبستانی در مورد زلزله و مروری بر روش‌های آموزشی موجود. هفتمین کنفرانس بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، تهران. <https://civilica.com/doc/1132610>
- افشاری، الناز؛ زارعی، احمد، محمودعلیلو، مجید؛ نعمتی، فاطمه؛ ۱۳۹۷. مقایسه راهبردهای مقابله‌ای، شادکامی و امید به آینده در نوجوانان بازمانده از زلزله بم با نوجوانان عادی. *مجله روانشناسی و روان‌پزشکی ساخت*، سال پنجم، شماره ۳، ۵۲-۳۸. <http://doi.org/10.29252/shenakht.5.3.38>
- بابائی، نعمت‌الله؛ ۱۳۸۲. یاری‌رساندن به کودکان پس از بلایای طبیعی. *فصلنامه رفاه اجتماعی*، سال سوم، شماره ۱۱، ۱۶۳-۱۷۳. <https://refahj.uswr.ac.ir/article-1-2201-fa.html>

پژوهان، ایوب؛ رضایی، بیژن؛ نادری، نادر؛ و عسگری، علی؛ ۱۳۹۸. شناسایی عوامل مؤثر بر پایداری کسب و کارهای کوچک مناطق زلزله زده استان کرمانشاه. *فصلنامه جغرافیا و پایداری محیط (پژوهشنامه جغرافیایی)*، شماره ۹ (۳۳)،

۷۱-۸۷. <https://sid.ir/paper/358517/fa>

پوراحمدی، شهرام؛ عبادی، تقی؛ اردشیر، عبدالله؛ یارعلی، نبی الله؛ ۱۳۹۳. ارزیابی اثربخشی دوره های آموزشی مدیریت بحران در مدارس. کنفرانس بین المللی مهندسی، هنر و محیط زیست. <https://civilica.com/doc/372382>

تترپور، پروین؛ ۱۳۹۸. بررسی تأثیر سیل بر کودکان. *نهمین کنگره بین المللی سلامت در حوادث و بلایا، تهران*.

دهقان فاروجی، فاطمه؛ کاظمیان، پرستو؛ دهقان، اشرف؛ بیت اللهی، علی؛ ۱۳۹۶. کودکان در برنامه های کاهش خطرپذیری بحران های طبیعی (مطالعه موردی شهر تهران). *فصلنامه دانش پیشگیری و مدیریت بحران*، شماره ۹،

۳۷۶-۳۶۳. <https://civilica.com/doc/929477>

صادقلو، طاهره؛ عرب تیموری، یاسر؛ شکوری فرد، اسماعیل؛ ۱۳۹۶. سنجش سطح دانش و آگاهی روستاییان درباره مدیریت بحران خشکسالی (مطالعه موردی: روستاهای دهستان میان خواف شهرستان خواف). *جغرافیا و مخاطرات*

محیطی، شماره ۲۲، ۷۳-۱۰۰. <https://profdoc.um.ac.ir/paper-abstract-1066363.html>

عسگری زاده، زهرا؛ رفیعیان، مجتبی؛ داداش پور، هاشم؛ ۱۳۹۴. بررسی و تحلیل مدل تجربی رفتارهای کاهش خطر زلزله خانوارهای شهر تهران. *مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی*، شماره ۱۵، ۵۹-

۳۹. <http://doi.org/10.22067/GEO.V4I3.41900>

علیپور، امین؛ ۱۳۹۳. کاهش اثرات بلایای طبیعی روی کودکان و اقشار آسیب پذیر. اولین کنفرانس بین المللی مهندسی محیط زیست، تهران. <https://civilica.com/doc/347649>

عینالی، جمشید؛ رومیانی، احمد؛ ۱۳۹۲. *ارزیابی نقش جریان سرمایه های شهری-روستایی در توسعه پایدار گردشگری (مطالعه موردی: دهستان حصار ولیعصر- شهرستان بوئین زهرا)*. پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی

روستایی، دانشگاه زنجان، ایران. <https://elmnet.ir/article/31559777-22332>

فتوحی، صمد؛ کیانی، سجاد؛ ۱۳۹۳. مدیریت بحران و ارزیابی ریسک شهر قاین بر اساس ماتریس ریسک. *فصلنامه برنامه ریزی منطقه ای*، شماره ۱۴، ۱۰۱-۱۲۰. https://jzpm.marvdasht.iau.ir/article_461.html

فرامرزی نیا، ضرغام؛ شاهی، سکینه؛ نعیم زاده، امین؛ ۱۳۹۳. مدیریت بحران و آموزش آمادگی در برابر زلزله در آموزش و پرورش. *همایش بین المللی مدیریت، تهران، موسسه سفیران فرهنگی مبین*.

<https://civilica.com/doc/344417>

محمدخانی، مظفر؛ سلمانیان، مریم؛ ۱۳۸۹. نقش برنامه ریزی روستایی و مدیریت بحران در کاهش مخاطرات طبیعی.

چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان. <https://civilica.com/doc/82872>

نوروزی، اصغر؛ فرهادی، مریم؛ ۱۳۹۶. سنجش آسیب پذیری و برنامه ریزی راهبردی مدیریت بحران (زلزله) در نواحی روستایی (مطالعه موردی: شهرستان شهرکرد). *نشریه مدیریت بحران*، شماره ۱۱، ۳۱-۴۵.

<https://www.sid.ir/paper/226046/fa>

یاری، ارسطو؛ پریشان، مجید: ۱۳۹۶. بررسی نقش آموزش در مدیریت ریسک مخاطرات طبیعی (زلزله) (مورد: مناطق روستایی شهرستان قزوین). نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شماره ۱، صص ۴۹-۶۲.

<https://jsaeh.khu.ac.ir/article-1-2693-fa.html>

- Ahmad Shah, A., Ajiang, Ch., Gong, Z., Abbas Khan, N., Muhammad, A., Ahmad, M., Abbas, A., & Shahid, A., 2022. Reconnoitering school children vulnerability and its determinants: Evidence from flood disaster-hit rural communities of Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 70. <http://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102735>.
- Antonowicz, L., Anderson, A., Wetheridge, L., 2010. Child-centred disaster risk reduction: building resilience through participation. *Plan International*, 1-48. <https://www.preventionweb.net/quick/41246>.
- Back E., Cameron., C., 2009. Our climate, Our children, Our responsibility. UNICEF UK Climate Change Repor, 1-40. <https://www.unicef.org/climatechange>.
- Bartlett, S., 2008. The implications of climate change for children in lower-income countries. *Children Youth and Environments*, 18, 71-98. <http://doi.org/10.1353/cye.2008.0044>.
- Chiu, M., Goodman, L., Palacios, H., Dingeldein, M., 2022. Children in disasters. *Semin Pediatr Surg*, 31. <http://doi.org/10.1016/j.sempedsurg.2022.151219>.
- Ersoy, S., Koçak, A., 2016. Disasters and earthquake preparedness of children and schools in Istanbul, Turkey. *Natural Hazards and Risk*, 7, 1307-1336, <http://doi.org/10.1080/19475705.2015.1060637>.
- Fothergill, A., 2017. Children, Youth, and Disaster. *Natural Hazard Science*, 1-28. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.23>.
- Gulay, H., 2010. An earthquake education program with parent participation for preschool children. *Educational Research and Review*, 5, 624-630. <http://academicjournals.org/ERR2>.
- King, T. A., Tarrant, A. C., 2013. Children's knowledge, cognitions and emotions unrounding natural disasters: An investigation of Year 5 students, Wellington, New Zealand. *Australasian Journal of Disaster and Trauma Studies*. 1, 17-26. http://trauma.massey.ac.nz/issues/2013-1/AJDTs_2013-1_King.
- Liv Gunvor, H. M., Atle, D., Heidi, W. D., 2018. Communicating with children and adolescents about the risk of natural disasters. *European Journal of Psychotraumatology*, 9. <http://doi.org/10.1080/20008198.2018.1429771>.
- Lopez, Y., Hayden, J., Cologon, K., Hadley, F., 2012. Child participation and disaster risk reduction. *International Journal of Early Years Education*, 20, 300-308. <https://doi.org/10.1080/09669760.2012.716712>.
- Morenoa, J., Larab, A., Torresc, M., 2019. Community resilience in response to the 2010 tsunami in Chile: The survival of a small-scale fishing community. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 33, 376-384. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.10.024>.
- Onstada, P.A., Danesb, S. M., Hardmanc, A. M., Olsonc, P. D., Marczakc, M. S., Heinsd, R. K., Croymans, S. R., & Coffee, K. A., 2012. The road to recovery from a natural disaster: voices from the community. *Community Development*, 3, 566-80. <https://doi.org/10.1080/15575330.2012.699081>.
- Penrose, A., Takaki, M., 2006. Children's rights in emergencies and disasters. *The Lancet*, 367, 698-699. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(06\)68272-X](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68272-X).
- Pfefferbaum, B., Van Horn, R. L., Pfefferbaum, R. L., 2017. Involving children in disaster risk reduction: the importance of participation. *European Journal of Psychotraumatology*, 2, <https://doi.org/10.1080/20008198.2018.1425577>

- Plan, U. K., 2010. Child-Centred Disaster Risk Reduction: Building resilience through participation. 1-52. https://gfmc.online/wp-content/uploads/DRR-%20Building_resilience_through_participation.
- Policy Brief. 2005. Protecting Children in Emergencies. Save the Children US, 1-12. <https://resourcecentre.savethechildren.net/9d62bf8>.
- Tuswadi, T., Hayashi, T., 2014. Disaster Prevention Education in Merapi Volcano Area Primary Schools: Focusing on Students' Perception and Teachers' Performance. Procedia Environmental Sciences, 20, 668 -677. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2014.03.080>.
- UNICEF., 2012. The State of the World's Children 2012. United Nations Children's Fund (UNICEF), 1-156. <https://www.unicef.org/sowc2012>.
- Yildiz, A., Teeuw, T., Dickinson, J., Roberts, J., 2020. Children's earthquake preparedness and risk perception: A comparative study of two cities in Turkey, using a modified PRISM approach. International Journal of Disaster Risk Reduction, 49. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101666>.



Investigating the Relationship between Vegetation Indices and the Occurrence of Wildfire in the Vegetation Areas of Iran

Kobra Shojaeizadeh ^a, Mahmoud Ahmadi ^{b*}, Abbas Ali Dadashi-Roudbari ^c

^a PhD Candidate in Climatology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

^b Associate Professor in Climatology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

^c Postdoctoral Research Associate in Climatology, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Received: 27 October 2022

Revised: 18 December 2022

Accepted: 27 December 2022

Abstract

The risk of wildfire in Iran has increasingly become a serious risk throughout the year and is no longer limited to a few months of the year. Accordingly, forest monitoring for identifying areas prone to fires is an effective step for the development of early warning systems. This research was conducted to see the relationship between the vegetation indices with the occurrence of fire in the vegetation areas of Iran. The MODIS sensor data of the Terra satellite, including the active fire product (MOD14A2) and vegetation indices NDVI and EVI (MOD13A3) were used from 2001 to 2020. The results showed that the maximum occurrence of wildfire in the vegetation areas of Iran occurs from the end of spring to the beginning of autumn. The increasing trend of wildfire occurrence in the warm period of the year is related to the increase in temperature, decrease in humidity, and early melting of snow in the spring season and the autumn season, simultaneously with the fall of vegetation and the late start of autumn precipitation. The maximum average height of wildfire occurrences in the Arsbaran vegetation area is 1791 meters in October and the maximum height of wildfire occurrences in the Irani-Turani area is 1565 meters in August. Spatial distribution of NDVI and EVI indices showed that the density of vegetation is effective in the intensity and spread of wildfire and provides the conditions for the spread of wildfire in such a way that barren areas with low vegetation cover the center, east, and southeast of Iran. Almost no wildfire occurred and the maximum number of active fires was observed in the north, west, and northwest of Iran.

Keywords: Active Fire, NDVI Index, EVI Index, Vegetation Areas of Iran, MODIS

*.Corresponding author: Mahmoud Ahmadi Email: ma_ahmadi@sbu.ac.ir Tel:+989121487497

How to cite this Article: Shojaeizadeh, K., Ahmadi, M., & Dadashi-Roudbari, A. A. (2023). Investigating the relationship between vegetation indices and the occurrence of wildfire in the vegetation areas of Iran. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 99-116.

DOI: 10.22067/geoh.2022.78468.1276



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

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

 <https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.78468.1276> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۹۹-۱۱۶

مقاله پژوهشی

ارتباط شاخص‌های پوشش گیاهی با رخداد آتش‌سوزی در نواحی رویشی ایران

کبری شجاعی زاده- دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

محمود احمدی^۱- دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

عباسعلی داداشی رودباری- پژوهشگر پسادکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۸/۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۹/۲۷ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۰/۶

چکیده

مخاطره آتش‌سوزی در ایران به‌طور فزاینده‌ای به یک ریسک جدی در طول سال تبدیل شده و محدود به چند ماه از سال نیست؛ بر این اساس پایش جنگل‌ها برای شناسایی و تعیین نواحی مستعد رخداد آتش‌سوزی‌ها گامی مؤثر برای توسعه سامانه‌های هشدار سریع است. این پژوهش با هدف ارتباط شاخص‌های پوشش گیاهی با رخداد آتش‌سوزی در نواحی رویشی ایران انجام شده است. در این پژوهش از داده‌های سنجنده MODIS ماهواره Terra شامل محصول آتش‌سوزی فعال (MOD14A2) و شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و EVI (MOD13A3) در بازه زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۰ استفاده شده است. نتایج نشان داد بیشینه رخداد آتش‌سوزی در نواحی رویشی ایران از اواخر فصل بهار تا اوایل فصل پاییز رخ می‌دهد. روند افزایشی رخداد آتش‌سوزی در دوره گرم سال با افزایش دما، کاهش رطوبت و ذوب زودهنگام برف در فصل بهار و در فصل پاییز هم‌زمان با خزان پوشش گیاهی و شروع دیر هنگام بارش‌های پاییزی مرتبط است. بیشینه متوسط ارتفاعی رخدادهای آتش‌سوزی در ناحیه رویشی ارسباران با ۱۷۹۱ متر در ماه اکتبر و بیشینه ارتفاعی رخدادهای آتش‌سوزی در ناحیه ایرانی-تورانی با ۱۵۶۵ متر در ماه

Email: ma_ahmadi@sbu.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۱۴۸۷۴۹۷

نحوه ارجاع به این مقاله:

شجاعی زاده، کبری؛ احمدی، محمود؛ داداشی رودباری، عباسعلی؛ ۱۴۰۲. ارتباط شاخص‌های پوشش گیاهی با رخداد آتش‌سوزی

در نواحی رویشی ایران. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۲(۴)، صص ۹۹-۱۱۶

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.78468.1276>

اوت مشاهده شده است. توزیع فضایی شاخص‌های NDVI و EVI حاکی از آن است که تراکم پوشش گیاهی در شدت و گسترش آتش‌سوزی تأثیرگذار بوده و شرایط را برای گسترش آتش‌سوزی‌ها فراهم می‌سازد به گونه‌ای که مناطق بایر با پوشش گیاهی کم در مرکز، شرق و جنوب شرق ایران تقریباً بدون رخداد آتش‌سوزی و بیشینه رخداد آتش‌سوزی‌های فعال در شمال، غرب و شمال غرب ایران مشاهده شده است.

کلیدواژه‌ها: آتش‌سوزی فعال، شاخص NDVI، شاخص EVI، نواحی رویشی ایران، MODIS.

۱- مقدمه

آتش‌سوزی جنگل یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی است که نه تنها باعث خسارات غیرقابل جبران به منابع طبیعی می‌شود، بلکه امنیت جان و مال مردم را نیز تهدید می‌کند (شیانو و همکاران^۱، ۲۰۱۵). منشأ آتش‌سوزی جنگل ممکن است طبیعی یا غیرطبیعی باشد. اگرچه به عنوان یک قاعده کلی در سطح جهانی، تنها حدود ۴ درصد از تمام آتش‌سوزی جنگل‌ها دلایل طبیعی مانند عوامل هواشناسی دارند ولی در تمام موارد دیگر، انسان‌ها به طور عمدی و غیرعمدی، مسئول آتش‌سوزی‌ها هستند. پیش‌بینی می‌شود که شدت و فراوانی آتش‌سوزی‌ها تا پایان قرن ۲۱ در سراسر جهان به ویژه در عرض‌های شمالی افزایش یابد (فلانینگ و همکاران^۲، ۲۰۱۳) که همراه با پیامدهای منفی مانند فرسایش خاک، تخریب زمین و افزایش انتشار دی‌اکسید کربن است (بارو و کونارد^۳، ۱۹۹۱)؛ بنابراین پایش دقیق مناطق دارای پتانسیل آتش‌سوزی، اندازه و شدت آن‌ها اهمیت فزاینده‌ای پیدا می‌کند (تاناس و همکاران^۴، ۲۰۱۸). بدین منظور، تلاش‌های زیادی برای پیشگیری یا کاهش این رخداد از طریق تشخیص زودهنگام آن با تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی صورت گرفته است (پرادان و همکاران^۵، ۲۰۰۷).

لازمه شناسایی گستره‌های خطر آتش‌سوزی، مشخص کردن عوامل مؤثر بر رخداد و گسترش آتش‌سوزی است. نتایج مطالعات نشان داده است که آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع نتیجه برهم‌کنش عوامل متعددی است که اهمیت این عوامل در اکوسیستم‌های مختلف، متفاوت است (کاللز و همکاران^۶، ۲۰۱۵). این عوامل به طور عمده به چهار دسته اقلیمی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و انسانی تقسیم می‌شوند (وو و همکاران^۷، ۲۰۲۱). فراوانی، شدت و زمان آتش‌سوزی جنگل‌ها ارتباط تنگاتنگی با این عوامل دارد (کاسترو و همکاران^۸، ۲۰۰۳). طی دهه‌های گذشته پایش جنگل

1 Xiao et al

2 Flannigan et al

3 Barro & Conard

4 Tanase et al

5 Pradhan et al

6 Collins et al

7 Wu et al

8 Castro et al

ها به ابزاری مهم برای مدیریت بحران آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع تبدیل شده است. انجام این کار با استفاده از روش‌های معمول دشوار و پرهزینه است (کر و استروفسکی^۱، ۲۰۰۳). لذا فن‌آوری سنجش‌ازدور راهکاری مناسب برای شناسایی و مدیریت آتش‌سوزی است.

ازجمله داده‌های قابل‌استفاده در این زمینه می‌توان به محصولات ماهواره‌ای سنجنده MODIS (پاراجولی و همکاران^۲، ۲۰۲۰؛ سابدی و همکاران^۳، ۲۰۲۲) اشاره کرد. سنجنده MODIS دستگاهی با تفکیک رادیو متریکی زیاد (۱۲ بیت) است که با دو ماهواره آمریکایی Terra (از سال ۲۰۰۰ تاکنون) و Aqua (از سال ۲۰۰۲ تاکنون) حمل می‌شود (تام و همکاران^۴، ۲۰۰۳). این دو ماهواره می‌توانند روزانه چهار بار از مناطق دارای رخداد آتش‌سوزی بر روی سطح زمین تصویربرداری کنند (گیگلیو و همکاران^۵، ۲۰۰۳).

بررسی منابع مرتبط با آتش‌سوزی جنگل در سطح جهانی نشان می‌دهد که این مطالعات در سال‌های اخیر به دلیل دسترسی بهتر به محصولات ماهواره‌ای، داده‌های باز تحلیل و خروجی مدل‌ها رشد قابل توجهی داشته‌اند. این مطالعات را می‌توان در دو دسته محصولات ماهواره‌ای (چویکو و همکاران^۶، ۲۰۲۰) و برونداد مدل‌ها (سالیوان^۷، ۲۰۰۹) تقسیم کرد. مطالعاتی که آتش‌سوزی جنگل‌ها را با داده‌های ماهواره‌ای موردبررسی قرار داده‌اند بسته به نوع سنجنده/ماهواره طیف گسترده‌ای را در برمی‌گیرند. بیش‌تر این مطالعات از داده‌های ماهواره‌های NOAA، LANDSAT و Terra و Aqua استفاده کرده‌اند. برای مثال می‌توان به پژوهش‌های انجام شده ماهواره NOAA سنجنده AVHRR (اوتن و همکاران^۸، ۲۰۱۹)، سری ماهواره‌های LANDSAT شامل سنجنده‌های TM، MSS، ETM⁺، OLI و TIRS (یانکویچ و همکاران^۹، ۲۰۱۹)، سنجنده MODIS ماهواره‌های Terra و Aqua (مارتین و همکاران^{۱۰}، ۲۰۲۰)، سنجنده VIIRS از ماهواره S-NPP (فو و همکاران^{۱۱}، ۲۰۲۰) اشاره کرد. از بین ماهواره‌ها و سنجنده‌های اشاره شده، سنجنده MODIS به دلیل طیف دوره روزانه، دوره آماری بلندمدت‌تر (داده‌های ماهواره Terra برای بیش از دو دهه در دسترس است) و محصولات متنوع‌تر (همانند محصول آتش‌سوزی فعال و مناطق سوخته شده) بیشتر موردتوجه پژوهشگران قرار گرفته است (آلبار و همکاران^{۱۲}، ۲۰۱۸؛ زینگ و همکاران^{۱۳}، ۲۰۲۲).

1 Kerr & Ostrovsky

2 Parajuli et al

3 Subedi et al

4 Thome et al

5 Giglio et al

6 Chuvieco et al

7 Sullivan

8 Otón et al

9 Yankovich et al

10 Martyn et al

11 Fu et al

12 Albar et al

13 Zeng et al

همچنین کارایی محصولات آتش‌سوزی سنجنده MODIS نیز توسط پژوهش‌های بسیاری (کوماری و پندی^۱، ۲۰۲۰؛ تمشین و سالوویف^۲، ۲۰۲۲) در سراسر جهان مورد تأیید قرار گرفته است.

مطالعات بسیاری نیز آتش‌سوزی جنگل را در ایران مورد بررسی قرار داده‌اند. تمرکز اصلی این مطالعات، ارزیابی رخدادهای آتش‌سوزی به‌صورت موردی و در ناحیه رویشی خاصی بر اساس تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم طبقه‌بندی (فرج زاده و همکاران، ۱۳۹۴؛ شریف‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۸) ارتباط عوامل محیطی و آتش‌سوزی (عالی محمودی سراب و همکاران، ۱۳۹۱؛ امامی و شهریار، ۱۳۹۸) و مدیریت آتش‌سوزی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تحلیل سلسله مراتبی (AHP) (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹؛ جانباز قبادی، ۱۳۹۸) بوده است.

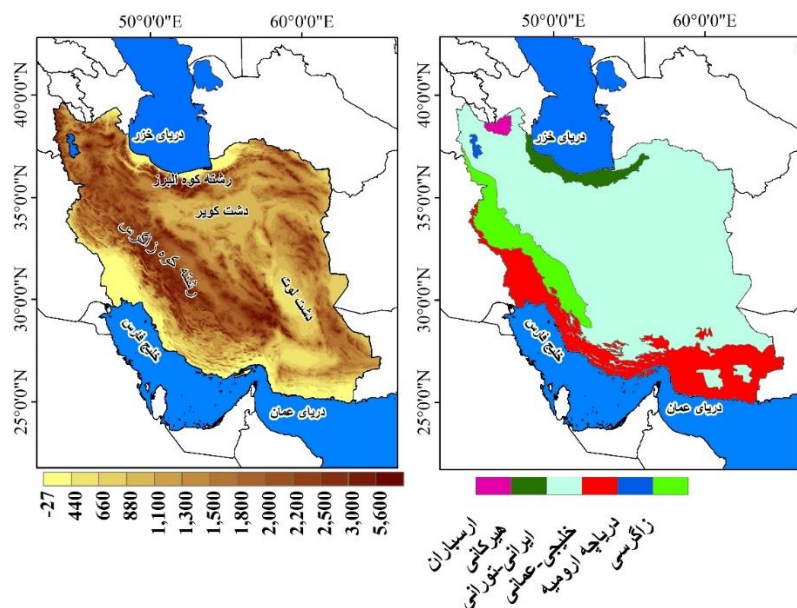
مرور پژوهش‌های صورت گرفته در ایران نشان می‌دهد، مطالعه‌ای دقیق برای پایش و شناسایی آتش‌سوزی‌های فعال و هم‌چنین الگوی زمانی- مکانی آتش‌سوزی جنگل‌ها در ایران بر مبنای شاخص‌های پوشش گیاهی و با توان تفکیک افقی بسیار بالا ارائه نشده است. از آنجایی که شناسایی آتش‌سوزی‌های فعال می‌تواند اطلاعاتی درباره توزیع زمانی- مکانی آتش‌سوزی‌ها و در نتیجه اتخاذ راهبردهای مدیریتی برای پیش‌گیری از آتش‌سوزی‌ها را در عرصه‌های طبیعی ارائه دهد، لذا ضرورت پژوهش‌های کاربردی‌تر با داده‌های دقیق‌تر (همانند داده‌های ۱۰۰۰ متری در مقیاس ایران) بیش‌ازپیش احساس می‌شود. در این تحقیق با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS ماهواره Terra طی یک دوره ۲۰ ساله (۲۰۲۰-۲۰۰۱) به شناسایی آتش‌سوزی فعال و بررسی تغییرات زمانی- مکانی آن در نواحی رویشی ایران در ارتباط با شاخص‌های پوشش گیاهی پرداخته شده است.

۲- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش، کشور ایران است. قرارگیری در کمربند خشک کره زمین شرایط جوی و بیوفیزیکی لازم برای رخداد آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع ایران را فراهم کرده است. طبق آخرین اعلام سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور در سال ۱۳۹۹ خورشیدی، سطح جنگل‌های ایران ۱۷۶۴۹۸۹۰ هکتار است که در پنج پهنه رویشی قرار دارند. این پنج پهنه رویشی عبارتند از ناحیه رویشی هیرکانی با ۱۴ درصد، ناحیه رویشی ایرانی-تورانی با ۲۸/۲ درصد، ناحیه رویشی ارسباران با حدود ۱/۴۰ درصد، ناحیه رویشی خلیج-عمانی با حدود ۱۴/۸ درصد و ناحیه رویشی زاگرس با ۴۱/۹ درصد. وسیع‌ترین رویشگاه جنگلی ایران زاگرس است که از منتهی‌الیه شمال غربی آغاز و تا جنوب ایران را در بر می‌گیرد (شکل ۱).

1 Kumari & Pandey

2 Tomshin & Solovyev



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی نواحی رویشی و ارتفاعی ایران

۳- داده‌ها و روش‌های مورد استفاده

در این پژوهش از داده‌های ماهواره Terra سنجنده MODIS استفاده شده است. زمان عبور ماهواره Terra ساعت ۱۰:۳۰ به وقت محلی ایران است. پهنای نوارهای تصویربرداری (Swath) سنجنده MODIS، ۲۳۳۰ کیلومتر هست، بنابراین هر یک الی دو روز تصویر کاملی از سطح زمین را در ۳۶ باند طیفی از ۰.۴ میکرومتر تا ۱۴.۴ میکرومتر ارائه می‌دهد. تفکیک افقی محصولات MODIS با توجه به بلندای طیفی متفاوت است. بطوریکه این تفکیک برای باندهای یک و دو ۲۵۰ متر، باندهای سه تا هفت ۵۰۰ متر و برای باندهای هشت تا ۳۶، ۱۰۰۰ متر است (منجن و همکاران^۱، ۲۰۱۶). در ادامه سه شاخص آتش‌سوزی فعال (Active Fire)، شاخص اختلاف بهنجار شده پوشش گیاهی (NDVI) و پوشش گیاهی بارزسازی شده (EVI) که در این تحقیق استفاده شد، توضیح داده شده است.

۳-۱- شاخص آتش‌سوزی فعال (Active Fire)

سنجنده MODIS دارای دو محصول مرتبط با آتش‌سوزی هست. این دو محصول عبارت‌اند از محصول آتش‌سوزی فعال^۲ (ولنگ و همکاران^۳، ۲۰۲۱) و مناطق سوخته شده^۴ (کتاگیس و گیتاس^۵، ۲۰۲۲). از جمله

1 Mangeon et al

2 Active Fire

3 Wang et al

4 Burned Area

5 Katagis & Gitas

محصولات رخداد آتش‌سوزی فعال MODIS می‌توان به محصول MOD14A2 اشاره کرد (چامپین و همکاران^۱، ۲۰۲۲؛ لی و همکاران^۲، ۲۰۲۲). در محصول آتش‌سوزی فعال به هر نقطه شبکه یک طبقه اختصاص داده می‌شود که ۳ طبقه از طبقات موجود در آن (طبقات ۷، ۸ و ۹) رخداد آتش‌سوزی را با سطوح اطمینان مختلف نشان می‌دهد. نقطه شبکه‌های با عدد هفت دارای سطح اطمینان کم (۳۰-۰ درصد)، نقطه شبکه‌های با عدد هشت دارای سطح اطمینان متوسط-اسمی (بین ۸۰-۳۰ درصد) و نقطه شبکه‌های با عدد نه (بین ۱۰۰-۸۰ درصد) دارای سطح اطمینان بالا هستند (جاستیس و همکاران^۳، ۲۰۱۱).

۳-۲- شاخص‌های اختلاف بهنجار شده پوشش گیاهی (NDVI) و پوشش گیاهی بارزسازی شده (EVI)

شاخص اختلاف بهنجار شده پوشش گیاهی (NDVI) و شاخص پوشش گیاهی بارزسازی شده (EVI) از مجموعه ۶۱ (MOD13A3) سنجنده MODIS با تفکیک افقی ۱۰۰۰ متر به‌صورت ماهانه به‌عنوان محصول سطح سه ارائه می‌شوند. در الگوریتم این محصول از میانگین زمانی وزنی، برای تولید داده‌های ماهانه از سری زمانی داده‌های روزانه MODIS استفاده می‌شود (گوان و همکاران^۴، ۲۰۲۱). درحالی‌که شاخص NDVI به کلروفیل گیاه حساس است، EVI به تغییرات ساختاری تاج پوشش واکنش نشان می‌دهد (هیت و همکاران^۵، ۲۰۰۲). این دو شاخص، در مطالعات مرتبط با پوشش گیاهی جهانی مکمل یکدیگر هستند و با تشخیص تغییرات پوشش گیاهی و استخراج متغیرهای بیوفیزیکی تاج پوشش بهبود می‌یابند.

در این پژوهش به‌منظور شناسایی مناطقی از ایران که دارای آتش‌سوزی فعال هستند و تحلیل فضایی شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و EVI و ارتباط آن‌ها با آتش‌سوزی جنگل، مراحل زیر انجام شده است.

- استخراج رخداد آتش‌سوزی با سطوح اطمینان کم (۳۰-۰ درصد)، سطح اطمینان متوسط-اسمی (بین ۸۰-۳۰ درصد) و سطح اطمینان بالا (بین ۱۰۰-۸۰ درصد) با بررسی دو میلیون دویست چهل هزار و ششصد و شصت و پنج (۲۲۶۰۶۶۵) نقطه شبکه برای تعداد ۹۲۱ روز (محصول مورد استفاده هشت روزه بوده است) در بازه زمانی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۱.

- تعیین میانگین و بیشینه ارتفاعی رخداد آتش‌سوزی برای هر نقطه شبکه برای ۱۲ ماه سال و ارائه آن به تفکیک هر پهنه رویشی با بررسی تمامی نقطه شبکه‌ها در گستره ایران.

1 Champin et al

2 Li et al

3 Justice et al

4 Guan et al

5 Huete et al

- محاسبه میانگین بلندمدت شاخص‌های NDVI، EVI برای هر نقطه شبکه (۲۲۴۰۶۶۵ نقطه شبکه در گستره ایران) در مقیاس ماهانه برای ۲۴۰ ماه (محصولات مورد استفاده برای دو شاخص پوشش گیاهی NDVI و EVI ماهانه بوده است) در بازه زمانی سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۰۱.

- تعیین میانگین شاخص‌های NDVI و EVI برای هر ماه و به تفکیک هر پهنه یک از پهنه‌های رویشی ایران.

- ارزیابی وضعیت نقطه شبکه‌های دارای رخداد آتش‌سوزی فعال در ارتباط با پوشش گیاهی و توپوگرافی

- تعیین کانون‌های اصلی فراوانی رخداد آتش‌سوزی فعال در ایران.

۴- نتایج

نتایج بر اساس اشکال ۲ و ۳ نشان داد که محصول آتش‌سوزی فعال (MOD14A2) سنجنده MODIS ماهواره Terra برای نواحی رویشی ایران در بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۱ در مجموع ۲۶۰۶۰، ۲۲۴۹۲ و ۲۵۳۹۶ نقطه شبکه دارای رخداد آتش‌سوزی به ترتیب در ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه شناسایی شده است. ناحیه رویشی خلیج-عمانی با ۸۲/۹۷ درصد دارای بیشترین نقطه شبکه دارای رخداد آتش‌سوزی در ماه دسامبر و ناحیه رویشی ارسباران با ۰/۰۳ درصد پایین‌ترین سطح آتش‌سوزی را در ماه فوریه دارا هستند. از میان نقطه شبکه‌های شناسایی شده در سطوح اطمینان مختلف در ماه‌های سرد سال، رخدادهایی با سطح اطمینان اسمی - متوسط (۷۹/۴ درصد) در سطح اطمینان ۳۰ تا ۸۰ درصد، در ماه دسامبر بیشترین فراوانی را داشته است.

بیشینه متوسط ارتفاعی رخداد آتش‌سوزی در ناحیه رویشی ایرانی-تورانی با ۱۵۸۳ متر در ماه دسامبر و کمینه متوسط ارتفاعی رخداد آتش‌سوزی در ارسباران با ۲۹۳ متر در ماه فوریه قرار دارد. بیشینه ارتفاعی رخداد آتش‌سوزی در پهنه رویشی ایرانی-تورانی در ماه دسامبر با ارتفاع متوسط (۲۹۰۲ متر) مشاهده شده است. نتایج بررسی محصول نامبرده برای شناسایی آتش‌سوزی‌های فعال در ماه‌های فصل بهار (مارس، آوریل و می) برای دوره ۲۰ ساله به شکل تجمعی نشان داد، ۲۴۰۹۴، ۲۳۳۱۹ و ۳۸۹۷۹ نقطه شبکه دارای رخداد آتش‌سوزی در نواحی رویشی ایران برای ماه‌های مارس تا می ثبت شده است. نقطه شبکه‌های دارای رخداد آتش‌سوزی به صورت پراکنده و متفاوت در تمامی نواحی رویشی ایران مشاهده می‌شوند ولی همچنان کانون آتش‌سوزی‌های فعال در جنوب و جنوب غرب ایران قرار دارد. علیرغم بارش‌های بهاری اما خطر بروز آتش‌سوزی در برخی مناطق ایران وجود دارد. بارش قابل توجه در اوایل بهار موجب رشد گیاهان علفی شده و این گیاهان با افزایش دما خشک شده و با کوچک‌ترین عامل، آتش گرفته و شعله‌هایشان گسترده می‌شود. در واقع افزایش دما و بادهای بهاری به سرعت سطح بالایی زمین را خشک و باعث رخداد آتش‌سوزی‌ها می‌شود.

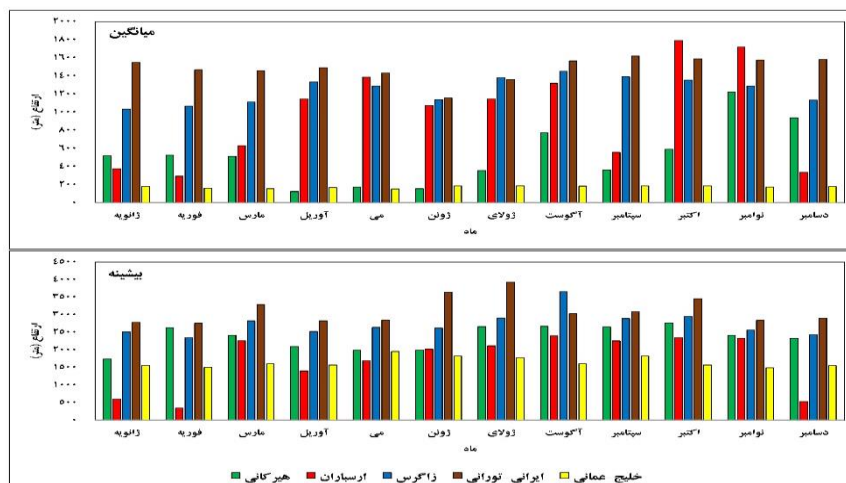
بیشینه رخداد آتش‌سوزی در ناحیه رویشی خلیج-عمانی در ماه می رخ داده است که تقریباً ۷۲/۱۴ درصد از کل نقطه شبکه‌های آتش‌سوزی را در متوسط ارتفاعی ۱۵۱ متر شامل شده است. پس از آن، ناحیه ایرانی-تورانی (۱۹

درصد) و زاگرس (۷ درصد) دارای بیشترین نقطه شبکه‌های آتش‌سوزی در ماه می هستند. ۶۹/۸۸ درصد نقطه شبکه‌های این فصل در ماه مارس و سطح اطمینان اسمی - متوسط قرار دارد. در فصل بهار نقطه شبکه‌های دارای سطح اطمینان بالا افزایش یافته به گونه‌ای که در ماه می با ۳۳/۰۶ درصد در بالاترین سطح (۸۰-۱۰۰ درصد) رخ داده‌اند. بیشینه متوسط ارتفاعی و بیشینه ارتفاعی رخداد آتش‌سوزی در ناحیه رویشی ایرانی-تورانی با ۱۴۹۰ و ۳۲۹۳ متر قرار دارد (شکل ۲). با توجه به سیر صعودی دما، کاهش بارش و رطوبت نسبی تعداد نقطه شبکه‌های دارای آتش‌سوزی در ماه‌های گرم سال (ژوئن، ژوئیه و اوت) افزایش یافته است. نتایج ها با پژوهش (توسیک و همکاران، ۲۰۱۹) دریافتند آتش‌سوزی‌های بزرگ در شرایط دمای بالا و کمبود بارندگی در فصل تابستان بیش‌تر مشاهده می‌شود هم راستاست. از طرفی ضعیف شدن پوشش گیاهی شرایط مساعد برای ایجاد آتش‌سوزی را فراهم کرده است؛ بنابراین تمامی عوامل برای شروع و گسترش آتش‌سوزی در این فصل فراهم است.

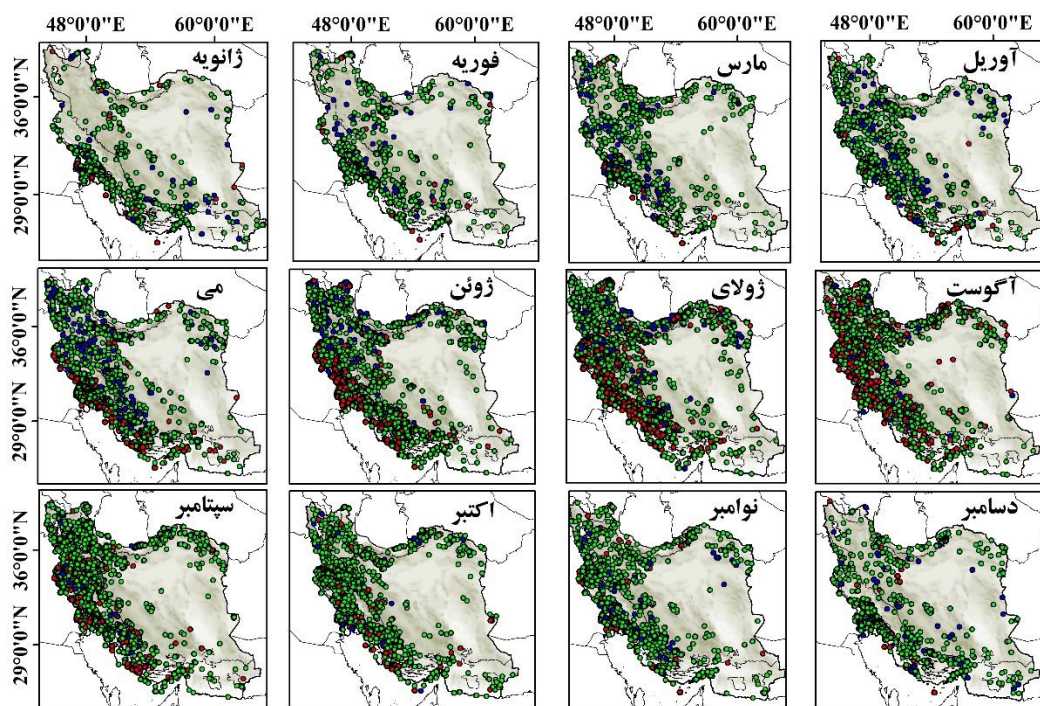
آتش‌سوزی‌های شناسایی شده در نواحی رویشی ایران توسط الگوریتم آتش‌سوزی فعال سنجنده MODIS برای ماه‌های ژوئن تا اوت برابر با ۵۰۹۱۶، ۳۷۸۱۷ و ۳۰۷۰۶ نقطه شبکه است (شکل ۳). ناحیه رویشی خلیج-عمانی در ماه ژوئن دارای بیشترین نقطه شبکه دارای رخداد آتش‌سوزی است که ۵۳ درصد آتش‌سوزی‌های شناسایی شده این ماه را در بر گرفته است. کمینه رخدادهای آتش‌سوزی در ماه اوت در پهنه رویشی ارسباران با ۰/۱۳ مشاهده شده است. در این فصل نقطه شبکه‌های دارای رخداد آتش‌سوزی در سطح اطمینان ۸۰-۱۰۰ افزایش چشمگیری داشته به گونه‌ای که در ماه اوت ۵۰ درصد نواحی رویشی ایران را پوشش داده است.

بالاترین رخدادهای آتش‌سوزی در سطح اطمینان اسمی -متوسط با ۴۹/۶۹ درصد در ماه ژوئن مشاهده شده است. این رخدادها در سطح اطمینان ۳۰-۸۰ درصد رخ داده‌اند. بیشینه متوسط ارتفاعی و بیشینه ارتفاعی رخدادهای آتش‌سوزی در ناحیه رویشی ایرانی-تورانی با ۱۵۶۵ متر و ۳۹۲۴ متر قرار دارد (شکل ۲). برای نواحی رویشی ایران در ماه‌های فصل پاییز (سپتامبر، اکتبر و نوامبر) به‌صورت تجمعی، ۳۳۰۷۵ نقطه شبکه برای ماه سپتامبر، ۲۶۲۹۳ برای ماه اکتبر و ۲۸۶۷۴ نقطه شبکه برای ماه نوامبر توسط سنجنده MODIS ثبت شده است (شکل ۳). به لحاظ پهنه‌ای بیشترین نقطه شبکه آتش‌سوزی در ناحیه رویشی خلیج-عمانی ماه نوامبر بوده است که ۷۹/۶۹ درصد رخداد آتش‌سوزی‌ها را به خود اختصاص داده است. در همین ماه نیز ناحیه رویشی ارسباران کمترین رخداد آتش‌سوزی را دارا است. نکته قابل توجه افزایش میانگین ارتفاعی رخداد آتش‌سوزی در پهنه ارسباران طی ماه‌های اکتبر (۱۷۹۱ متر) و نوامبر (۱۷۱۹ متر) است. بیشینه ارتفاعی که در آن رخداد آتش‌سوزی رخ داده در ناحیه ایرانی-تورانی با ۳۴۵۱ متر در ماه اکتبر قرار دارد. نقطه شبکه‌های دارای سطح اطمینان ۳۰-۸۰ درصد، با ۷۷/۹۶ درصد در ماه اکتبر و نقطه

شبکه‌های دارای سطح اطمینان ۸۰-۱۰۰ درصد با بالاترین درصد (۳۸/۳۵ درصد) در ماه سپتامبر، نواحی رویشی ایران را در بر گرفته‌اند.



شکل ۲- متوسط ارتفاعی و بیشینه ارتفاعی نواحی دارای رخداد آتش در نواحی رویشی ایران (۲۰۰۱-۲۰۲۰)



● آتش سوزی با سطح اطمینان پایین ● آتش سوزی با سطح اطمینان متوسط ● آتش سوزی با سطح اطمینان زیاد

شکل ۳- نقطه شبکه‌های دارای رخداد آتش در نواحی رویشی ایران طی بازه زمانی ۲۰۰۱-۲۰۲۰ مبتنی بر

برونداد سنجنده MODIS ماهواره Terra با تفکیک افقی ۱۰۰۰ متر

ویژگی‌های پوشش گیاهی سطح زمین، مانند زیست‌توده و رطوبت، می‌تواند رژیم‌های آتش‌سوزی از جمله فراوانی آتش‌سوزی، چرخه، فصل، شدت و اندازه منطقه سوخته شده را تعیین کند، از طرفی آتش‌سوزی ساختار پوشش گیاهی، توالی و تکامل آن را نیز تغییر می‌دهد (لیزونندیا و همکاران، ۲۰۲۰). این تأثیرات متقابل بین پوشش گیاهی و آتش‌سوزی، اهمیت نظارت و تحلیل پوشش گیاهی و تغییرات آن را تحت تأثیر آتش‌سوزی برجسته می‌کند. شاخص NDVI و EVI برای تعیین تغییرات پوشش گیاهی و بررسی اثرات آتش‌سوزی کاربرد دارند. توزیع فضایی شاخص NDVI در ماه‌های سرد سال (دسامبر، ژانویه و فوریه) در شکل (۴) مشخص شده است. مقادیر شاخص NDVI برای ماه‌های دسامبر تا فوریه بین ۰/۲- تا ۰/۷۸ در نوسان است. بیشینه شاخص در ناحیه رویشی هیرکانی و کمینه آن در جنوب شرق و بیابان‌های داخلی ایران قرار گرفته است. مقادیر شاخص EVI نیز بین ۰/۱۱- تا ۰/۵۷ در نوسان است. علت افزایش شاخص NDVI نسبت به شاخص EVI، کاهش اثرات جوی و اصلاح پس زمینه‌های تاج پوشش گیاهی در شاخص EVI بوده است. بر اساس شکل‌های ۵ و ۶، بیشینه میانگین شاخص NDVI و EVI به ترتیب با مقدار ۰/۴۷ و ۰/۱۷ در ناحیه رویشی هیرکانی قرار دارد.

شرایط اقلیمی، موقعیت جغرافیایی و جنس خاک، پوشش گیاهی متراکم و متنوعی را در این ناحیه رویشی به وجود آورده است. کمینه آن با مقدار ۰/۱۱ برای شاخص NDVI و ۰/۰۶ برای شاخص EVI در ناحیه رویشی ایرانی-تورانی قرار دارد. فقر پوشش گیاهی در این ناحیه متأثر از پایین بودن بارش سالانه، دمای بالا و خشکی زیاد در فصل رویش هست. همچنان که این مناطق در نقشه آتش‌سوزی فعال فاقد یا دارای رخداد آتش‌سوزی محدود می‌باشند. ازجمله عوامل افزایش رخداد آتش‌سوزی در جنگل‌های شمال در ماه‌های سرد سال می‌توان به کاهش سطح برگ (خان محمدی و همکاران، ۱۳۹۵)، تراکم لاشبرگ‌ها و خشک بودن آن‌ها اشاره کرد. همچنین در فصل سرد سال حاکمیت جریان‌های جنوبی با ایجاد گرمباد باعث رخداد آتش‌سوزی و گسترش آن در مناطق شمالی ایران می‌شود (رحیمی و خادمی، ۱۳۹۷).

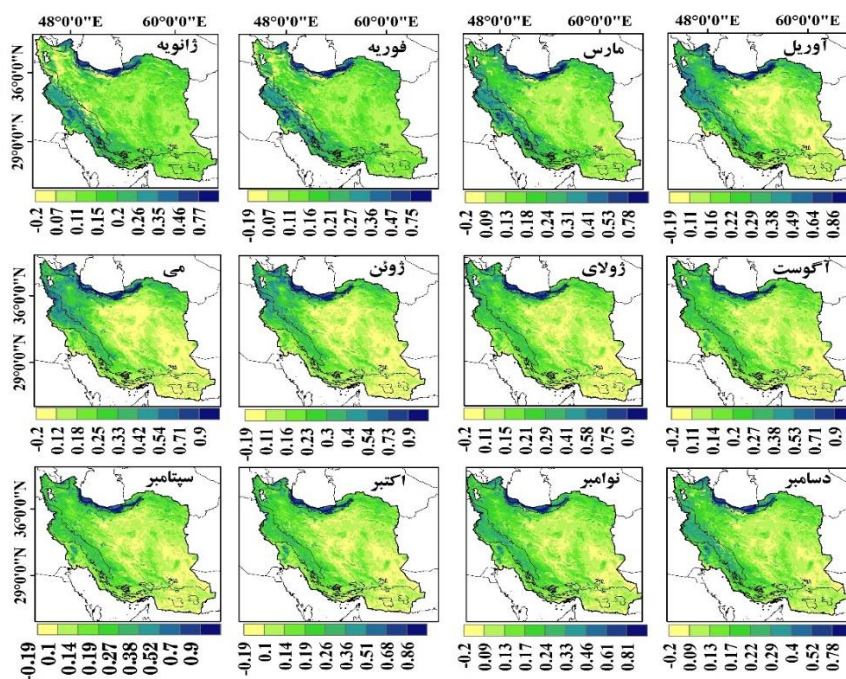
پوشش گیاهی در ماه‌های فصل بهار (مارس، آوریل و می) به دلیل هم‌زمانی با فصل رشد به بیشینه گسترش سطحی خود می‌رسد. شاخص NDVI از ۰/۲- تا ۰/۹ و شاخص EVI از ۰/۱۳- تا ۰/۶۸ در نوسان است. به‌گونه‌ای که نقاط اوج محدوده NDVI و EVI در بخش‌های شمالی ایران، ناحیه رویشی هیرکانی و پس از آن در قسمت‌های جنوب‌غرب و غرب به‌صورت پراکنده و متفاوت دیده می‌شود. در این ماه مقدار هر دو شاخص پوشش گیاهی به‌ویژه در ناحیه رویشی زاگرس و قسمت‌های شمال‌غربی و جنوب‌غربی ایران در ناحیه رویشی ایرانی-تورانی افزایش یافته است. میزان پوشش گیاهی در نواحی مرکزی، شرق، جنوب‌شرق و جنوب به کمترین میزان خود رسیده است. هر چه از ماه آوریل به سمت ماه می پیش می‌رویم به دلیل شرایط خشکی و گرمای هوا، شرایط محیطی برای

پوشش گیاهی نامساعد می‌شود. به‌طورمعمول، در این فصل دما شروع به افزایش می‌کند و رطوبت به‌صورت باران یا برف در ماه‌های مارس و آوریل شروع به کاهش می‌کند. برگ‌ها و شاخه‌های کوچک روی زمین خشک و به‌عنوان منبع احتراق باعث رخداد آتش‌سوزی می‌شوند. با توجه به نتایج شاخص آتش‌سوزی فعال و شاخص‌های پوشش گیاهی NDVI و EVI ارتباط مستقیمی بین افزایش رخداد آتش‌سوزی با پوشش گیاهی وجود دارد به‌گونه‌ای که در مناطق با بیشینه رخداد آتش‌سوزی، افزایش شاخص پوشش گیاهی مشاهده شده است. همان‌طور که در شکل (۷) نشان داده شد میانگین شاخص NDVI با مقدار ۰/۴۴ در ماه آوریل در ناحیه رویشی هیرکانی از بیشترین مقدار و در مقابل، کمینه آن با مقدار ۰/۱۴ در ناحیه رویشی خلیج-عمانی قرار دارد.

بیشینه میانگین شاخص EVI (نشان‌دهنده تاج پوشش جنگلی) با مقدار ۰/۲۶ در ناحیه هیرکانی و کمینه آن در ناحیه ایرانی-تورانی با مقدار ۰/۰۹ قرار دارد (شکل ۶). توزیع شاخص NDVI و EVI در ماه‌های فصل تابستان (ژوئن، ژوئیه و اوت) حاکی از آن است که پوشش گیاهی دستخوش تغییرات زیادی شده است که بیانگر کاهش یافتن یا متوقف شدن فعالیت رویشی در فصل تابستان است. در طی ماه‌های ژوئن، ژوئیه و اوت پوشش گیاهی به دلیل کاهش بارش و افزایش دمای هوا روبه‌زوال است. به‌جز مناطق شمالی ایران با پوشش گیاهی متراکم که علت آن به بیشتر بودن بارش، رطوبت و افزایش فعالیت‌های کشاورزی وابسته است و به‌عنوان یک استثنا قلمداد می‌شود در بقیه نواحی، توزیع پوشش گیاهی ضعیف و نامنظم هست. ناحیه رویشی هیرکانی با (۰/۴۴) و ناحیه رویشی خلیج-عمانی با (۰/۱۰) به ترتیب از بیشترین و کمترین مقدار شاخص NDVI در میان نواحی رویشی ایران برخوردار هستند. مقادیر بیشینه و کمینه میانگین شاخص EVI که نشان‌دهنده تاج پوشش جنگلی هست نیز در ناحیه هیرکانی و خلیج-عمانی قرار دارد. در این فصل افزایش متغیرهای دمایی با خشکی پوشش گیاهی و کاهش رطوبت مواد سوختنی همراه است. در نتیجه پوشش گیاهی خشک‌تر، زمینه‌ی ایجاد آتش‌سوزی را فراهم می‌سازد.

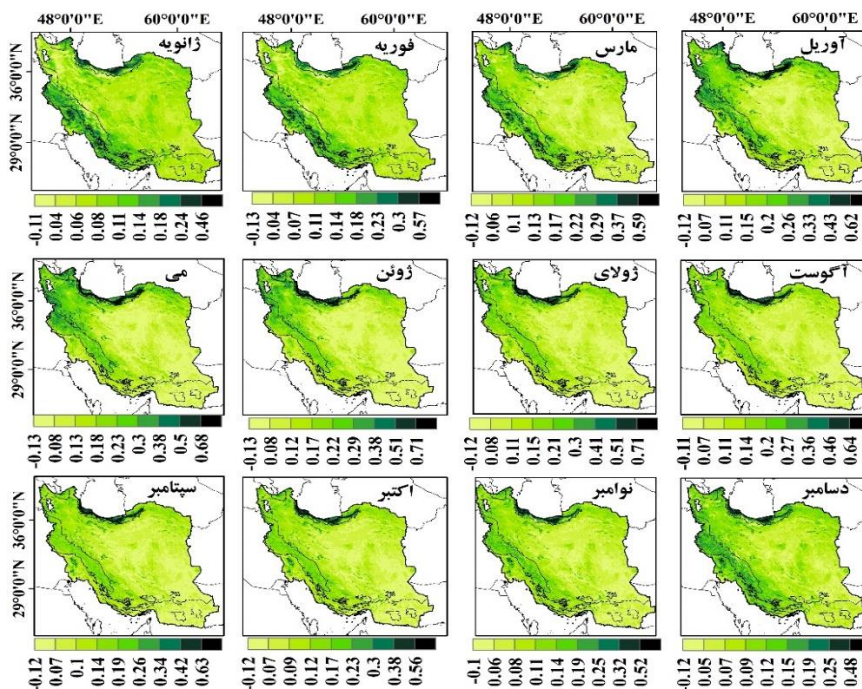
روند صعودی و افزایش نقطه شبکه‌های دارای رخداد آتش‌سوزی این فصل با دمای بالا و کاهش دسترسی به رطوبت ارتباط معنادار دارد. توزیع فضایی مقادیر NDVI و EVI در ماه‌های فصل پاییز (سپتامبر، اکتبر و نوامبر) به ترتیب دامنه‌ای از ۰/۲- تا ۰/۹۰ و ۰/۱۲- تا ۰/۵۶ را ارائه داده است.

بررسی نقشه شاخص NDVI و EVI نشان داد پوشش گیاهی در نوار غربی در محدوده زاگرس و بخش‌هایی از شمال غرب در ناحیه رویشی ایرانی-تورانی و همچنین ناحیه رویشی هیرکانی افزایش یافته است (شکل‌های ۴ و ۵). از طرفی بخش زیادی از نواحی رویشی دارای پوشش گیاهی تنک و ضعیفی است. در این ماه میانگین شاخص NDVI با مقدار ۰/۵۰ در ناحیه رویشی هیرکانی به بیشترین مقدار خود در میان تمامی ماه‌ها رسیده است. بیشینه و کمینه میانگین شاخص EVI به ترتیب در ناحیه رویشی هیرکانی (۰/۲۲) و ایرانی-تورانی (۰/۰۸) قرار دارد. رخدادهای آتش‌سوزی با خزان پوشش گیاهی و شروع دیر هنگام بارش‌های پاییزی هم‌زمان شده‌اند.



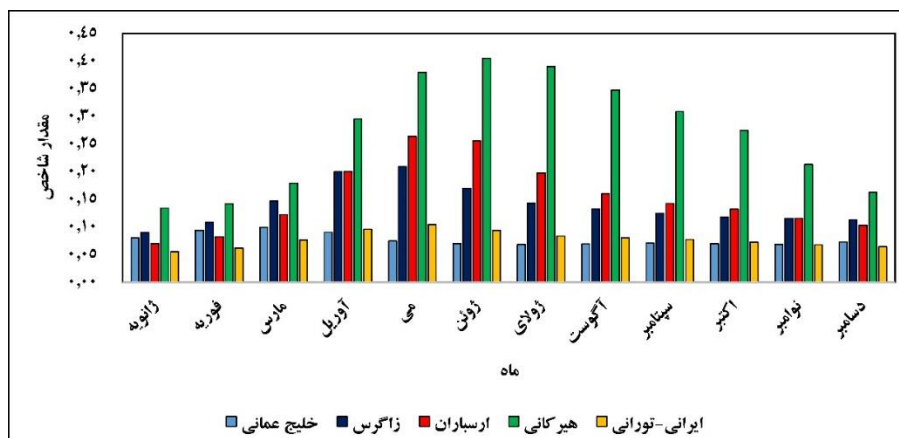
شکل ۴- مقدار شاخص NDVI در نواحی رویشی ایران طی بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۱ مبتنی بر پرونداد سنجنده

MODIS ماهواره Terra با تفکیک افقی ۱۰۰۰ متر

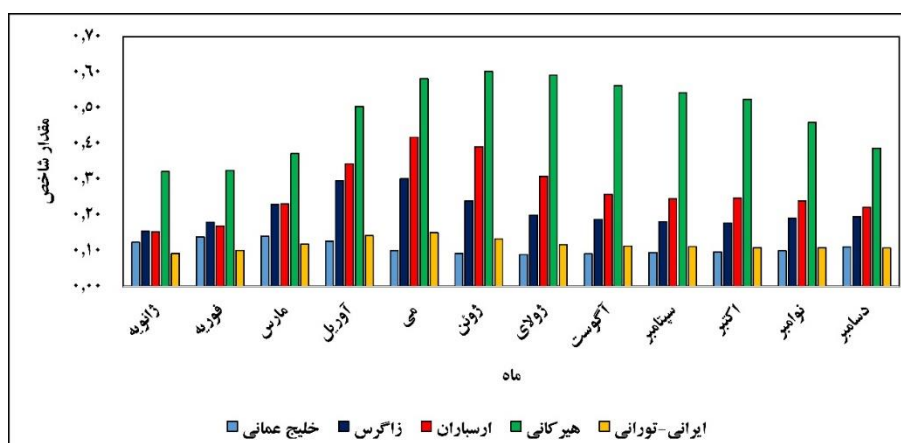


شکل ۵- مقدار شاخص EVI در نواحی رویشی ایران طی بازه زمانی ۲۰۲۰-۲۰۰۱ مبتنی بر پرونداد سنجنده

MODIS ماهواره Terra با تفکیک افقی ۱۰۰۰ متر



شکل ۶- پراکنش ماهانه شاخص EVI در نواحی رویشی ایران بر اساس سنجنده MODIS (۲۰۲۰-۲۰۰۱)



شکل ۷- پراکنش ماهانه شاخص NDVI در نواحی رویشی ایران بر اساس سنجنده MODIS (۲۰۲۰-۲۰۰۱)

۵- نتیجه‌گیری

آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع یکی از مخاطرات جدی در سراسر جهان است. در سال‌های اخیر به دلیل افزایش امواج گرمایی، شدت یافتن خشکسالی‌ها، کاهش بارش و افزایش دما رخداد آتش‌سوزی جنگل در سراسر جهان روندی افزایشی را نشان داده است. این پژوهش با استفاده از آخرین محصولات ماهواره‌ای سنجنده MODIS با تفکیک افقی ۱۰۰۰ متر به بررسی رخداد آتش‌سوزی جنگل در ایران برای یک دوره ۲۰ ساله (۲۰۰۱-۲۰۲۰) پرداخته است.

نتایج نشان داد در ماه‌های سرد سال (دسامبر، ژانویه و فوریه) تعداد نقطه شبکه‌های دارای رخداد آتش‌سوزی در این فصل نسبت به دوره گرم سال کاهش چشمگیری داشته و به جنگل‌های گیلان واقع در ناحیه رویشی هیرکانی و

به صورت گسترده و متمرکز بر روی جنگل‌های خوزستان واقع در ناحیه رویشی خلیج عمانی محدود شده است. از طرفی نقشه‌های شاخص‌های پوشش گیاهی نشان دادند، مقادیر بیشینه EVI و NDVI منطبق بر نقطه شبکه‌های (سطح اطمینان اسمی-متوسط) دارای بیشینه رخداد آتش‌سوزی در این فصل هستند. در فصل بهار نیز رخدادهای آتش‌سوزی بررسی شده، طی دوره ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰ افزایش قابل توجهی به ویژه در نواحی غرب و جنوب غرب کشور داشته است. توزیع فضایی شاخص‌های NDVI و EVI حاکی از افزایش مقادیر این شاخص‌ها در نوار شمالی، شمال غرب و غرب کشور دارد. از جمله دلایل رخداد آتش‌سوزی در فصل بهار می‌توان به رشد گونه‌های گیاهی و خشک شدن آن‌ها با افزایش دمای هوا و ذوب زود هنگام برف در اوایل بهار اشاره کرد.

پراکنش فصلی رخدادهای آتش‌سوزی نواحی رویشی ایران در ماه‌های گرم سال نشان داد تعداد نقطه شبکه‌های دارای رخداد آتش‌سوزی روندی افزایشی دارند. افزایش دما (زرین و داداشی رودباری، ۱۳۹۹) و کاهش بارش (عساکره و همکاران، ۱۳۹۹) طی سال‌های اخیر باعث تشدید پدیده خشکسالی در ایران شده است. همچنین پژوهش مختلفی که به پیش‌نگری نمایه‌های خشکسالی (زرین و داداشی رودباری، ۱۴۰۰ الف) و دوره‌های خشکسالی متوالی (زرین و داداشی رودباری، ۱۴۰۰ ب) در ایران پرداخته‌اند، نشان دادند که شدت خشکسالی به همراه روزهای خشک متوالی در آینده روند افزایشی خواهد داشت. در نتیجه در شرایط خشکسالی و افزایش دما، مواد سوختنی لازم جهت آتش‌سوزی (پوشش گیاهی) فراهم می‌شود. از طرف دیگر خشکسالی می‌تواند احتمال اشتعال و سرعت گسترش آتش‌سوزی را افزایش دهد (لتل و همکاران، ۲۰۱۶).

در این فصل مناطق دارای رخداد آتش‌سوزی با سطح اطمینان مختلف در نواحی رویشی ایران پراکنده شده‌اند. فراوانی نقطه شبکه‌های دارای رخداد آتش‌سوزی در سطح اطمینان ۸۰-۱۰۰ درصد در ماه‌های گرم سال (ژوئن، ژوئیه و اوت) بیش‌تر از سایر ماه‌ها است. گرم شدن طولانی مدت هوا همراه با کاهش بارش فصل پاییز، احتمال آتش‌سوزی را افزایش داده است. در فصل پاییز نقطه شبکه‌های دارای رخداد آتش‌سوزی در سطح اطمینان اسمی-متوسط (بین ۸۰-۳۰) افزایش قابل توجهی را به ویژه در غرب ایران واقع در جنگل‌های کرمانشاه و کردستان در ناحیه رویشی زاگرس نشان می‌دهند. همچنین پدیده گرمباد (فون) در شروع، پخش و تشدید آتش‌سوزی‌های ناحیه رویشی هیرکانی در فصل پاییز تأثیر به سزایی دارد.

با توجه به اینکه رخداد مخاطره آتش‌سوزی در جنگل‌های ایران در دهه‌های اخیر به لحاظ زمانی و مکانی، نوع و مدت آتش‌سوزی افزایش یافته است مدل‌سازی و پیش‌بینی خطر آتش‌سوزی به ویژه در ارتفاعات شمال غرب و غرب کشور، جنگل‌های زاگرس و ارسباران که دارای بیشترین آتش‌سوزی هستند، می‌تواند به عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم و اساسی برای ارائه نقشه‌های خطر آتش‌سوزی، ارائه الگوی زمانی-مکانی رخدادهای آتش‌سوزی و شناسایی

عوامل مؤثر در رخداد آتش‌سوزی در این مناطق بکار رود. از آنجایی که ناهمگونی زمانی-مکانی زیادی در آتش‌سوزی جنگل‌های ایران به دلیل تفاوت بین عوامل محیطی و انسانی وجود دارد. تولید و به‌هنگام سازی نقشه‌های خطر آتش‌سوزی به‌عنوان ابزاری مؤثر در هشدار مناطق حساس به خطر آتش‌سوزی و انجام مراقبت‌های ویژه (کنترل، مهار و خاموش کردن آتش) است؛ بنابراین شناسایی مناطق مستعد، تشخیص به‌هنگام آتش‌سوزی، پیش‌بینی اقدامات لازم برای مقابله با آن و فراهم بودن تجهیزات و زیرساخت‌های مهار آتش‌سوزی از طریق مدلسازی و پیش‌بینی، گام‌های مؤثر در راستای پیشگیری از آتش‌سوزی در عرصه‌های طبیعی و ذخایر ملی است.

کتابنامه

- امامی، حسن؛ شهریاری، حسن؛ ۱۳۹۸. کمی سازی عوامل محیطی و انسانی در وقوع آتش‌سوزی جنگل با روش‌های RS و GIS؛ مناطق حفاظت شده ارسباران. فصلنامه علمی- پژوهشی/اطلاعات جغرافیایی سپهر. ۲۸ (۱۱۲)، ۵۳-۳۵. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2020.38606>
- جانباز قبادی، غلامرضا؛ ۱۳۹۸. بررسی مناطق خطر آتش‌سوزی جنگل در استان گلستان، بر اساس شاخص خطر آتش‌سوزی (FRSI) با بهره‌گیری از تکنیک (GIS). تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. ۶ (۳)، ۸۹-۱۰۲. <https://doi.org/10.29252/jsaeh.6.3.89>
- خان‌محمدی، مرتضی؛ رحیمی، محمد؛ کرتولی نژاد، داود؛ ۱۳۹۵. تحلیل خطر آتش‌سوزی جنگل‌های هیرکانی شمال‌شرق ایران با استفاده از شاخص‌های کچ-بایرام و مک-آرتور. تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران. ۱۴ (۱)، ۵۷-۴۸. <https://doi.org/10.22092/IJFRPR.2016.107641>
- رحیمی، داریوش؛ خادمی، سمانه؛ ۱۳۹۷. تحلیل الگوهای هم‌دید خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های شمال ایران (استان گلستان). مخاطرات محیط طبیعی. ۷ (۱۷)، ۳۶-۱۹. <https://doi.org/10.22111/JNEH.2017.3279>
- زرین، آذر؛ داداشی رودباری، عباسعلی؛ ۱۳۹۹. پیش‌نگری چشم‌انداز بلندمدت دمای آینده ایران مبتنی بر برون‌داد پروژه مقایسه مدل‌های جفت شده فاز ششم (CMIP6). فیزیک زمین و فضا. ۴۶ (۳)، ۵۸۳-۶۰۲. <https://doi.org/10.22059/JESPHYS.2020.304870.1007226>
- زرین، آذر؛ داداشی رودباری، عباسعلی؛ ۱۴۰۰ الف. پیش‌نگری همادی نمایه‌های خشکسالی در ایران مبتنی بر برون‌داد چند مدلی CMIP5. پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی. ۲ (۷)، ۷۱-۸۲. <https://doi.org/10.30488/CCR.2021.317280.1058>
- زرین، آذر؛ داداشی رودباری، عباسعلی؛ ۱۴۰۰ ب. پیش‌نگری دوره‌های خشک و مرطوب متوالی در ایران مبتنی بر برون‌داد همادی مدل‌های تصحیح شده اریبی CMIP6. فیزیک زمین و فضا. ۴۷ (۳)، ۵۶۱-۵۷۸. <https://doi.org/10.22059/JESPHYS.2021.319270.1007295>
- شریف نژاد، طوبی؛ خاوریان نه‌زک، حسن؛ ورامش، سعید؛ ۱۳۹۸. قابلیت‌های سنجش از دور در پایش آتش‌سوزی‌های عرصه‌های منابع طبیعی، اولین کنفرانس بین‌المللی و چهارمین کنفرانس ملی صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست. <https://civilica.com/doc/961387>

عالی محمودی سراب، سجاده؛ فقهی، جهانگیر؛ جباریان امیری، بهمن؛ ۱۳۹۱. پیش‌بینی وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی: جنگل‌های منطقه زاگرس، شهرستان ایذه). بوم‌شناسی کاربردی. ۱ (۲)، ۷۵-۸۶. <http://ijae.iut.ac.ir/article-1-188-fa.html>

عساکره، حسین؛ مسعودیان، سید ابوالفضل؛ ترکارانی، فاطمه؛ ۱۳۹۹. آشکارسازی روند بلندمدت بارش سالانه ایران‌زمین در ارتباط با تغییر فراوانی فرین‌های بارش روزانه. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۹ (۴)، ۱۲۳-۱۴۳.

<https://doi.org/10.22067/GEOEH.2021.67028.0>

فرج زاده اصل، منوچهر؛ قویدل رحیمی، یوسف؛ مکرری، ساحل؛ ۱۳۹۴. تجزیه و تحلیل آتش‌سوزی جنگل با منشأ آب و هوایی با داده‌های ماهواره‌ای در منطقه البرز. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. ۲ (۳)، ۸۳-۱۰۴.

<https://doi.org/10.18869/acadpub.jsaeh.2.3.83>

محمدی، فریده؛ شعبانین، نقی؛ پورهایشمی، مهدی؛ فاتحی، پرویز؛ ۱۳۸۹. تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل با استفاده از GIS و AHP در بخشی از جنگل‌های پاوه. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. ۱۸ (۴)، ۵۸۶-۵۶۹.

https://ijfpr.areeo.ac.ir/article_107645.html

Albar, I., Jaya, I.N.S., Saharjo, B.H., Kuncahyo, B. and Vadrevu, K.P., 2018. Spatio-temporal analysis of land and forest fires in Indonesia using MODIS active fire dataset. Land-atmospheric research applications in South and Southeast Asia, 105-127. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67474-2_6

Barro, S.C. and Conard, S.G., 1991. Fire effects on California chaparral systems: an overview. Environment International, 17(2-3), 135-149. [https://doi.org/10.1016/0160-4120\(91\)90096-9](https://doi.org/10.1016/0160-4120(91)90096-9)

Castro, F.X., Tudela, A. and Sebastià, M.T., 2003. Modeling moisture content in shrubs to predict fire risk in Catalonia (Spain). Agricultural and Forest Meteorology, 116(1-2), 49-59. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(02\)00248-4](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(02)00248-4)

Champin, L., Taïbi, A.N. and Ballouche, A., 2022. Spatial analysis of the occurrence and spread of wildfires in Southwest Madagascar. Fire, 5(4), 98. <https://doi.org/10.3390/fire5040098>

Chuvieco, E., Aguado, I., Salas, J., García, M., Yebra, M. and Oliva, P., 2020. Satellite remote sensing contributions to wildland fire science and management. Current Forestry Reports, 6, 81-96. <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00116-5>

Collins, K.M., Price, O.F. and Penman, T.D., 2015. Spatial patterns of wildfire ignitions in south-eastern Australia. International Journal of Wildland Fire, 24(8), 1098-1108. <https://doi.org/10.1071/wf15054>

Flannigan, M., Cantin, A.S., De Groot, W.J., Wotton, M., Newbery, A. and Gowman, L.M., 2013. Global wildland fire season severity in the 21st century. Forest Ecology and Management, 294, pp.54-61. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.10.022>

Fu, Y., Li, R., Wang, X., Bergeron, Y., Valeria, O., Chavardès, R.D., Wang, Y. and Hu, J., 2020. Fire detection and fire radiative power in forests and low-biomass lands in Northeast Asia: MODIS versus VIIRS Fire Products. Remote Sensing, 12(18), 2870. <https://doi.org/10.3390/rs12182870>

Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C.O. and Kaufman, Y.J., 2003. An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS. Remote sensing of environment, 87(2-3), 273-282. [https://doi.org/10.1016/s0034-4257\(03\)00184-6](https://doi.org/10.1016/s0034-4257(03)00184-6)

- Guan, X., Shen, H., Wang, Y., Chu, D., Li, X., Yue, L., Liu, X. and Zhang, L., 2021. Fusing MODIS and AVHRR products to generate a global 1-km continuous NDVI time series covering four decades. *Earth System Science Data Discussions*, 1-32. <https://doi.org/10.5194/essd-2021-156>.
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X. and Ferreira, L.G., 2002. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote sensing of environment*, 83(1-2), 195-213. [https://doi.org/10.1016/s0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/10.1016/s0034-4257(02)00096-2).
- Justice, C.O., Giglio, L., Roy, D., Boschetti, L., Csiszar, I., Davies, D., Korontzi, S., Schroeder, W., O'Neal, K. and Morisette, J., 2011. MODIS-derived global fire products. *Land Remote Sensing and Global Environmental Change: NASA's Earth Observing System and the Science of ASTER and MODIS*, 661-679. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6749-7_29.
- Katagis, T. and Gitas, I.Z., 2022. Assessing the accuracy of MODIS MCD64A1 C6 and FireCCI51 burned area products in Mediterranean ecosystems. *Remote Sensing*, 14(3), 602. <https://doi.org/10.3390/rs14030602>.
- Kerr, J.T. and Ostrovsky, M., 2003. From space to species: ecological applications for remote sensing. *Trends in ecology & evolution*, 18(6), pp.299-305. [https://doi.org/10.1016/s0169-5347\(03\)00071-5](https://doi.org/10.1016/s0169-5347(03)00071-5).
- Kumari, B. and Pandey, A.C., 2020. MODIS based forest fire hotspot analysis and its relationship with climatic variables. *Spatial Information Research*, 28(1), 87-99. <https://doi.org/10.1007/s41324-019-00275-z>.
- Li, Y., Gao, X., Li, Z., Jiang, J. and Li, P., 2022. Analysis of Atmospheric Factors affecting wildfires. *Authorea Preprints*. <https://essopenarchive.org/doi/full/10.1002/essoar.10506515.1>
- Littell, J. S., Peterson, D. L., Riley, K. L., Liu, Y., & Luce, C. H., 2016. A review of the relationships between drought and forest fire in the United States. *Global Change Biology*, 22(7), 2353–2369. *Portico*. <https://doi.org/10.1111/gcb.13275>
- Lizundia-Loiola, J., Otón, G., Ramo, R. and Chuvieco, E., 2020. A spatio-temporal active-fire clustering approach for global burned area mapping at 250 m from MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 236, p.111493. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111493>.
- Mangeon, S., Field, R., Fromm, M., McHugh, C. and Voulgarakis, A., 2016. Satellite versus ground-based estimates of burned area: A comparison between MODIS based burned area and fire agency reports over North America in 2007. *The Anthropocene Review*, 3(2), 76-92. <https://doi.org/10.1177/2053019615588790>.
- Martyn, I., Petrov, Y., Stepanov, S., Sidorenko, A. and Vagizov, M., 2020. Monitoring forest fires and their consequences using MODIS spectroradiometer data. In *IOP conference series: earth and environmental science*, 507(1), 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/507/1/012019>.
- Oton, G., Ramo, R., Lizundia-Loiola, J. and Chuvieco, E., 2019. Global detection of long-term (1982–2017) burned area with AVHRR-LTDR data. *Remote Sensing*, 11(18), 2079. <https://doi.org/10.3390/rs11182079>.
- Parajuli, A., Gautam, A.P., Sharma, S.P., Bhujel, K.B., Sharma, G., Thapa, P.B., Bist, B.S. and Poudel, S., 2020. Forest fire risk mapping using GIS and remote sensing in two major landscapes of Nepal. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), pp.2569-2586. <https://doi.org/10.1080/19475705.2020.1853251>.
- Pradhan, B., Suliman, M.D.H.B. and Awang, M.A.B., 2007. Forest fire susceptibility and risk mapping using remote sensing and geographical information systems (GIS). *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 16(3), 344-352. <https://doi.org/10.1108/09653560710758297>.
- Subedi, P.B., Ayer, K., Miya, M.S., Parajuli, B. and Sharma, B., 2022. Forest Fire Risk Zone Mapping of Aalital Rural Municipality, Dadeldhura District, Nepal. *Journal of*

- Multidisciplinary Applied Natural Science, 2(2),70-81. <https://doi.org/10.47352/jmans.2774-3047.115>.
- Sullivan, A.L., 2009. Wildland surface fire spread modelling, 1990–2007. 3: Simulation and mathematical analogue models. *International Journal of Wildland Fire*, 18(4), 387-403. <https://doi.org/10.1071/wf06144>.
- Tanase, M.A., Aponte, C., Mermoz, S., Bouvet, A., Le Toan, T. and Heurich, M., 2018. Detection of windthrows and insect outbreaks by L-band SAR: A case study in the Bavarian Forest National Park. *Remote Sensing of Environment*, 209, 700-711. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.03.009>.
- Thome, K.J., Czapla-Myers, J.S. and Biggar, S.F., 2003. Vicarious calibration of Aqua and Terra MODIS. In *Earth Observing Systems VIII* (Vol. 5151, 395-405). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.506364>.
- Tomshin, O. and Solovyev, V., 2022. Spatio-temporal patterns of wildfires in Siberia during 2001–2020. *Geocarto International*, 37(25), 7339-7357. <https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1973581>
- Tosic, I., Mladjan, D., Gavrilov, M.B., Zivanovic, S., Radakovic, M.G., Putnikovic, S., Petrovic, P., Mistrizdelovic, I.K. and Markovic, S.B., 2019. Potential influence of meteorological variables on forest fire risk in Serbia during the period 2000-2017. *Open Geosciences*, 11(1), 414-425. <https://doi.org/10.1515/geo-2019-0033>.
- Wang, J., Wang, G., Qi, J., Liu, Y., & Zhang, W., (2021). Research of Forest Fire Points Detection Method Based on MODIS Active Fire Product. In *2021 28th International Conference on Geoinformatics* (pp. 1-5). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IEEECONF54055.2021.9687646>
- Wu, Z., Li, M., Wang, B., Quan, Y. and Liu, J., 2021. Using artificial intelligence to estimate the probability of forest fires in Heilongjiang, northeast China. *Remote Sensing*, 13(9), 1813. <https://doi.org/10.3390/rs13091813>.
- Xiao, Y., Zhang, X. and Ji, P., 2015. Modeling forest fire occurrences using count-data mixed models in qiannan autonomous prefecture of Guizhou Province in China. *PloS one*, 10(3), e0120621. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120621>.
- Yankovich, K.S., Yankovich, E.P. and Baranovskiy, N.V., 2019. Classification of vegetation to estimate forest fire danger using landsat 8 images: Case study. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019,1-14. <https://doi.org/10.1155/2019/6296417>.
- Zeng, A., Yang, S., Zhu, H., Tigabu, M., Su, Z., Wang, G. and Guo, F., 2022. Spatiotemporal dynamics and climate influence of forest fires in Fujian Province, China. *Forests*, 13(3), p.423. <https://doi.org/10.3390/f13030423>.



Investigating Maximum Discharge of Runoff Values in Shiraz Hydro Geomorphic Basin Using Gamble Distribution Model

Shahram Roostaei ^{a*}, Hassan Eftekhari ^b, Fariba Karami ^c, Saeed Negahban ^d

^a Professor in Geomorphology, Tabriz University, Tabriz, Iran

^b PhD Candidate in Geomorphology, Tabriz University, Tabriz, Iran

^c Professor in Geomorphology, Tabriz University, Tabriz, Iran

^d Associate Professor in Geomorphology, Shiraz University, Shiraz, Iran

Received: 20 June 2022

Revised: 3 August 2022

Accepted: 11 August 2022

Abstract

Among natural hazards, floods are of special importance in terms of financial and human losses. According to available statistics and information, flood damage in most parts of the world, especially in developing countries, is the most destructive and generally makes socio-economic and environmental damages. So, efforts for reducing the damage are the duties of related agencies. Estimating and determining the maximum amount of flood is one of the first steps for reducing its damage. Therefore, providing a definition of it is a fundamental step. In this regard, the selection of the maximum possible flood plays an important role. By definition, the maximum possible flood is the largest flood that can reasonably be expected to occur in a particular region and time (World Meteorological Organization, 1986). Frequency analysis is one of the reliable methods in flood estimation if there are sufficient statistics and it is possible to fit a suitable distribution function. This method, which uses a complete statistical series (all available data), often uses normal statistical distributions, normal logs, three-factor normal logs, limit values distribution, Pearson, Pearson logs, and WebStud program (13). The purpose of frequency analysis of events in hydrology is to obtain the maximum probability of occurrence of values. The selected area for studying the geomorphic basin of Shiraz is in the sections of Aliabad, Maroon, Eghbalabad, Chenar Sukhteh and Bagh-e-Safa stations. In this study, long-term precipitation statistics in the rain gauge station of Shiraz geomorphic basin over a period of 50 years and maximum daily discharge statistics in a period of 44 years were used.

Keywords: Flood, Maximum Discharge, Gamble Distribution Model, Shiraz Basin

*. Corresponding author: Shahram Roostaei Email: roostaei@tabrizu.ac.ir Tel: +989143134410

How to cite this Article: Roostaei, S., Eftekhari, H., Karami, F., & Negahban, S. (2024). Investigating maximum discharge of runoff values in Shiraz hydro geomorphic basin using Gamble distribution model. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 117-137.

DOI:10.22067/geoeh.2022.77273.1245



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

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

 <https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.77273.1245> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۱۳۷-۱۱۷

مقاله پژوهشی

بررسی حداکثر دبی مقادیر سیلاب حوضه آبریز شیراز در توزیع گمبل تیپ یک

(مطالعه موردی: رودخانه خشک، استان فارس)

 شهرام روستایی^۱ - استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

حسن افتخار - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

فریبا کرمی - استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

سعید نگهبان - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۳/۳۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۵/۱۲ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۵/۲۰

چکیده

پژوهش حاضر با هدف شناسایی مطالعه جامع، جهت مقادیر دبی‌های مؤثر بر وقوع سیلاب‌های شهری رودخانه خشک شیراز انجام شده است. حوضه آبریز شیراز با مساحت برابر ۱۸۶۵/۱۰ کیلومترمربع و اقلیم خشک و نیمه‌خشک، همراه با پوشش گیاهی متوسط به دلیل خشکسالی‌ها و تغییرات کاربری اراضی است که نشان از شرایط سیلابی حوضه در زمان رخداد رگبارهای ناگهانی دارد. روش تحقیق آماری - تحلیلی و نوع آن کاربردی است. بدین منظور در جمع‌آوری داده‌ها از آمار درازمدت بارش در ایستگاه باران‌سنجی حوضه آبریز شیراز در یک دوره ۵۰ ساله و آمار دبی حداکثر روزانه در یک دوره ۴۴ ساله ایستگاه‌های آب‌سنجی موجود در منطقه، پس از بررسی موقعیت مکانی، کیفیت تجهیزات، مدت و کیفیت داده‌های ایستگاه‌های آب‌سنجی، استفاده شده است. سپس به‌منظور انتخاب توزیع مناسب، داده‌های هر ایستگاه در محیط "Excle" وارد شده و اقدام به استخراج ماکزیمم مقادیر دبی شده و خروجی‌ها و ضوابط جبری در نرم‌افزار Graphers 16 محاسبه و تهیه شده است. در مرحله بعد جهت رفع اوریب یا بایاس از میانگین و انحراف استاندارد مقادیر دبی در تابع احتمال تیپ یک گمبل، با محاسبه گشتاور دوم توزیع حد

Email: roostaei@tabrizu.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۴۳۱۳۴۴۱۰

نحوه ارجاع به این مقاله:

روستایی، شهرام؛ افتخار، حسن؛ کرمی، فریبا؛ نگهبان، سعید؛ ۱۴۰۲. بررسی حداکثر دبی مقادیر رواناب حوضه هیدروژئومورفیک

شیراز با استفاده از مدل توزیع گمبل. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۲(۴). صص ۱۳۷-۱۱۷

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.77273.1245>

آستانه از ساختار جز به جز ریمان استفاده شده است. در نهایت این تحقیق نشان داد تا قبل از قاجاریه دقیقاً توسعه فیزیکی شهر شیراز خارج از محدوده عبور رودخانه خشک بوده است؛ اما به تدریج با روند توسعه شهرنشینی، عدم رعایت حریم رودخانه و مدیریت‌های غلط شهری در حال حاضر کوچک‌ترین بارش‌های سالانه موجب وقوع سیلاب شهری شیراز شده است؛ به طوری که با این تفاسیر بروز فاجعه در به وقوع پیوستن دبی پیک طی صدسال با احتمال ۷۰ در صد با حدود ۲۰۰ مترمکعب در ثانیه حتمی است، اما این به معنای وقوع سیل در شیراز طریق رودخانه خشک نبوده است.

کلیدواژه‌ها: سیل، دبی حداکثر، توزیع گمبل، حوضه شیراز.

۱- مقدمه

سیل ممکن است در اثر بروز یک بارندگی شدید و یا مستمر و یا ذوب ناگهانی برف‌ها در یک حوضه آبخیز به وقوع بپیوندد (اصغری مقدم، ۱۳۸۲). پهنه‌بندی سیلاب تقسیم‌بندی سطح زمین به یک سری از پهنه‌های دارای ارزش معین است. پهنه‌بندی سیلاب به تعیین ناحیه‌هایی در داخل دشت سیلابی اطلاق می‌شود که برای کاربری‌های مختلف از قبیل فضا‌های باز تفریحی، کشاورزی، محوطه‌های صنعتی و مسکونی مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین با توجه به تعاریف وزارت نیرو پهنه‌بندی سیل را این چنین تعریف می‌کند: تعیین پهنه‌های سیل گیر برای سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های معین را پهنه‌بندی سیل می‌گوییم. (نشریه ۳۰۷ وزارت نیرو). مخاطرات طبیعی به عنوان تهدیدی در حال رشد در ارتباط با رفاه و توسعه جوامع مطرح‌اند و خسارت‌های ناشی از مخاطرات طبیعی، هم از دیدگاه تکرار و هم از نظر صدمه‌هایی که به بار می‌آورند، بر جامعه اثر می‌گذارند (پورطاهری و همکاران، ۱۳۹۰). تشدید صعودی خسارت سیل در دو دهه گذشته سبب شده که آرزوی دیرینه درباره حل قطعی مسئله سیل و رواناب‌ها جای خود را به واقع‌گرایی و درک این واقعیت دهد که همیشه نمی‌توان در مهار سیلاب‌ها موفق بود، بلکه باید کوشید تا پیامدهای مخرب و زیان‌بار آن را کاهش داد (صفاری و همکاران، ۱۳۹۰). در این میان رودخانه‌ها به عنوان اصلی‌ترین منابع تأمین‌کننده آب برای انسان و سایر موجودات به شمار می‌روند و بعضاً این منشأ زندگی باعث نابودی و وارد شدن خسارت‌های جبران‌ناپذیری می‌شود؛ بنابراین پیش‌بینی رفتار هیدرولیکی رودخانه‌ها در مقابل سیلاب‌های احتمالی برای کاهش خسارت‌های وارده بر مناطق شهری و روستایی، تأسیسات در حال ساخت، مزارع و سایر کاربری‌های موجود در اطراف رودخانه دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشند (عسکری و همکاران، ۱۳۹۴)؛ زیرا به وسیله آن‌ها می‌توان تصمیم‌ها و راهکارهایی را برای مهار سیلاب و به حداقل رساندن خسارت‌های ناشی از آن کسب نمود (حجازی و همکاران، ۱۳۹۸). در ادامه به بررسی برخی از تحقیقات داخلی و خارجی انجام گرفته در مورد خطر سیلاب پرداخته شده است. اهداف پهنه‌بندی با توجه به نیازها می‌تواند متفاوت باشد. تعیین بستر و حریم، تهیه نقشه خطر سیلاب، بیمه‌گذاری و تعیین پهنه خسارت از جمله اهداف اصلی پهنه‌بندی سیل است. مطالعات متعددی در مورد روش‌های

ارزیابی خطر سیلاب انجام گرفته است که در ادامه به چند مورد آن اشاره می‌شود: (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱) به شبیه‌سازی سیلاب رودخانه کشکان به مطالعه پرداخته‌اند نتایج حاصل از پژوهش نشان می‌دهد که روند افزایش سطح سیل گیر در دوره بازگشت‌های ۵ تا ۱۰۰ سال سیر صعودی‌تر دارند؛ درحالی‌که مساحت پهنه سیلاب در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله و ۲۰۰ ساله اختلاف چندانی باهم ندارند. در ایران حدود ۲ درصد اراضی مستعد ابتلا به مخاطره سیلاب هستند و ۳ درصد دارای احتمال خطر سیلاب با ریسک بسیار زیاد است (خسروی و همکاران، ۲۰۲۱). در سال‌های اخیر، ارزیابی‌ها و برآورد سیلاب به دلیل افزایش شهرنشینی و تمرکز سکونتگاه‌های مسکونی در اطراف رودخانه‌ها و دشت‌های سیلابی به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافته است (آوند^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). سیل یکی از مخرب‌ترین مخاطرات طبیعی است؛ بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک (با سیل‌های ناگهانی) که بارندگی زیادی را تجربه می‌کنند. این مخاطره ناشی از پیوند چندین عامل طبیعی و انسانی است. سیلاب هنگامی رخ می‌دهد که دبی رودخانه به حدی افزایش می‌یابد که آب از سواحل رودخانه عبور کرده و مناطق مجاور را غرقاب می‌کند، در نتیجه جوامعی را که در مجاورت رودخانه‌ها ساکن هستند، تحت تأثیر قرار می‌دهد علاوه بر آن تغییرات آب و هوایی احتمال وقوع سیل و بزرگی آن‌ها را افزایش می‌دهد (ترمه^۲ و همکاران، ۲۰۱۸؛ ازین^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). سیل سالانه به‌طور متوسط ۷۵ میلیون نفر را در سراسر جهان تحت تأثیر قرار می‌دهد (حدود ۲۰۰۰۰ تلفات در هر سال)، ضرر اقتصادی حاصل از آن ۹۵ میلیارد دلار بوده است در سال‌های اخیر، فراوانی سیل بیش از ۴۰٪ افزایش یافته است؛ زیرا تغییرات آب و هوایی به‌طور قابل‌توجهی بر شدت، الگو و بزرگی‌های سیلاب‌ها تأثیر داشته است. به‌ویژه کشورهای آسیایی با برخورد نسبتاً زیاد در معرض سیل و زلزله قرار دارند در آسیا بیش از ۹۰٪ تلفات انسانی ناشی از بلایای طبیعی به علت جاری شدن سیل است (چانگ^۴ و چن^۵، ۲۰۱۶؛ خسروی^۵ و همکاران، ۲۰۱۸، ۲۰۲۱). ایران اخیراً سیلاب‌های فاجعه باری را تجربه کرده است که علاوه بر تأثیر تغییرات آب و هوایی، تأثیر فعالیت‌های انسانی ناشی از مدیریت ضعیف حوضه آبریز از جمله جنگل‌زدایی، چرای بیش‌ازحد دام، توسعه سکونتگاه‌های روستایی و شهری باعث کاهش فضای هیدرولیک رودخانه‌ها شده است، سیل‌های مارس و آوریل ۲۰۱۹ در ایران که ۲۵ استان از ۳۱ استان کشور را تحت تأثیر قرار داده است، در نتیجه بیش از ۷۷ نفر تلفات انسانی و خساراتی به ارزش ۲/۲ میلیارد دلار به سکونتگاه‌های شهری و روستایی و زمین‌های کشاورزی وارد شده است (https://en.wikipedia.org/wiki/2019_Iran_floods). در پژوهشی دیگر پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیک (HEC-RAS) در رودخانه سرباز استان سیستان و بلوچستان به مطالعه پرداخته شده و ابتدا دبی با دوره

1 Avand

2 Termeh

3 Ezzine

4 Chang and Chen

5 Khosravi

بازگشت‌های مختلف با استفاده از مدل SCS در نرم‌افزار HEC-HMS محاسبه شده و نقشه پهنه‌بندی سیلاب حوزه آبخیز سرباز محدوده شهر راسک با دوره بازگشت‌های مورد نظر با کمک مدل هیدرولیکی HEC-RAS تهیه شده است (دامادی و همکاران، ۱۴۰۰). (خاتاک و همکاران^۱، ۲۰۱۶) به تهیه نقشه دشت سیلابی با کمک HEC-RAS و GIS رودخانه کابل پاکستان به مطالعه پرداخته‌اند که در این مطالعه با کمک داده‌های هندسی مدل رقومی ارتفاعی DEM داده‌های هندسی رودخانه تهیه شده و دوره بازگشت‌ها را بیان کرده است که ۴۰ درصد ناحیه در معرض سیل قرار دارد که با تصویر MODIS مقایسه شده و نتایج مدل مورد تأیید واقع شده است. (کابنگی و همکاران^۲، ۲۰۱۷) به توصیف مخاطره سیلاب در مناطق فاقد اطلاعات با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور و شاخص احتمال خطر سیلاب مبتنی بر GIS به مطالعه پرداخته‌اند؛ فاکتورهایی از قبیل شیب، جریان تجمعی، تراکم شبکه زهکشی فاصله از کانال زهکشی کاربری اراضی شدت بارندگی و زمین‌شناسی به‌عنوان عوامل ایجادکننده سیل مورد استفاده قرار گرفت که همه این فاکتورها از داده‌های سنجش‌ازدور SRTM، LANDSAT، به جز زمین‌شناسی استخراج گردیده است و با کمک آنالیز سلسله مراتبی تأثیر فاکتورها مشخص شده و درنهایت نقشه سیلاب تهیه و کاربری متناسب با مناطق سیل پیشنهاد شده است. (زلناکوا^۳ و همکاران، ۲۰۱۹) به مدل‌سازی احتمال خطر سیلاب رودخانه -اسلاوینس در اسلاوکی به مطالعه پرداخته‌اند که با تلفیق GIS و ارزیابی آسیب‌های سیل را با استفاده از تحلیل هزینه (CA) انجام داده‌اند که این مدل در (HEC-RAS) اجرا شده است که درنهایت مناطق احتمال خطر سیلاب مشخص گردیده است و میزان خسارت محاسبه شده است. در تمامی این تحقیقات به مطالعه پهنه‌های سیلابی، دوره‌های بازگشت مختلف و مقادیر آب‌گرفتگی در هر کاربری مورد تجزیه و تحلیل قرار داده شده است. نواحی خشک و نیمه‌خشک در اثر بارش‌های شدید به‌طور مسلم دارای وقوع شرایط سیلابی شدیدتری هستند. در منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز شیراز با توجه به شرایط اقلیمی منطقه، وقوع بارش‌های سیل‌آسا در زمان‌های کوتاه‌مدت، خصوصاً در ارتفاعات شمالی حوضه موجب به راه افتادن حجم عظیمی از دبی گشته است که این مقادیر دبی از طریق مسیلی تحت عنوان رودخانه خشک، از میان شهر شیراز گذر کرده و به سمت دریاچه مهارلو به‌عنوان زهکشی این حوضه سرازیر می‌شود؛ اما با روند توسعه شهرنشینی و دست‌اندازی بر حریم مسیل، امروزه شاهد بروز سیلاب و خسارات ناشی از آن هستیم که نمونه بارز آن اتفاق فاجعه‌بار سیلاب ۱۳۹۸ در بخش دروازه قرآن شیراز بوده است. لذا ضرورت انجام این تحقیق، بر مطالعه مقادیر دبی حداکثری بر روند وقوع سیلاب شهری است. اهمیت دوچندان این مطالعه دلالت بر سازوکارها و مدیریت غلط شهری، تغییر کاربری اراضی و عدم رعایت حریم رودخانه بوده است که موجب شده مقادیر حداکثری

1 Khattak

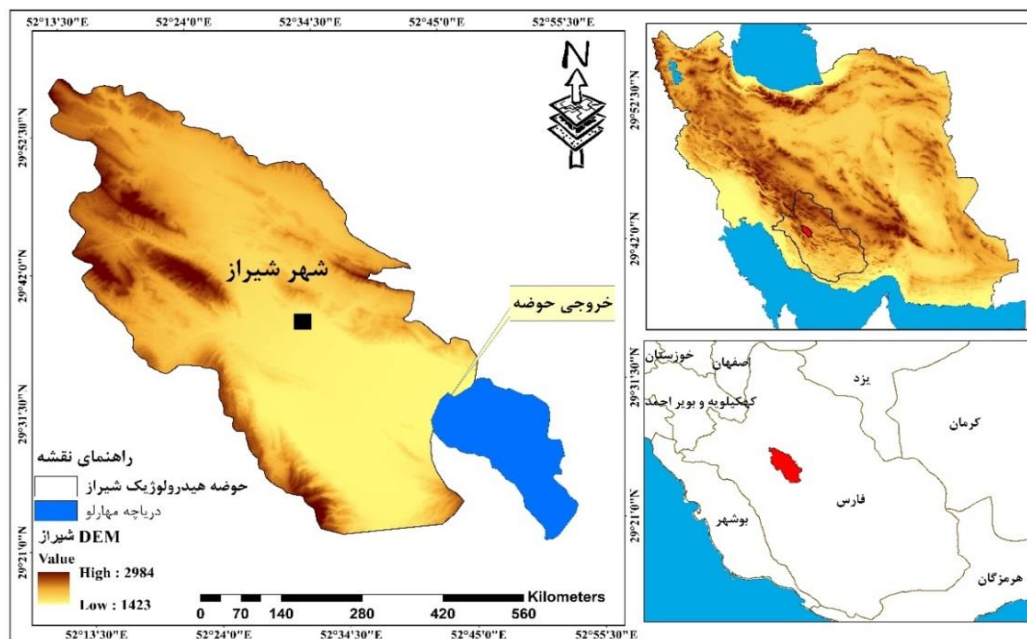
2 Kabenge

3 Zelenakova

دبی که در زمان‌های گذشته موجب رخداد و خساراتی نشده است، چگونه امروزه با کوچک‌ترین شدت و مدت زمان کوتاه یک بارش، نتواند از طریق مسیل خود زهکشی شده و موجب وقوع سیلاب در حوزه شهری شیراز شود.

۲- موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز شیراز دارای محیطی برابر با $234/5$ کیلومتر و مساحتی برابر با $1898/24$ کیلومتر مربع و محدوده سیاسی استان فارس واقع شده است. این حوضه در مختصات جغرافیایی بین عرض جغرافیایی 29 درجه و 20 دقیقه تا 29 درجه و 58 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 52 درجه و 10 دقیقه تا 52 درجه 52 دقیقه شرقی واقع شده است. حداکثر ارتفاع حوضه از سطح دریا 2750 متر و حداقل ارتفاع نیز 1350 متر است. خروجی آب از یان حوضه، به سطح اساس دریاچه مهارلو منتهی می‌گردد که تمامی جریانات وارده به این حوضه از طریق مسیلی تحت عنوان رودخانه خشک زهکشی می‌گردد و از نظر ژئومورفولوژیکی در واحد زاگرس چین‌خورده قرار دارد و از نظر زمین‌شناسی سنگ کف، دو ناحیه عمیق در محدوده دشت شیراز که توسط طاق‌دیس‌های سنگ‌آهک‌های آسماری از هم جدا شده است، عمدتاً از رسوبات ماسه‌سنگ، کنگلومرا، گچ و آهک به رنگ زرد و قرمز تشکیل شده است. رسوبات این حوضه متعلق به دوران چهارم بوده و منطقه وسیعی از دشت شیراز را به صورت آبرفت پوشانده است. این رسوبات از شن و ماسه و رس تشکیل شده که ضخامت آن حداکثر به 250 متر می‌رسد (آقاباتی، ۱۳۸۳). بارش متوسط حوضه طی دوره آماری 20 ساله 310.51 میلی‌متر و میانگین دمای سالانه 18.46 درجه سلسیوس بوده است و بر مبنای اقلیم آمبرژه بارندگی‌های این ناحیه اکثراً از سیکلون‌های غرب و برخورد هوای سرد سیبری و مدیترانه‌ای منشأ می‌گیرد. رطوبت موجود در هوای مدیترانه بر اثر صعود به دامنه‌های زاگرس موجب بارندگی در نواحی غربی ایران شده به نحوی که میزان آن از غرب به شرق نقصان می‌یابد و شروع فعالیت سیکلون‌های مدیترانه‌ای از اوایل پاییز است که تا اواسط بهار ادامه می‌یابد.



شکل ۱- نقشه موقعیت حوضه آبریز شیراز، در استان و کشور

۳- مواد و روش‌ها

این تحقیق بر پایه روش آماری-تحلیلی و از نوع کاربردی است. در این پژوهش از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ شیراز-کازرون، زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و داده‌های مرکز مطالعات آب منطقه‌ای استان فارس، در خصوص آمار دبی ایستگاه‌های هیدرومتری این سازمان استفاده شده است. در ابتدا محدوده حوضه آبریز شیراز در محیط نرم‌افزار Arc Gis معین گردیده است. که حوزه مدنی شیراز نیز در بخشی از این حوضه آبریز واقع شده است. در مرحله بعد از داده‌های ایستگاه‌های هیدرومتری علی‌آباد، مارون‌اقبال‌آباد، چنارسوخته و پل باغ صفا جهت تعیین بیشترین مقادیر دبی این ایستگاه‌ها در یک دوره ۴۴ ساله در محیط Excle استفاده شده است. پس از آن از ساختار گمبل تیپ یک برای تعیین پیک حداکثر مقادیر دبی ثبت شده در رودخانه خشک، از طریق رابطه ثابت اوایلر-ماسکرونی استفاده شده است. همچنین این ساختار توزیعی از طریق ضوابط جبری، جهت محاسبه گشتاور اول و دوم، انحراف استاندارد مقادیر دبی، پیش‌بینی‌های جریان‌ات طغیانی تغییرات چگال از طریق توزیع نرمال گاوس^۱، توزیع ارگودیک هولومورفیک حد آستانه، پیش‌یابی ارگودیک فاصله اطمینان و خروجی‌های مربوطه در محیط Graphers 16 انجام پذیرفته است و در آخر مقادیر به دست آمده را با استفاده از روش انتگرال جز به جز ریمان، بر روی ساختار توزیع گمبل پیاده‌سازی کرده و به بررسی چگونگی روند پیک‌های حداکثری بر وقوع سیلاب ۴۴ ساله پرداخته شده است.

1 Gauss

در ساختار عمومی توزیع نارایب حد آستانه حداکثر گمبل از منفی تا مثبت بی نهایت داریم که :

$$f(X) = \left(\frac{1}{\beta}\right)e^{\left(-\frac{x-\mu}{\beta}\right)}e^{(-e)^{\left(-\frac{x-\mu}{\beta}\right)}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در توزیع فوق β : انحراف استاندارد تعدیل شده گمبل از جامعه از دبی های حداکثر و μ : میانگین تعدیل شده گمبل از دبی های حداکثر می باشد. همان گونه که از تابع گمبل معلوم هست در حقیقت مقادیر انحراف استاندارد و میانگین دبی های حداکثر حوضه شیراز بایاس (اریب) تابع گمبل می باشند. جهت رفع نااریبی مذکور ابتدا μ را برابر صفر و β را برابر یک فرض می نماییم. در این صورت جهت محاسبه G.S.C در تابع استاندارد گمبل حد آستانه حداکثر تیپ یک، داریم که :

$$f(X) = e^{-x}e^{-e^{-x}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

با توجه به این که تابع احتمال گمبل به صورت خودکار چگال می باشد؛ بنابراین داریم که :

$$F(X) = \left(\int_{-\infty}^{+\infty} e^{-x}e^{-e^{-x}} dx\right) = 1 \quad \text{رابطه (۳)}$$

۴- بحث و نتایج

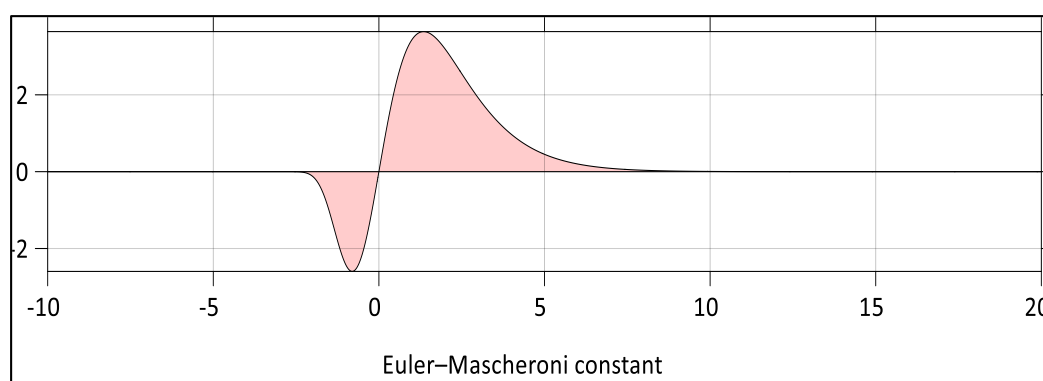
۴-۱- تحلیل پیک دبی های رودخانه خشک شیراز در ساختار گمبل تیپ یک

یکی از راهکارهای محاسبه در برآورد مقادیر حد آستانه دبی حاصل از بارش ها، ساختار گمبل تیپ یک است. بدیهی است که با این تحلیل بیشترین و کمترین مقادیر وقوع دبی در حوضه شیراز و این که وقوع این مقادیر حد آستانه هرچند وقت یک بار اتفاق خواهد افتاد را می توان محاسبه کرد. در این آنالیز، ۴۴ سال دیتاهای حداکثر دبی رودخانه خشک مورد استفاده قرار داده شده است. جهت رفع بایاس از مقادیر حداکثری دبی حاصل از بارش های ۴۴ ساله ی حوضه شیراز ایستگاه های علی آباد، مارون، اقبال آباد، چنار سوخته و پل باغ صفا واقع در شهر شیراز، برداشت گردیده است. از داده های هیدرومتری ایستگاه پل فسا که در محل اوتلت (خارجی) رودخانه خشک به این رودخانه می پیوندد، صرف نظر شده است. به دلیل این که نقشی در توزیع روان آب احتمالی بر سطح حوضه و شهر شیراز ندارد. بدیهی است در صورتی که در مطالعات کل حوضه هیدروژئومورفولوژیک مهارلو، مورد بررسی قرار گیرد نه تنها این شاخه از رودخانه، بلکه شاخه های جنوبی حوضه، شامل زیر حوضه سروستان بوده و باید در محاسبات

حتماً اعمال گردند. در هر حال برای محاسبه گشتاور اول تابع توزیع گمبل که برابر امید ریاضی $EG(X)$ است. از طریق تابع چگال احتمال [رابطه \(۴\)](#) داریم که :

$$F(X) = \left(\int_{-\infty}^{+\infty} (x)(e^{-x}e^{-e^{-x}}dx) \right) = 0.577215664902 \quad \text{رابطه (۴)}$$

این تابع احتمال برابر است با 0.577215664902 که این مقدار برابر با ثابت اویلر - ماسکرونی بوده و حاصل مذکور از محاسبه انتگرال جز به جز از ساختار ریمان در نمودار زیر قابل محاسبه می باشد.

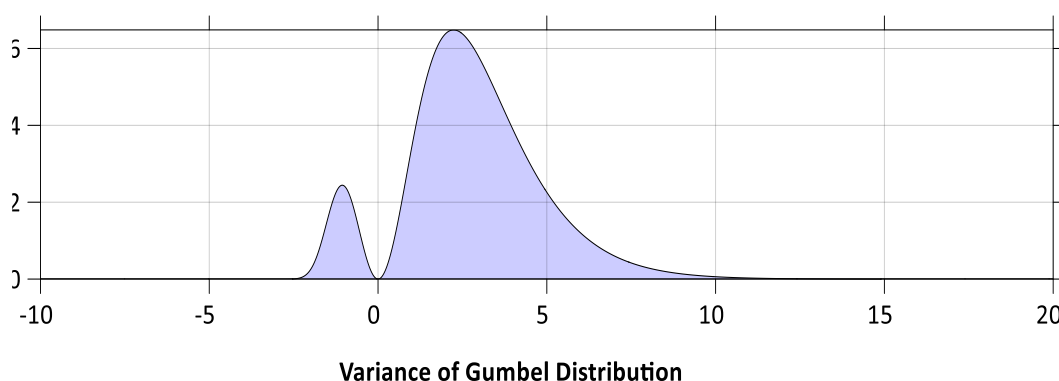


شکل ۲- مقدار گشتاور اول توزیع حد آستانه نوع اول گمبل

در ادامه جهت رفع ابیاس، میانگین و انحراف استاندارد دبی های رودخانه خشک در تابع احتمال نوع یک گمبل با محاسبه گشتاور دوم توزیع حد آستانه گمبل از ساختار جز به جز ریمانی [رابطه \(۵\)](#) داریم که :

$$F(X^2) = \left(\int_{-\infty}^{+\infty} (x^2)(e^{-x}e^{-e^{-x}}dx) \right) = 1.97811199066 \quad \text{رابطه (۵)}$$

این مقدار فوق، سطح محصور زیر منحنی انتگرال جز به جز گشتاور دوم گمبل، از ساختار ریمان را نشان داده است. نمودار زیر از طریق رفع ابیاس مقادیر حداکثر سالانه دبی رودخانه خشک حوضه مطالعاتی به دست آمده است.



شکل ۳- مقدار گشتاور دوم گمبل از ساختار ریمان

در مرحله بعد جهت محاسبه انحراف استاندارد توزیع احتمال گمبل، روابط (۶ و ۷) را داریم که :

$$\text{VAR}(P) = 1.97811199066 - 0.577215664902^2 = \text{رابطه (۶)}$$

$$\text{STD}(P) = 1.64493406684 \text{ رابطه (۷)}$$

$$\sqrt{(1.97811199066) - (0.577215664902^2)} = 1.28254983016$$

با محاسبه گشتاور اول و دوم و انحراف استاندارد تابع احتمال چگال گمبل، در رفع بایاس دبی‌های حداکثری حوضه رودخانه خشک شیراز، از طریق محاسبه ضریب کشیدگی گمبل تیپ یک، روابط (۸ و ۹) به دست آمده‌اند.

$$\text{Geometric Gumbel Kurtosis} \left(\frac{\mu}{\text{STD}(P)} \right) = \left(\frac{0.577215664902}{1.28254983016} \right) = 0.450053207457 \quad \text{رابطه (۸)}$$

$$\text{Gumbel Ratio (STDP)} = \left(\frac{1}{\text{STD}(P)} \right) = \left(\frac{1}{1.28254983016} \right) = 0.779696801235 = ((\beta\pi)/\sqrt{6}) \quad \text{رابطه (۹)}$$

بنابراین در توزیع استاندارد حد آستانه ماکزیمم گمبل تیپ یک، در تحلیل دبی‌های حداکثر سالانه رودخانه خشک که در حوضه شیراز واقع هست، رابطه (۱۰) را داریم که این مقدار برابر است با:

$$\text{Mean} = \left(\int_{-\infty}^{+\infty} (x)(e^{-x}e^{-e^{-x}} dx) \right) = 0.577215664902 \quad \text{رابطه (۱۰)}$$

با این شرط که در حالت استاندارد μ برابر صفر و β برابر یک فرض می‌گردد. مقدار Mean برابر خواهد بود با ثابت اوایلر - ماسکرونی، یعنی مقدار 0.577215664902. به همین طریق اگر μ برابر صفر گردد بنابراین Mode در ساختار توزیع یک گمبل برابر با رابطه (۱۱) :

$$Mode = \mu = 0$$

رابطه (۱۱)

و در صورتی که در حالت استاندارد گمبل تیپ یک، مقدار μ برابر صفر فرض شود در محاسبه کمیت مقدار مد توزیع برابر 0.366512920582 است.

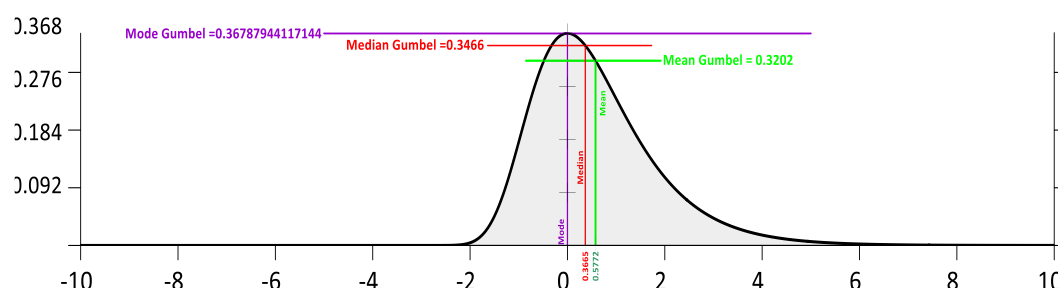
$$f(X) = (e^{-x}e^{-e^{-x}}) \sim (e^{-(\mu)}e^{-e^{-(\mu)}}) = (e^{-(0)}e^{-e^{-(0)}}) = 0.366512920582 \quad \text{رابطه (۱۲)}$$

همچنین برای تعیین مقدار میانه در توزیع گمبل حد آستانه تیپ یک، براساس روابط (۱۳ و ۱۴) برابر است با:

$$F(X) = \left(\int_{-\infty}^x e^{-x}e^{-e^{-x}} dx \right) = 0.5 \quad \text{رابطه (۱۳)}$$

$$F(X) = Median = \mu - \beta(\ln(\ln(2))) = 0.3665129 \quad \text{رابطه (۱۴)}$$

بر این اساس توزیع حد آستانه جبری گمبل تیپ یک، دارای چولگی مثبت ۱,۱۳۴ می باشد و شدیداً به سمت راست چولگی دارد که با توجه به نوع عملکرد این ساختار کاملاً منطقی است. همچنین میزان کشیدگی جبری توزیع نیز ۵,۴ می باشد.



Standard Distribution of Gumbel Maximum Extreme Value Type 1

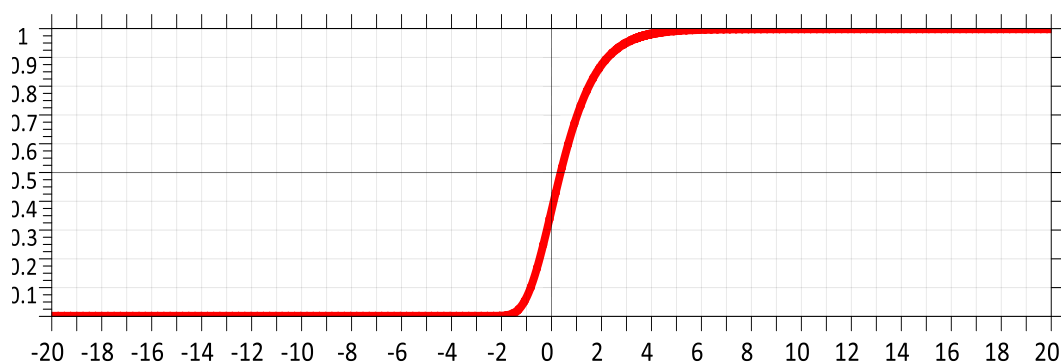
شکل ۴- میزان کشیدگی جبری توزیع گمبل تیپ یک

در محاسبه توزیع تجمعی احتمال حد آستانه گمبل تیپ یک رابطه (۱۵) برقرار است که:

$$P = e^{-e^{-y}}$$

رابطه (۱۵)

در شکل ۵ محور افقی سری زمانی و محور عمودی احتمال وقوع مطلق است. باید در نظر داشت که محاسبه فوق و نمودار زیر هر دو در حالت کلاسیک توزیع تجمعی را نشان می‌دهند که در تحلیل‌های حوضی باید بایاس در دیتاهای به‌دست‌آمده رفع گردد.



Cumulative Distribution of Gumbel Maximum Extreme Value Type 1

شکل ۵ - حالت کلاسیک توزیع تجمعی سری زمانی و احتمال وقوع مطلق

در رفع بایاس توزیع تجمعی حد آستانه گمبل در دبی‌های پیک، در رودخانه شیراز به‌طور عام از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است :

$$P = e^{(-e)^{\left(\frac{x-\mu}{\beta}\right)}} \quad \text{رابطه (۱۶)}$$

در واقع ساختار فوق که در تحلیل آن ناریبی‌های μ و β اعمال می‌گردد، نه‌تنها باید در محاسبات دبی‌های حد آستانه حداکثر تیپ یک گمبل حوضه شیراز طبق (جدول ۱) اعمال شود، بلکه در سایر آنالیزهای مشابه نیز صادق است.

جدول ۱- مقادیر دبی ۴۴ ساله حوضه هیدروژئومورفیک شیراز

سال	سورت صعودی حداکثر دبی روزانه در سال به متر مکعب	میانگین متحرک	انحراف استاندارد جامعه ی متحرک	CV =STDP/MEAN	G.D.R	(G.D.R)-CV
1387	0.248	42.95629545	38.48801561	0.895980792	0.39894228	0.497038512
1386	0.669	43.94951163	38.37149686	0.873081302	0.39894228	0.474139022
1388	1.23	44.98	38.23305208	0.850001158	0.39894228	0.451058878
1355	2.4	46.04707317	38.07356052	0.826839968	0.39894228	0.427897688
1360	5.77	47.13825	37.90802777	0.804188271	0.39894228	0.405245991
1357	8.18	48.19897436	37.80026128	0.784254474	0.39894228	0.385312194
1392	9.67	49.25210526	37.72541613	0.765965555	0.39894228	0.367023275
1358	11.2	50.32189189	37.65877356	0.748357666	0.39894228	0.349415386
1375	12.79	51.40861111	37.60161877	0.731426466	0.39894228	0.332484186
1396	12.9	52.512	37.55595215	0.715187998	0.39894228	0.316245718
1359	15.01	53.67705882	37.47566783	0.698169174	0.39894228	0.299226894
1354	15.32	54.84878788	37.42063292	0.682250864	0.39894228	0.283308584
1398	16.6	56.0840625	37.33240481	0.665650867	0.39894228	0.266708587
1353	17.55	57.35774194	37.23915263	0.649243701	0.39894228	0.250301421
1389	19.8	58.68466667	37.12676974	0.632648558	0.39894228	0.233706278
1361	21.09	60.02551724	37.04040437	0.617077637	0.39894228	0.218135357
1379	24.6	61.41607143	36.94476508	0.601548816	0.39894228	0.202606536
1378	25.8	62.77962963	36.92435445	0.588158208	0.39894228	0.189215928
1393	27.5	64.20192308	36.89482234	0.574668492	0.39894228	0.175726212
1363	28.57	65.67	36.87330384	0.561493891	0.39894228	0.162551611
1370	28.63	67.21583333	36.83140247	0.547957239	0.39894228	0.149014959
1385	28.9	68.89347826	36.71491411	0.532922927	0.39894228	0.133980647
1372	31.7	70.71136364	36.51367817	0.516376383	0.39894228	0.117434103
1394	35	72.56904762	36.34301792	0.500806048	0.39894228	0.101863768
1391	35.4	74.4475	36.23196722	0.486678092	0.39894228	0.087735812
1390	35.8	76.50263158	36.01911332	0.470821887	0.39894228	0.071879607
1369	36.88	78.76388889	35.66932282	0.452863912	0.39894228	0.053921632
1364	38	81.22764706	35.18351779	0.433147076	0.39894228	0.034204796
1384	48.5	83.929375	34.51316768	0.411216784	0.39894228	0.012274504
1368	51.84	86.291333	34.37015815	0.39830371	0.3989	-0.0006
1381	53.7	88.75214286	34.27613084	0.3862006	0.39894228	-0.01274168
1362	57.6	91.44846154	34.10930346	0.372989363	0.39894228	-0.02595292
1367	58.81	94.26916667	34.01419396	0.360819928	0.39894228	-0.03812235
1374	61.38	97.49272727	33.72607222	0.345934237	0.39894228	-0.05300804
1395	70.5	101.104	33.28270638	0.329192776	0.39894228	-0.0697495
1371	75.1	104.5044444	33.39446631	0.31955068	0.39894228	-0.0793916
1382	82	108.18	33.6600921	0.311148938	0.39894228	-0.08779334
1373	83.94	111.92	34.3941623	0.307310242	0.39894228	-0.09163204
1377	91.7	116.5833333	35.04128121	0.300568531	0.39894228	-0.09837375
1376	93	121.56	36.39871426	0.299430028	0.39894228	-0.09951225
1380	93.7	128.7	37.43240575	0.290850084	0.39894228	-0.1080922
1366	94.1	140.3666667	36.38409298	0.259207502	0.39894228	-0.13973478
1383	144	163.5	19.5	0.119266055	0.39894228	-0.27967622
1397	183	183	0	0	0.39894228	-0.39894228

بنابراین می‌توان مشاهده نمود که پیک دبی‌های واقع شده طی ۴۴ سال از ۰,۲۴۸ مترمکعب بر ثانیه تا ۱۸۳ مترمکعب در ثانیه در سال ۱۳۹۷ متغیر بوده است. بدیهی است که حتی دبی‌های پیک حداکثری در سال‌های آماربرداری نیز نمی‌توانند جز، روان آبی بیش در نظر گرفته شوند که سبب ایجاد جریان طغیانی در رودخانه خشک شده است؛ اما امروزه بنا به دلیل مدیریت‌های غلط شهری و عدم رعایت حریم رودخانه، تبدیل به سیلاب شهری گشته است. در تعیین دبی که می‌تواند به‌عنوان منشأ جریان طغیانی در رودخانه خشک در پیش‌بینی آینده شود، از طریق اعمال ضریب تغییرات چگال توزیع نرمال گاوس قابل محاسبه است که بر اساس روابط (۱۷ و ۱۸) برابر است با:

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{(-0.5x^2)} dx = \sqrt{(2\pi)} \quad \text{رابطه (۱۷)}$$

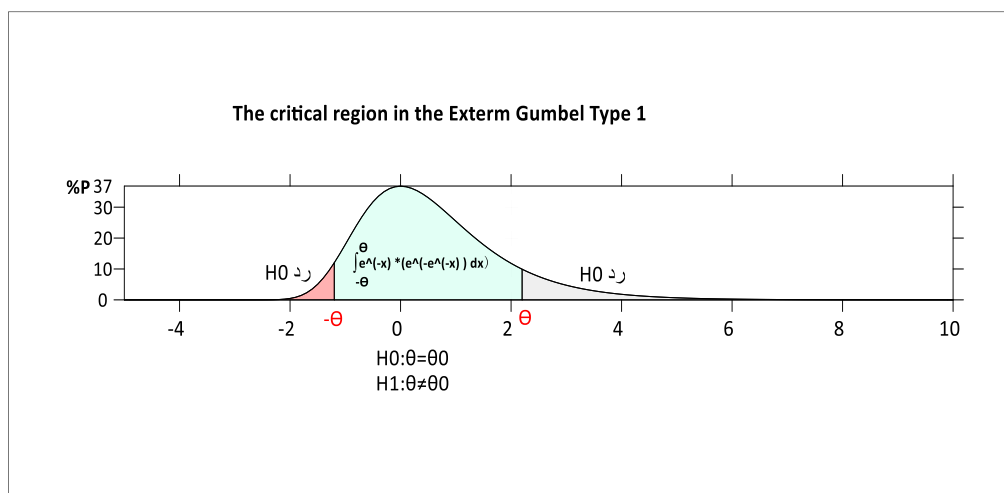
$$\text{Gauss Density Ratio} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} = \frac{1}{2.506628275} = 0.39894228 \quad \text{رابطه (۱۸)}$$

پس باید ضریب تغییرات دبی، حداقل مقدار 0.39894228 باشد که همان مقدار چگال توزیع گاوس است؛ بنابراین بر اساس محاسبات تحلیلی فوق‌الذکر از دبی‌های ۴۴ ساله قابل تحلیل در ساختار گمبل، آن‌هایی روایی دارند که، مقدار آن‌ها حداقل بیشتر از 51.48 مترمکعب در ثانیه باشد.

در ادامه برای پیش‌بینی فاصله اطمینان دبی حداکثر در محاسبه حد آستانه دبی‌های رودخانه خشک، ابتدا باید بایاس‌های ساختار گمبل محاسبه گردد. بنابراین در یک ساختار مجموع کلاسیک نامعین در برآورد فاصله اطمینان بین دو مقدار از دبی‌های حد آستانه رودخانه خشک شیراز برابر توزیع حد آستانه‌ای حداکثر گمبل تیپ یک [رابطه \(۲۲\)](#) حاکم است:

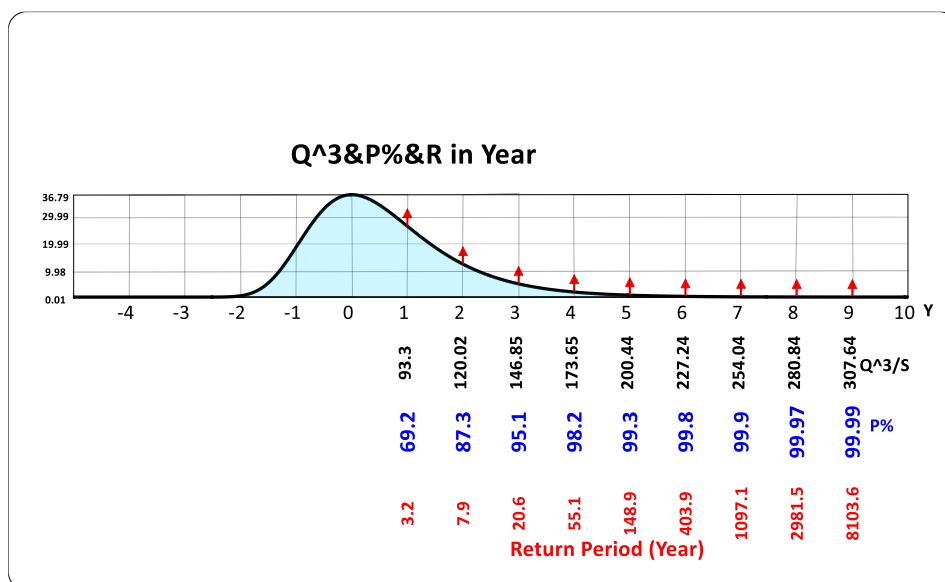
$$F(X) = \left(\int_a^b e^{-x} e^{-e^{-x}} dx \right) \quad \text{رابطه (۱۹)}$$

و چون تابع هولومورف فوق به صورت هندسی چگال می‌باشد بنابراین کافی است که مقادیر (a, b) به توزیع احتمال مذکور تزریق گردد. نباید از نظر دور داشت که توزیع احتمال گمبل تیپ یک، از یک شبکه ارگودیک پیروی می‌نماید. در این شبکه، مقادیر x از لگاریتم طبیعی روی محور عرضی (Y) محاسبه می‌گردد و سپس این سیستم ارگودیک، به صورت نمای ثابت (e) قرار می‌گیرد ([شکل ۶](#))؛ بنابراین می‌توان به مکانیزم عملگر متغیرهای سه‌گانه (a, b, x) در این شبکه ارگودیک هولومورف به‌خوبی پی برد.



شکل ۶- ساختار حد آستانه استاندارد تیپ یک گمبل

در توزیع استاندارد گمبل اریب (Bias) به راحتی ابتدا مقادیر (a,b) محاسبه می گردد. این دو مقدار یک سری زمانی هستند که تابع سیر لگاریتم طبیعی هستند. به بهترین وجهی ساختار ارگودیک گمبل با رفع بایاس این دو مقدار را به صورت نااریب (UnBias) تبدیل می نماید. در این تبدیل ارگودیک گمبل ابتدا انحراف استاندارد پیک دی های روزانه رودخانه خشک را در ضریب 0.779696801235 (تابع شماره ۹) مقیاس می نماید. شکل ۷ دارای ضریب انحراف استاندارد مذکور می باشد). یا به سخن دیگر هر انحراف استاندارد از جمله انحراف استاندارد دی های حداکثر روزانه رودخانه خشک، اگر به صورت مستقیم (روی متغیرهای x,a,b) یا به طور غیرمستقیم فقط روی متغیرهای a,b اعمال گردد، بایاس انحراف استاندارد گمبل در این برآورد رفع خواهد شد. همچنین توزیع حد آستانه گمبل دارای یک kurtosis هندسی است که مقدار آن برابر با 0.450053207457 است. (ضابطه شماره ۸).



شکل ۷- انحراف استاندارد دی های حداکثر روزانه

بنابراین در ساختار ارگودیک هولومورفیک گمبل حد آستانه تیپ یک، Y ها که در حقیقت سری زمانی منشعب از یک تابع نمایی مضاعف هولومورف هستند باید در وهله اول با مقدار تابع شماره ۹ و سپس با مقدار تابع شماره ۸ رفع بایاس گردند. در محاسبه این ساختار مجموع نااریب نامعین رابطه (۲۰) حاکم است که داریم:

$$F(X) = \int \left(\frac{1}{\beta} \right) e^{\left(-\frac{x-\mu}{\beta} \right)} e^{(-e)^{\left(\frac{x-\mu}{\beta} \right)}} dx \quad \text{رابطه (۲۰)}$$

باید در نظر داشت که مقدار تابع دیفرانسیل شماره ۲۰ بر خلاف تابع احتمال شماره (۳) به صورت خودکار چگال نمی‌باشد. همچنین تابع باید در مقدار $(\frac{1}{\beta})$ ضرب گردد تا به کورتیس مورد نیاز چگال برسد. تفسیر عملی فوق روی شکل ۷ توزیع حد آستانه ماکزیمم تیپ یک گمبل می‌باشد. ورای اعمال دوره بازگشت دبی‌های حد آستانه بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ مترمکعب بر ثانیه روزانه در طول سال روابط (۲۱ و ۲۲) برقرار است که :

$$150 = 86.29133 + (34.37016((0.779697 * Y) - 0.450053208) \quad \text{رابطه (۲۱)}$$

$$250 = 86.29133 + (34.37016((0.779697 * Y) - 0.450053208) \quad \text{رابطه (۲۲)}$$

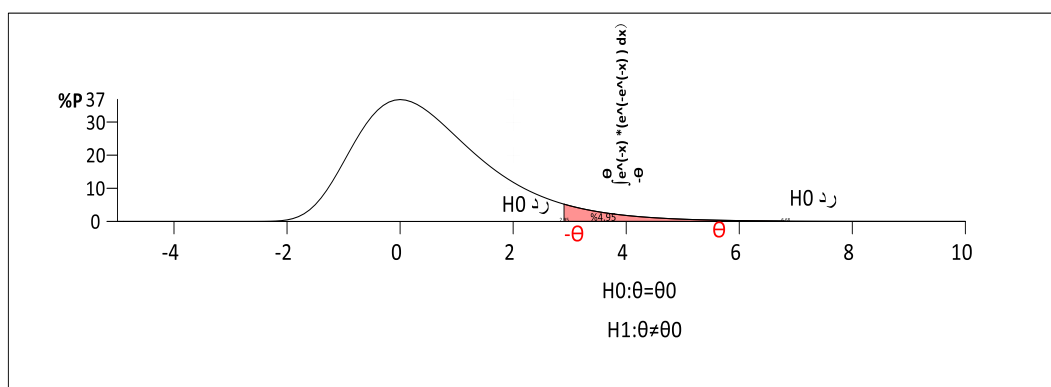
$$Y(150m^3) = ((\left(\frac{150 - 86.29133}{34.37016}\right) + 0.450053208))/0.77969 = 2.95455$$

$$Y(250m^3) = ((\left(\frac{250 - 86.29133}{34.37016}\right) + 0.450053208))/0.77969 = 6.68619$$

در دو ضابطه ۲۱ و ۲۲ ضرایب بایاس از ضوابط ۸ و ۹ استخراج شده است. پس با محاسبه مقادیر Y در توزیع استاندارد تابع دیفرانسیل گمبل تیپ یک، با روش جز به جز ریمان از ضابطه (۲۳) نشان می‌دهد که:

$$F(X) = \left(\int_{2.95455}^{6.68619} e^{-x} e^{-e^{-x}} dx\right) = 0.04952 \quad \text{رابطه (۲۳)}$$

در تابع اولیه احتمال فوق فاصله اطمینان احتمال وقوع دبی‌های بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ متر مکعب در ثانیه، حداکثر برابر با ۴٫۹ درصد است و باید کاملاً دقت داشت که این کمیت یک فاصله اطمینان روی توزیع استاندارد تابع احتمال گمبل تیپ یک می‌باشد.



شکل ۸- فاصله اطمینان مقادیر توزیع استاندارد تابع احتمال گمبل تیپ یک

در حقیقت مقادیر Y های به دست آمده روی مقادیر مورد پیشنهاد شده از نمودار ۶، به نواحی روی نمودار ۷ انتقال یافته اند. در این تحلیل حتماً و حتماً باید مقادیر Y بین $\theta -$ و θ واقع گردد. در غیر این صورت فرض $H1$ به وقوع خواهد پیوست که رد فرض $H0$ می باشد؛ به عبارتی دیگر جهت قبول فرض $H0$ باید رابطه (۲۴) حاکم باشد:

$$Y | -\theta < Y < \theta \quad \text{رابطه (۲۴)}$$

مقادیر Y ساختار ارگودیک لگاریتم نپرین، منشعب از یک سری زمانی معکوس است. به این معنی که در سری زمانی گمبل عامل عملگر به جای p که بیانگر احتمال وقوع واقعی است، از q استفاده شده است.

$$p = \frac{1}{T} \quad \text{رابطه (۲۵)}$$

در ضابطه فوق: p : احتمال وقوع مطلق و T : زمان به سال است. باید توجه داشت که زمان به سال می باشد؛ بنابراین نمی توان زمان را صفر در نظر گرفت بلکه باید حداقل یک سال و کسری از یک سال باشد. در محاسبات حد آستانه ماکزیمم تیپ یک گمبل، از احتمال عدم وقوع استفاده می شود. چون درصد محاسبه احتمال حداکثری است. در این تحلیل ساختار ۲۶ برقرار است:

$$q = 1 - p \quad \text{رابطه (۲۶)}$$

پس در محاسبه Y داریم که:

$$Y = -\ln(-\ln(q)) \quad \text{رابطه (۲۷)}$$

بنابراین:

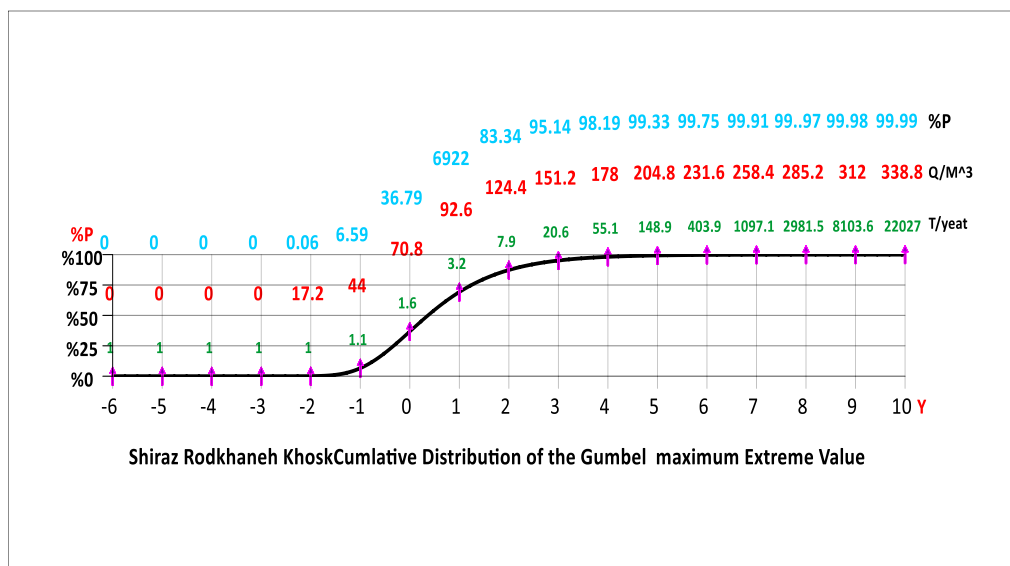
$$Y = -\ln\left(-\ln\left(1 - \left(\frac{1}{T}\right)\right)\right) \quad \text{رابطه (۲۸)}$$

به خوبی آشکار است که عامل Y در ساختار تیپ یک گمبل، یک عملگر ارگودیک از یک سری زمانی است که ترکیبی از احتمال وقوع و عدم احتمال وقوع (p و q) است. بنابراین جهت محاسبه مقدار دبی حداکثر با استفاده از مقدار Y محاسبه شده در ساختار توزیع تیپ یک ماکزیمم برابر است با:

$$Q/M^3 = \bar{Q} + (\sigma(Q) * ((0.779696801235 * Y) - 0.450053207457)) \quad \text{رابطه (۲۹)}$$

بر این اساس علت ارگودیک بودن ساختار گمبل تیپ یک ماکزیمم، این است که در این سیستم پژوهشگر با حداقل ده بعد شامل احتمال وقوع، عدم احتمال وقوع، محور طولی x که با Y ارگودیک می‌گردد، محور Y که با P مطلق و نسبی ارگودیک می‌گردد و نموداری که یکی دارای ضریب هندسی Skewness برابر 0.779 مثبت به راست بوده، با kurtosis در حد 0.45 هندسی است.

در تحلیل بر روی فاصله اطمینان بین دو مقدار ارگودیک دوره بازگشت، احتمال و مقدار دبی حداکثر بیانگر، ساختار حداکثرهای آستانه در هر نقطه بوده و این ساختار کاملاً ارگودیک است. که این ساختار با ساختارهای کلاسیک احتمال دامنه به راست، هم‌خوانی داشته، ضمناً عمل کرد آن بسیار مجزاست. اعمال این ساختار روی پیک دبی‌های روزانه رودخانه خشک شیراز در طول یک سال طی دوره آماری ۴۴ ساله در شکل ۹ قابل تفسیر و مشاهده است.



شکل ۹- ساختار حد آستانه تجمعی حداکثر تیپ یک گمبل در پیش بینی فاصله اطمینان دبی

که در تفسیر احتمال کلاسیک راست دامنه داریم که :

$$H_0: \theta \leq \theta_0 \text{ پذیرش فرض}$$

$$H_0: \theta > \theta_0 \text{ رد فرض}$$

در بیان احتمال کلاسیک فوق برای مثال در رودخانه خشک شیراز، دبی پیک ۱۲۴ مترمکعب روزانه طی یک سال، حداکثر بیشتر از ۸۴ درصد، طی ۸ سال احتمال وقوع ندارد و این دقیقاً از ساختارهای نرمال و گاما بیس تبعیت می‌نماید. باید توجه نمود که در تمام تحلیل‌های گمبل تیپ یک اگر ضریب انحراف استاندارد و چولگی گمبل اعمال

گردد، نتایج ناریب Un Bias و در غیر این صورت اریب یا Bias خواهند بود. تبیین محاسباتی بر روی دبی های روزانه حداکثری واقع شده در رودخانه خشک شیراز که شکل ۹ از آن استخراج شده است به شرح جدول شماره ۲ است.

جدول ۲- تبیین محاسباتی دبی های روزانه حداکثری رودخانه خشک

Y	β	G.G.K	AVE	STD(p)	Q/M/ $\wedge$ 3	P	%p	T/Year
-5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	0	3.50739E-65	3.50739E-63	1
-4.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	0	8.05483E-40	8.05483E-38	1
-4	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	0	1.94234E-24	1.94234E-22	1
-3.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	0	4.1509E-15	4.1509E-13	1
-3	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	0	1.89218E-09	1.89218E-07	1
-2.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	3.827177	5.11929E-06	0.000511929	1.000005
-2	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	17.22633	0.000617979	0.061797899	1.000618
-1.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	30.62548	0.011314286	1.131428638	1.011444
-1	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	44.02463	0.065988036	6.598803585	1.07065
-0.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	57.42378	0.192295646	19.22956455	1.238077
0	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	70.82293	0.367879441	36.78794412	1.581977
0.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	84.22208	0.545239212	54.52392119	2.198958
1	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	97.62124	0.692200628	69.22006276	3.24887
1.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	111.0204	0.800010713	80.0010713	5.000268
2	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	124.4195	0.873423018	87.34230185	7.900331
2.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	137.8187	0.921193655	92.11936552	12.68933
3	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	151.2178	0.951431993	95.14319929	20.58969
3.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	164.617	0.970254003	97.02540026	33.61797
4	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	178.0161	0.981851073	98.18510731	55.09968
4.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	191.4153	0.988952481	98.89524805	90.51806
5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	204.8144	0.993284702	99.32847021	148.9137
5.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	218.2136	0.995921568	99.5921568	245.1923
6	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	231.6127	0.997524317	99.75243174	403.929
6.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	245.0119	0.99849769	99.84976904	665.6418
7	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	258.4111	0.999088534	99.90885337	1097.133
7.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	271.8102	0.999447069	99.94470686	1808.542
8	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	285.2094	0.999664594	99.96645936	2981.458
8.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	298.6085	0.999796552	99.97965523	4915.269
9	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	312.0077	0.999876598	99.98765978	8103.584
9.5	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	325.4068	0.999925151	99.9925151	13360.23
10	0.779697	0.450053	86.29133	34.37016	338.806	0.999954601	99.99546011	22026.97

۵- نتیجه گیری

سیل یکی از بلایای طبیعی است که هر ساله موجب خسارات جبرانناپذیری در کل دنیا می گردد و علل مختلفی موجب وقوع این اتفاق می شود. از جمله شرایط توپوگرافیک، تغییرات اقلیمی، ضعف مدیریت های حوضی جهت مطالعه صحیح و دست اندازی بر حریم رودخانه ها سبب تلفات جانی و مالی فراوانی گشته است. در این مطالعه به اندازه گیری مقادیر دبی حداکثری ایستگاه های هیدرومتری واقع شده بر روی رودخانه خشک، بر ایجاد سیلاب در حوضه آبریز شیراز طریق محاسبه ضوابط جبری توزیع گمبل تیپ یک برای بررسی روند یک دوره ۴۴ ساله پرداخته شد. بدین صورت که ابتدا جهت رفع ابیاس میانگین و انحراف استاندارد مقادیر دبی و محاسبه گشتاور اول و دوم از ساختار انتگرال جز به جز ریمانی، استفاده شده است. تا توزیع استاندارد حد آستانه ماکزیمم گمبل تیپ یک، در

تحلیل دبی‌های حداکثری به دست آید که برابر با $0/577215664902$ بوده است. شرط لازم مقدار میانگین برابر با ثابت اوایلر- ماسکرونی بوده و نشان‌دهنده نوع عملکرد منطقی توزیع جبری است. در مرحله بعد با رفع بایاس دیتاهای به دست آمده مشخص شد که پیک دبی‌های 44 ساله بین $0/248$ تا 183 مترمکعب بر ثانیه متغیر بوده که این مقادیر امروزه تحت عنوان سیلاب شهری مشکل ساز شده در صورتی که در بستر اصلی حریم رودخانه هرگز سیلابی، به حساب نیامده و نهایتاً یک جریان طغیانی بوده است. همچنین در پیش‌یابی فاصله اطمینان دبی حداکثری برای اعمال دوره‌های بازگشت در ساختار ارگودیک هولومورفیک گمبل، مقادیر دوره بازگشت دبی‌های حد آستانه بین 150 تا 250 مترمکعب بر ثانیه در طول سال، برابر با 49 درصد طبق (جدول شماره ۲) بوده است. به‌طوری که به وقوع پیوستن دبی پیک طی صدسال با احتمال 70 درصد، با حدود 200 مترمکعب در ثانیه امروزه موجب سیلاب گردیده و اگر این بستر به تصرف مهندسی غلط شهری در نیامده بود، به معنای وقوع سیلاب تلقی نمی‌گردید.

کتابنامه

- آقانباتی، علی؛ ۱۳۸۳. زمین‌شناسی/ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور.
<https://www.gisoom.com/book/11083834>
- اصغری مقدم، محمدرضا؛ ۱۳۸۲. جغرافیای طبیعی شهر. انتشارات مسعی. چاپ اول.
<https://fapool.ir/file/100446>
- پورطاهری، مهدی؛ سجاسی قیداری، حمدالله؛ صادقلو، طاهره؛ ۱۳۹۰. ارزیابی تطبیقی روش‌های رتبه‌بندی مخاطرات طبیعی در مناطق روستایی مطالعه موردی استان زنجان. فصلنامه پژوهش‌های روستایی. ۲ (۳): صص ۵۴-۳۱.
https://jrur.ut.ac.ir/article_23686_393270fa8b50712c7eb57e6aeeb55448.pdf
- حجازی، اسدالله؛ خدایی قشلاق، فاطمه؛ خدایی قشلاق، لیلا؛ ۱۳۹۸. پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز ورکش چای با استفاده از نرم افزار HEC-RAS و الحاقیه HEC-GEO-RAS. فصلنامه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۱۹ (۵۳). صص ۱۵۶-۱۳۷.
<https://ensani.ir/file/download/article/1567840579-9495-53-8.pdf>
- حسین‌زاده، محمد مهدی؛ بیرانوند، سعیده؛ حسینی، امین؛ ۱۳۹۱. شبیه‌سازی سیلاب رودخانه کشکان. فصل‌نامه سنجش‌ازدور و GIS/ایران. دوره پنجم. شماره یک.
https://scj.sbu.ac.ir/article_95131_ac33d529b3311132417ad9cfe4b1af5f.pdf
- دامادی، سکینه؛ دهواری، عبدالحمید؛ دهمرده قلعه نو، محمدرضا؛ ابراهیمیان، محبوبه؛ ۱۳۹۹. پهنه‌بندی سیلاب با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS رودخانه سرباز استان سیستان و بلوچستان. نشریه علمی- پژوهشی مهندسی مدیریت آبخیز. جلد ۱۳. شماره ۳. صص ۵۹۰-۶۱۰.
https://jwem.areeo.ac.ir/article_124225_24569bd322a2487d6beccc1adc2e7627.pdf

صفاری، امیر؛ ساسان‌پور، فرزانه؛ موسی وند، جعفر؛ ۱۳۹۰. ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق شهری در برابر خطر سیل با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق فازی مطالعه موردی منطقه ۳ تهران. *فصلنامه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. ۲۰: صص ۵۰-۱۲۹. <https://jgs.khu.ac.ir/article-1-599-fa.pdf>

عسکری، شمس‌الله؛ احمدی، مهدی؛ همتی، موسی؛ ۱۳۹۴. فرسایش کناری رودخانه چرداول با استفاده از مدل HEC-RAS در محیط GIS. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*. ۳۰ (۱). صص ۷۱-۸۰.

https://jgr.ui.ac.ir/article_18101_003406c2a28d8a4262704c9d3c64f0de.pdf

علیزاده، امین؛ ۱۳۸۸. *اصول هیدرولوژی کاربردی*. انتشارات دانشگاهی امام رضا (ع). چاپ بیست و هفتم.

<https://www.gisoom.com/book/1636893>

محمد، مهدوی؛ ۱۳۸۴. *هیدرولوژی کاربردی*. انتشارات دانشگاه تهران. جلد اول. چاپ پنجم.

<https://www.gisoom.com/book/11276752>

محمد، مهدوی؛ ۱۳۸۷. *هیدرولوژی کاربردی*. انتشارات دانشگاه تهران. جلد دوم، چاپ دوم.

<https://www.gisoom.com/book/1651515>

وزارت نیرو، سازمان مدیریت منابع آب ایران؛ ۱۳۸۴. راهنمای پهنه‌بندی سیل و تعیین حد بستر و حریم رودخانه‌ها.

دفتر استانداردها و معیارهای فنی. نشریه شماره ۳۰۷. <https://shaghool.ir/Files/CODE307.pdf>

Avand, M.T., Moradi, H.R., and M, Ramazanzadeh., 2021. Spatial modeling of flood probability using geo-environmental variables and machine learning models, case study: Tajan watershed, Iran. *Advances in Space Research*, 67: 3169-3186 .

<https://doi.org/10.1016/j.asr.2021.02.011>

Brierley, G.L., and Fryirs, K., 2005. geomorphology and river management application of the River style framework. Blackwell Publishing, Malden. MA. pp 398.

<https://www.academia.edu/8547408>

Chang, H.S., Chen, T.L., 2016. Spatial heterogeneity of local flood vulnerability indicators within flood prone areas in Taiwan. *Environmental Earth Sciences*, 75(23): 1-14.

<https://doi.org/10.1007/s12665-016-6294-x>

Ezzine, A., Saidi, S., Hermassi, T., Kammessi, I., Darragi, F., Rajhi, H., 2020. Flood mapping using hydraulic modeling and Sentinel-1 image: Case study of Medjerda Basin, northern Tunisia: The Egyptian. *Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 23: 303-310.

<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2020.03.001>

Kabenge, M., Elaru, J., Wang, H., Li, F. 2017. Characterizing flood hazard risk in data scarce areas, using a remote sensing and GIS-based flood hazard index. *Nat. Hazards* 89 (3), 1369–1387. <https://www.researchgate.net/publication/319273965>

Khattak, M.S., Anwar, F., Saeed, T., Sharif, M., Sheraz, K., Ahmed, A. 2016. Floodplain Mapping Using HEC-RAS and ArcGIS: A Case Study of Kabul River. *Arab J Sci Eng*. 41:1375–1390. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13369-015-1915-3>

Khosravi, K.h., Panahi, M., Golkarian, A., Keesstra, S.D., Saco, P.M., Tien, B.D., Lee, S., 2021. Convolutional neural network approach for spatial prediction of flood hazard at national scale of Iran. *Journal of Hydrology*, 591: 2-35.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125552>

Khosravi, K.h., Pham, B.T., Chapi, K., Shirzadi, A., Shahabi, H., Revhaug, I., Prakash, I., TienBui, D., 2018. A comparative assessment of decision trees algorithms for flash flood

- susceptibility modeling at Haraz watershed, northern Iran. Science of The Total Environment, 627: 744-755. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.266>
- Termeh, S.V.R., Kornejady, A., Pourghasemi, H.R., Keesstra, S., 2018. Flood susceptibility mapping using novel ensembles of adaptive neuro fuzzy inference system and metaheuristic algorithms. Science of the Total Environment, 615: 438-451. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.262>
- Zelenakova, M., Fijko, R., Labant, S., Weiss, E., Markovic, G., Weiss, R., 2019. Flood risk modelling of the Slatvinec stream in Kru _ zlov village, Slovakia. Journal of Cleaner Production, 212:109-118. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.008>



Prioritization and Spatial Analysis of Flood Potential based on FUZZY-AHP Approach (Case Study: Ghamsar Watershed)

Daniyal sayyad ^a, Hoda Ghasemieh ^{b*}, Zahra Naserianasl ^c

^a PhD Candidate in Watershed Management Sciences and Engineering, University of kashan, Kashan, Iran

^b Associate Professor in Watershed Management Sciences and Engineering, University of kashan, Kashan, Iran

^c PhD Candidate in Watershed Management Sciences and Engineering, University of kashan, Kashan, Iran

Received: 7 March 2022

Revised: 22 April 2022

Accepted: 7 June 2022

Abstract

Flood is one of the natural disasters that can threaten economic, social and environmental sustainability activities. Therefore, identifying flood-prone areas in the basins is essential. The aim of this research was to prioritize and analyze flooding potential in Ghamsar watershed using multi-criteria decision making models and fuzzy logic. For this purpose, first, 14 effective criteria on basin flooding (including precipitation, elevation, land use, soil texture, lithology, distance to river, slope, drainage density, stream order, Topographic Wetness Index, Stream Power Index, flow accumulation, plan curvature, profile curvature) were identified. Then, pairwise comparisons were made between the criteria using the AHP method in Expert choice 11 software and the final weight of each criterion was obtained. Moreover, the criteria were fuzzified using linear and large fuzzy functions, and finally, the final weights obtained for each criterion were applied in the respective layers and the final flood risk map of the basin was prepared. The results of prioritizing quantitative and qualitative criteria based on the opinion of watershed management experts using the AHP method showed that among the 14 proposed criteria, the precipitation criterion with a final weight of 0.229 has the most impact on the flood risk of the basin. Moreover, the criteria of heavy to very heavy soil texture (0.499), Plvav stone unit (0.252), water areas and bare lands with final weights of 0.345 and 0.225, respectively, have a stronger role in the flood risk of the basin. The results of the final flood risk map of the basin showed that about 30.841, 27.056 and 12.406 percent of the total area of the basin are in the medium, high and very high flood risk categories, respectively, and these areas are located mostly in the central part and along the southeast of the basin. Therefore, knowing flood potential of the basin can be effective in formulating crisis management plans when faced with floods.

Keywords: Fuzzy Function, Flood-Prone Areas, Semi-Arid Areas, Expert Choice Software

*. Corresponding author: Hoda Ghasemieh

Email: h.ghasemieh@kashanu.ac.ir

Tel: +983155913227

How to cite this Article: Sayyad, D., Ghasemieh, H., & Naserianasl, Z. (2024). Prioritization and spatial analysis of flood potential based on FUZZY-AHP approach (Case study: Ghamsar watershed). *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 139-159.

DOI: 10.22067/geoh.2022.76678.1226



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

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

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.76678.1226>

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۱۵۹-۱۳۹

مقاله پژوهشی

اولویت‌بندی و تحلیل فضایی پتانسیل سیل‌خیزی مبتنی بر رویکرد FUZZY-AHP (مطالعه موردی: حوزه آبخیز قمصر)

دانیال صیاد- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری- آب، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

هدی قاسمیه^۱- دانشیار علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

زهره ناصریان اصل- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیز- حفاظت آب‌و خاک، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه کاشان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۶ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۲/۲ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۳/۱۷

چکیده

سیل یکی از بلایای طبیعی است که می‌تواند فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و پایداری محیط را تهدید کند؛ بنابراین شناسایی مناطق مستعد سیل‌خیز حوزه آبخیز امری ضروری در این زمینه است. هدف پژوهش حاضر، اولویت‌بندی و تحلیل فضایی سیل‌خیزی حوزه آبخیز قمصر با استفاده از مدل‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و منطق فازی است که با رویکرد توصیفی - تحلیلی و با روش FUZZY-AHP انجام شده است. برای این منظور ابتدا ۱۴ معیار مؤثر بر سیل‌خیزی حوضه (شامل باران، ارتفاع، کاربری اراضی، بافت خاک، سنگ‌شناسی، فاصله از رودخانه، شیب، تراکم زهکشی، رتبه آبراهه، شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص توان آبراهه، تجمع جریان، انحنا سطح، انحنا طولی) شناسایی شد و سپس در نرم‌افزار Expert choice 11 بین معیارها با روش AHP مقایسه‌های زوجی انجام گردید و وزن نهایی هر معیار به دست آمد. در ادامه، معیارها با استفاده از توابع فازی linear و large فازی‌سازی شدند و در نهایت وزن‌های نهایی به‌دست‌آمده برای هر معیار در لایه‌های مربوطه اعمال شد و نقشه نهایی سیل‌خیزی حوضه تهیه گردید. نتایج حاصل از اولویت‌بندی معیارهای کمی و کیفی بر اساس نظر کارشناسان آبخیزداری با

Email: h.ghasemieh@kashanu.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۳۱۵۵۹۱۳۲۲۷

نحوه ارجاع به این مقاله:

صیاد، دانیال؛ قاسمیه، هدی؛ ناصریان اصل، زهره؛ ۱۴۰۲. اولویت‌بندی و تحلیل فضایی پتانسیل سیل‌خیزی مبتنی بر رویکرد

FUZZY-AHP (مطالعه موردی: حوزه آبخیز قمصر). جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۲(۴). صص ۱۵۹-۱۳۹

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.76678.1226>

روش AHP نشان داد از بین ۱۴ معیار پیشنهادی، معیار باران با وزن نهایی ۰/۲۲۹ بیشترین تأثیر را در سیل خیزی حوضه دارد. همچنین معیارهای بافت خاک سنگین تا خیلی سنگین (۰/۴۹۹)، واحد سنگی Plvav (۰/۲۵۲)، کاربری‌های پهنه‌های آبی و اراضی لخت به ترتیب با وزن نهایی ۰/۳۴۵ و ۰/۲۲۵ نقش پررنگ‌تری در سیل خیزی حوضه دارند. نتایج حاصل از نقشه نهایی سیل خیزی حوضه نشان داد که حدود ۳۰/۸۴۱، ۲۷/۰۵۶ و ۱۲/۴۰۶ درصد از مساحت کل حوضه به ترتیب در طبقه سیل خیزی متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار دارند که این مناطق بیشتر در بخش مرکزی و در امتداد جنوب شرقی حوضه واقع شده‌اند؛ بنابراین آگاهی از پتانسیل سیل خیزی حوضه می‌تواند در جهت تدوین برنامه‌های مدیریت بحران در هنگام مواجهه شدن با سیلاب مؤثر واقع شود.

کلیدواژه‌ها: توابع فازی، مناطق مستعد سیل خیز، مناطق نیمه خشک، نرم افزار Expert choice.

۱- مقدمه

سیل را می‌توان جریان‌هایی که فراتر از ظرفیت حمل و نقل کانال و دریاچه است، تعریف نمود که می‌تواند به دلایل طبیعی و مصنوعی مانند بارندگی شدید، شکست ناگهانی سد در حوضه‌ها و غیره باشد (تینزین و باسکار^۱، ۲۰۲۰). سیل با آسیب‌های وارده به ساختمان‌ها، اقتصاد و فعالیت‌های اجتماعی، پایداری محیط را تهدید می‌کند که منجر به از دست رفتن زندگی می‌شود (اکمکچی اوغلو^۲ و همکاران، ۲۰۲۱). از این جهت سیل به فاجعه‌ای تبدیل شده است که اثرات زیان‌بار آن از سایر بلایای طبیعی از جمله زمین‌لرزه بیش‌تر است (کای^۳ و همکاران، ۲۰۱۹). طبق بررسی اولیه پایگاه داده فاجعه بین‌المللی از سال ۱۹۰۰ تا ۲۰۱۶ حدود هفت میلیون نفر در اثر سیل کشته شده‌اند و همچنین بیش از ۷۰۰ میلیارد دلار خسارت در سراسر جهان برجا گذاشته است (وانگ^۴ و همکاران، ۲۰۲۰). با توجه به مطالب بیان شده، بیش‌تر آسیب‌های ناشی از بلایای سیل در مقیاس محلی رخ می‌دهد که بر زندگی مردم، زیرساخت‌ها، کشاورزی و ساختار اقتصادی اثر می‌گذارد که در نهایت، توسعه اقتصادی محلی را محدود می‌کند و از این جهت، ارزیابی خطر سیل برای کاهش خسارات ناشی از سیل امری ضروری است (گوا^۵ و همکاران، ۲۰۱۴). امروزه چندین روش برای تخمین حساسیت سیل در منطقه وجود دارد که هر رویکرد، جنبه‌های منفی و مثبت خود را دارد. در این راستا می‌توان به رویکردهای تصمیم‌گیری چند معیاره بر پایه تحلیل سلسله مراتبی (AHP)^۶، منطق

1 Tenzin & Bhaskar

2 Ekmekcioglu

3 Cai

4 Wang

5 Guo

6 Analytical Hierarchy Processes

فازی (FL)^۱، رگرسیون لجستیک (LR)^۲، درخت تصمیم (DT)^۳، یادگیری ماشین (ML)^۴، شبکه عصبی مصنوعی (ANN)^۵، اشاره کرد که به‌طور گسترده موردپذیرش محققین قرار گرفته است (مالیک^۶ و همکاران، ۲۰۲۰). تصمیم‌گیری چند معیاره^۷ بر پایه مجموعه‌ای از روش‌ها و فرآیندهایی است که برای ارزیابی و انتخاب بهترین گزینه‌های تصمیم بر اساس معیارهای متعدد استوار است (فرناندز^۸ و همکاران، ۲۰۱۶). فرآیند سلسله مراتبی یک تحلیل ساختاری است که تعصب در تصمیم‌گیری را کاهش می‌دهد و می‌تواند ابزار مناسبی در برابر تصمیمات پیچیده باشد (کولیموشی^۹ و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین منطق فازی یکی از رویکردهای مرسوم برای تعیین حساسیت سیل در منطقه است که برای مقابله با مشکلات پیچیده کارآمد است (مالیک و همکاران، ۲۰۲۰). امروزه مفهوم منطق فازی در علوم محیطی به یک روش آماری پیشرفته و مهم تبدیل شده است (سینشاو^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۱). رویکرد FUZZY-AHP یک روش بهبودیافته برای تنظیم وزن‌های حاصل از AHP بر اساس مجموعه فازی و منطق فازی است که خطر ابتلا به سیل را نسبت به روش AHP معقول نشان می‌دهد (وانگ و همکاران، ۲۰۲۱). از این جهت در پژوهش حاضر از رویکرد FUZZY-AHP برای اولویت‌بندی تحلیل فضایی سیل‌خیزی حوزه آبخیز واقع در منطقه نیمه‌خشک (حوضه قمصر کاشان) استفاده شد. تاکنون مطالعات متعددی در زمینه شناسایی مناطق مستعد سیل‌خیزی با تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی انجام شده است که از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به تحقیق‌های زیر اشاره کرد: مصابی و مکنونی^{۱۱} (۲۰۲۱)، طی تحقیقی در تانزانیا برای تهیه نقشه حساسیت سیل از تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری چند معیاره و سامانه اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند. نتیجه مطالعات آن‌ها نشان داد که به ترتیب حدود ۴۰/۲۷ و ۵۹/۷۳ درصد در محدود احتمال خطر سیل زیاد تا خیلی زیاد و خیلی کم تا متوسط قرار دارند. جیا^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۹)، در پژوهشی باهدف منطقه‌بندی خطر سیل با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و تئوری فازی بیان داشتند، احتمال خطر از شمال غربی به جنوب شرقی به تدریج افزایش یافته است. همچنین این محققین بیان داشتند حساس‌ترین مناطق، مناطقی با توپوگرافی نسبتاً کم بودند. یودینگ^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی خطر سیل با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی و تحلیل فازی در تایلند پرداختند. نتیجه پژوهش آن‌ها نشان داد بیش‌تر

1 Fuzzy Logic

2 Logistic Regression

3 Decision Trees

4 Machine Learning

5 Artificial Neural Network

6 Malik

7 Multiple Criteria Decision Making

8 Fernandez

9 Kulimushi

10 Sinshaw

11 Msabi & Makony

12 Jia

13 Yodying

مناطق نزدیک به شبکه زهکشی در ناحیه خطر خیلی زیاد قرار دارند. **زیاری و همکاران (۱۴۰۰)**، به منظور پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی با روش تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی در شهر ایلام به این نتیجه دست یافتند که نواحی شمال و شمال غربی بیش‌ترین ظرفیت در برابر خطر سیل را دارند. **محمدپور و وفایی‌نژاد (۱۳۹۹)**، طی پژوهشی به منظور اولویت‌بندی و شناسایی عوامل مؤثر بر رخداد سیل در حوضه تجن با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی و منطق فازی به این نتیجه رسیدند که مهم‌ترین تمرکز مناطق حساس سیل در محدوده رودخانه اصلی و محدوده دلتای رودخانه در مصب است. **نجفی و کریمی کردآبادی (۱۳۹۹)**، در پژوهش خود با استفاده از مدل ترکیبی AHP-FUZZY به ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب در منطقه یک کلان‌شهر تهران پرداختند و به این نتیجه دست یافتند پهنه‌های با خطر خیلی کم، خطر کم و متوسط در شمال و مرکز محدوده مورد مطالعه قرار دارند. همچنین این محققین بیان داشتند پهنه‌های با خطر خیلی زیاد و زیاد در محدوده شهری منطقه و منطبق بر نقاط خروجی حوضه‌ها است. **صالحی و همکاران (۱۳۹۲)**، با استفاده از فرآیند تحلیل سلسله مراتبی فازی به پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری در تهران پرداختند و به این نتیجه دست یافتند نواحی مرکزی تا جنوب شهر و همچنین آبراهه‌ها و حرایم آن‌ها بیش‌ترین پتانسیل از لحاظ سیل‌خیزی را دارند. علی‌رغم مطالعات فراوان در زمینه پهنه‌بندی خطر سیلاب در مناطق مختلف، در کم‌تر پژوهشی به بحث سیل‌خیزی در مناطق نیمه‌خشک پرداخته شده است؛ بنابراین پژوهش حاضر با هدف اولویت‌بندی و ناحیه‌بندی مناطق مستعد سیل خیز با انتخاب معیارهای گسترده و مؤثر بر سیل‌خیزی حوضه از جمله باران، سنگ‌شناسی، کاربری اراضی (تصاویر سستینال^۱ ۲۰۲۰)، شیب، ارتفاع، بافت خاک، تراکم زهکشی، فاصله تا آبراهه، رتبه آبراهه‌ها، تجمع جریان، شاخص رطوبت توپوگرافی^۲، شاخص توان آبراهه^۳، انحنا^۴ سطح و انحنا^۵ طولی در تعیین پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز واقع در مناطق نیمه‌خشک با استفاده از رویکرد تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDA) و منطق فازی (FUZZY LOGIC) انجام شده است.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز قمصر با مساحت حدود ۲۴۶ کیلومتر مربع در محدوده بین طول جغرافیایی ۵۱° ۱۸' ۵۶" تا ۲۸' ۲۷" ۵۱° شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳° ۳۸' ۸" تا ۳۳° ۵۶' ۱۸" شمالی قرار دارد (شکل ۱). بر اساس آمار ۳ ایستگاه

1 Sentinel-2

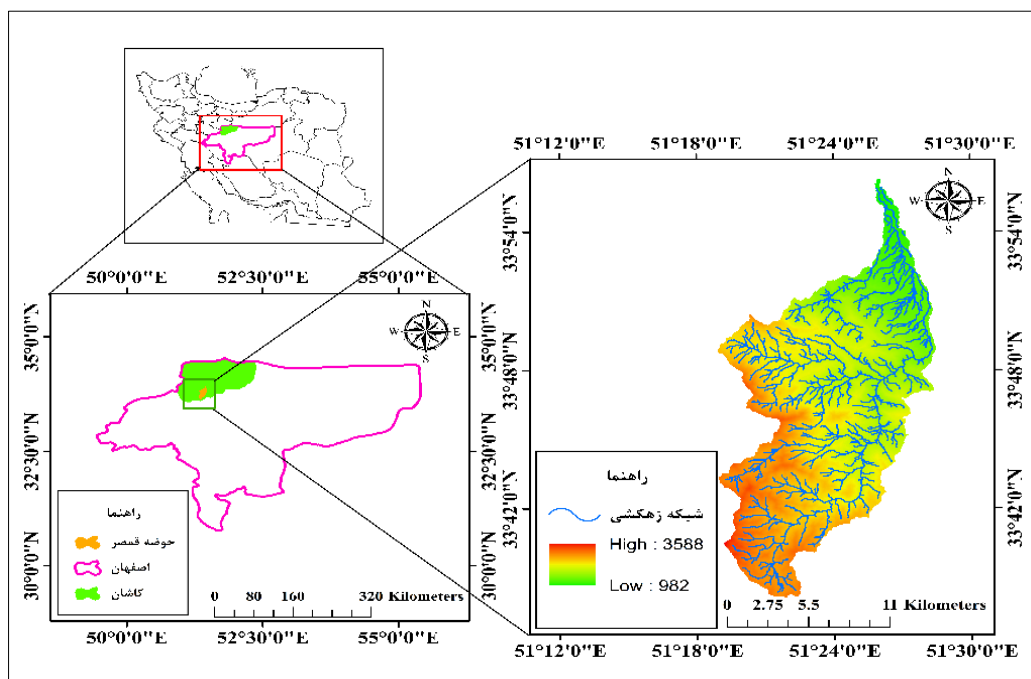
2 Topographic Wetness Index

3 Stream Power Index

4 Plan Curvature

5 Profile Curvature

باران‌سنجی بن رود، برزک و فین میانگین متوسط بارندگی سالانه (۳۶ سال) این حوضه برابر با ۱۹۴ میلی‌متر است. با توجه به سابقه سیل در منطقه طی سال‌های اخیر این حوضه، از پتانسیل سیل بالایی برخوردار است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

۲-۲- روش تحقیق

پژوهش حاضر از نوع توصیفی-تحلیلی و با روش FUZZY-AHP و در نرم‌افزارهای 11 Expert choice و Arc Gis10.5 انجام شده است. برای این منظور، ابتدا داده‌های مورد نیاز از جمله نقشه طبقات ارتفاعی منطقه (DEM) با اندازه سلولی $12/5 \times 12/5$ تهیه شد. نقشه کاربری اراضی با اندازه سلولی 10×10 متر برای سال ۲۰۲۰ از تصاویر استیسل ۲ تهیه شد. در **جدول (۱)**، منابع تأمین داده‌های اولیه آورده شده است. همچنین نقشه بافت خاک منطقه از شهرداری کاشان تهیه شد. در ادامه با بررسی در پژوهش‌های مرتبط معیارهای مؤثر بر سیل‌خیزی منطقه شناسایی شدند. سپس معیارهای انتخابی در نرم‌افزار 11 Expert choice بر اساس تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و مقایسه‌های زوجی وارد شدند و با قضاوت کارشناسان (اساتید گروه آبخیزداری و دانشجویان دکتری آبخیزداری)، وزن نهایی هر لایه و زیرمعیارهای لایه‌های کیفی (نقشه بافت خاک، کاربری اراضی و واحد سنگ‌شناسی) با در نظر گرفتن نرخ سازگاری در قضاوت‌ها، تعیین شد. در پژوهش حاضر برای مقایسه‌های زوجی از مقیاس عددی ۱ تا ۹ استفاده شد.

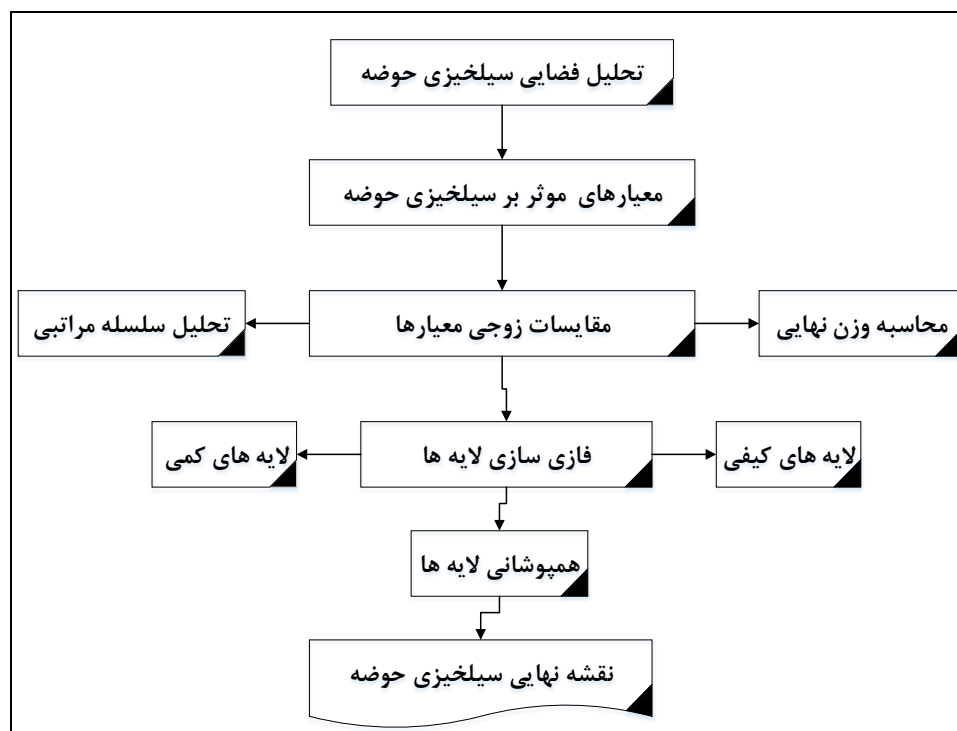
که مقایسه ۱ بیانگر ترجیح برابر و مقایسه ۹ بیانگر ترجیح مطلق در مقایسه‌های زوجی است (تلا و بالوگون^۱، ۲۰۲۰). همچنین برای ارزیابی قضاوت‌های انجام‌شده (مقایسه‌های زوجی) از شاخص ناسازگاری استفاده شد. سپس معیارهای مؤثر بر تحلیل فضایی سیل‌خیزی حوضه قمصر اولویت‌بندی شدند. درنهایت لایه‌های انتخابی (معیارها) با استفاده از ابزار Fuzzy Membership در نرم‌افزار Arc Gis 10.5 استانداردسازی (فازی) شده و در درجه عضویت صفر تا یک قرار گرفتند. از آنجایی که مقادیر اندازه‌گیری شده از معیارها ممکن است در واحد و دامنه‌های متفاوتی به ثبت رسیده باشند، باید تمام لایه‌ها در دامنه همسانی ۰ تا ۱ جا به جا شوند تا استانداردسازی شوند. به بیان دیگر، تابع عضویت برابر ۱ بیانگر عضویت کامل در مجموعه و تابع عضویت صفر بیانگر عضویت نداشتن کامل در مجموعه فازی است (زیاری و همکاران، ۱۴۰۰). همچنین فازی سازی نقشه‌های کیفی با استفاده از وزن نهایی طبقات آن‌ها در نرم‌افزار Expert choice 11 با روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و قضاوت کارشناسی تعیین و با استفاده از تابع فازی large فازی سازی شدند. در ادامه برای تحلیل فضایی سیل‌خیزی با تلفیق وزن‌های به‌دست‌آمده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) در نقشه‌های فازی شده هر لایه (معیار)، نقشه سیل‌گیری حوضه به دست آمد. درنهایت به منظور تحلیل فضایی سیل‌خیزی حوضه نتایج در پنج گروه خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد طبقه‌بندی شدند (دانو^۲ و همکاران، ۲۰۱۹). در شکل ۲، مراحل انجام پژوهش نشان داده شده است.

جدول ۱- منابع اولیه تهیه داده‌ها

ردیف	داده	دقت مکانی	منبع
۱	مدل رقومی ارتفاعی	۱۲/۵ × ۱۲/۵ متر	https://search.asf.alaska.edu
۲	نقشه کاربری اراضی	۱۰ × ۱۰ متر	Esri 2020 Land Cover
۳	نقشه خاک		شهرداری کاشان
۴	داده‌های باران‌سنجی	-	شرکت آب منطقه‌ای اصفهان

1 Tella & Balogun

2 Dano



شکل ۲- مراحل انجام پژوهش

۲-۱-۲-۲- تأثیر هر معیار بر سیل‌خیزی حوزه آبخیز و فازی سازی لایه‌ها

در پژوهش حاضر، ابتدا با بررسی در پژوهش‌های مختلف (تلا و بالوگون، ۲۰۲۰؛ داس^۱، ۲۰۱۸؛ مالیک و همکاران، ۲۰۲۰؛ مصابی و مکونی، ۲۰۲۱؛ سویین^۲ و همکاران، ۲۰۲۰) معیارهای مؤثر بر سیلاب شناسایی شد.

بارندگی

بارندگی مهم‌ترین عامل در ایجاد سیل است (بوامرانه^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). هرچه شدت و فراوانی بارندگی بیش‌تر باشد، احتمال وقوع سیلاب بیشتر می‌شود (تلا و بالوگون، ۲۰۲۰). در این تحقیق، برای فازی‌سازی نقشه پهنه باران از تابع خطی^۴ - افزایش استفاده شد. همچنین نقشه پهنه باران با استفاده از میانگین بارندگی سالانه (۳۶ ساله) سه ایستگاه بن رود، فین و برزک (جدول ۲) به روش IDW (معکوس فاصله)^۵ در Arc Gis10.5 تهیه شد.

1 Das

2 Swain

3 Bouamrane

4 linear

5 Inverse Distance Weighting

جدول ۲- موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی

ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع
بن رود	۵۱° ۲۶' ۵۰"	۳۳° ۴۴' ۴۳"	۱۹۵۰
برزک	۵۱° ۱۳' ۲۴"	۳۳° ۴۷' ۲۸"	۲۰۸۰
فین	۵۱° ۲۲' ۱۶"	۳۳° ۵۶' ۳۹"	۱۰۵۰

زمین‌شناسی (سنگ‌شناسی)

زمین‌شناسی بر بزرگی رویدادهای سیل اثر می‌گذارد، بدین‌صورت که از این‌جهت سنگ‌های نفوذناپذیر باعث افزایش شدت سیل و رواناب سطحی می‌شود (پاتریکاک^۱ و همکاران، ۲۰۱۸). با توجه تأثیر کیفی نقشه زمین‌شناسی بر سیل‌خیزی حوضه، در این پژوهش برای فازی‌سازی این نقشه از تابع large استفاده شد. در جدول ۳، مشخصات سنگ‌شناسی حوضه ارائه شده است.

جدول ۳- مشخصات سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه

واحد سنگی	مشخصه	سن	مساحت (km ²)
Etliv	توف آتش‌فشانی آندزیتی	ائوسن	۸۹/۲
K1aml	سنگ‌آهک خاکستری با بستر ضخیم تا سنگ‌آهک اوربیتولینا	کرتاسه	۱/۳۱
Oiiv	دیوریت	الیگوسن	۴۲/۷۶
OMl	سنگ‌آهک مرجانی	الیگوسن - میوسن	۵۰/۰۳
OMsm	سنگ‌آهک، مارن، مارن گچی، ماسه شنی و ماسه‌سنگ (سازند قم)	الیگوسن میوسن	۱/۰۴
OMviv	آتش‌فشان آندزیتی	الیگوسن	۱۶/۱۲
PLvav	آتش‌فشان‌های ریولیتی تا ریوداسیتی	پلیوسن	۴/۴۲
Qt2	نهشته‌های تراسی	کواترنر	۳۸/۶۲
URig	مارن قرمز، مارن گچی، ماسه‌سنگ و کنگلومرا (سازند قرمز بالایی)	میوسن	۲/۵

کاربری اراضی

کاربری اراضی عامل مهمی در مطالعات خطر سیل است و می‌تواند بر اجزای فرآیندهای هیدرولوژیکی حوضه مانند رواناب، نفوذ و تبخیر و تعرق تأثیر بگذارد (سوئیسی^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). از آنجایی که نقشه کاربری اراضی ماهیت کیفی دارند، برای فازی‌سازی نقشه کاربری اراضی در پژوهش حاضر، ابتدا با استفاده از قضاوت کارشناسی و مقایسه‌های زوجی بین هر نوع کاربری با فرآیند تحلیل سلسله مراتبی، وزن نهایی هر نوع کاربری تعیین شد و سپس این اوزان در نقشه کاربری اراضی اعمال شد و در نهایت به نقشه رستری تبدیل گردید. سپس کاربری‌ها با توجه به طبقه سستینل ۲ در ۸ طبقه به صورت **جدول ۴** طبقه‌بندی شدند. برای فازی‌سازی نقشه کاربری اراضی نیز از تابع Large در Arc Gis10.5 استفاده شد.

جدول ۴- طبقه‌بندی کاربری اراضی بر اساس تصاویر سستینل ۲

کاربری اراضی	مساحت (km ²)
Water	۰/۰۶۴
Trees	۰/۹۶۱
Grass	۰/۰۰۲
Flooded vegetation	۰/۰۰۰۴
Crops	۱/۳۵
Scrub/shrub	۲۱۱/۱۱۵
Built Area	۷/۷۴۹۶
Bare ground	۲۴/۷۵۸

شیب

با کاهش شیب (سطوح مسطح) سرعت جریان آب کاهش یافته و باعث تجمع آب می‌شود. از این جهت مناطق مسطح نسبت به مناطق شیب‌دار از خطر ابتلا به سیل‌خیزی بالاتری برخوردار هستند (ریمبا^۲ و همکاران، ۲۰۱۷). در پژوهش حاضر نقشه شیب از روی نقشه مدل رقومی ارتفاع منطقه^۳ در Arc Gis10.5 تهیه گردید. همچنین برای فازی‌سازی نقشه شیب از تابع خطی - کاهنده استفاده شد.

1 Souissi

2 Rimba

3 Digital Elevation Model

خاک

بافت خاک با توجه نقش آن در نفوذ آب به داخل خاک، بر وقوع سیل در منطقه مؤثر است، به طوری که خاک‌های درشت‌دانه (بافت سبک)، سیل‌گیری کم‌تری نسبت به خاک‌های ریزدانه (بافت سبک) دارند (ابراهیم بتیس و احمد^۱، ۲۰۱۶). از آنجایی که لایه بافت خاک، یک لایه کیفی محسوب می‌شود، برای فازی‌سازی لایه خاک از تابع Large در Arc Gis10.5 استفاده شد.

ارتفاع

آب به دلیل نیروی گرانش به سرعت از مناطق بالادست و ارتفاعات بالاتر به سمت مناطق پایین‌دست حرکت می‌کند و با رسیدن آب به مناطق پایین‌دست (مناطق کم ارتفاع) گسترش می‌یابد و باعث سیل‌خیزی می‌شود (داس^۲، ۲۰۲۰). در این پژوهش با توجه به تأثیر عامل ارتفاع در سیل‌خیزی حوضه، برای فازی‌سازی لایه ارتفاع از تابع خطی – کاهنده استفاده شد.

تراکم زهکشی

یکی از عوامل اصلی که باعث وقوع سیل می‌شود تراکم زهکشی است که با بالا رفتن تراکم زهکشی، میزان خطر ناشی از سیلاب افزایش می‌یابد (سوئسی و همکاران^۳، ۲۰۲۰). نقشه تراکم زهکشی در این پژوهش در Arc Gis10.5 و با ابزار Line distance تولید شد. سپس برای فازی‌سازی نقشه مذکور از تابع خطی – افزایشی استفاده شد.

فاصله از آبراهه

مناطق نزدیک به شبکه زهکشی رودخانه به شدت تحت تأثیر خطر سیل قرار دارند. در حالی که تأثیر این پارامتر بر سیل‌خیزی حوضه با فاصله گرفتن از شبکه زهکشی کاهش می‌یابد (فرناندز و لوتز^۲، ۲۰۱۰). از این جهت مناطق نزدیک به رودخانه پتانسیل سیل‌خیزی بالایی دارند و برای فازی‌سازی نقشه فاصله از آبراهه از تابع خطی – کاهنده استفاده شد. همچنین نقشه فاصله از آبراهه با استفاده از ابزار Euclidean Distance در Arc Gis10.5 تولید شد.

رتبه‌بندی آبراهه

با بزرگ‌تر شدن رتبه آبراهه، شدت، سرعت و دبی جریان افزایش می‌یابد (کاستا^۳، ۱۹۸۷)؛ بنابراین آبراهه‌های با رتبه بالاتر از پتانسیل ایجاد سیل بالاتری برخوردارند. در این مطالعه نقشه رتبه آبراهه با استفاده از ابزار Hydrology و با روش استرالر در نرم‌افزار Arc Gis10.5 تهیه گردید و برای فازی‌سازی این لایه نیز، برای فازی‌سازی لایه رتبه آبراهه از تابع خطی – افزایشی استفاده شد.

1 Ibrahim-Bathis & Ahmad

2 Fernandez & Lutz

3 Costa

تجمع جریان

تجمع جریان معیار مهمی در ارزیابی سیل‌خیزی حوضه است. با توجه به بررسی‌های انجام شده، تجمع جریان از ارتفاع بالا به سمت ارتفاع پایین در حوضه زیاد می‌شود و با بیش‌تر شدن تجمع جریان بر سیل‌خیزی حوضه افزوده می‌شود (پاتریکاک و همکاران، ۲۰۱۸). از این جهت برای فازی‌سازی نقشه تراکم جریان از تابع خطی - افزایشده استفاده شد. همچنین نقشه تجمع جریان با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاعی و با اکستشن Hydrology در نرم‌افزار Arc Gis10.5 تهیه شد.

شاخص رطوبت توپوگرافی (TWI)

شاخص رطوبت توپوگرافی یک مفهوم فضایی است که انباشت جریان و توانایی حرکت آب به دلیل شیب و نیروی گرانش از هر حوضه را مدل می‌کند؛ بنابراین مقادیر بالا برای شاخص رطوبت توپوگرافی نشان از حضور مناطق مستعد با توپوگرافی مرطوب و پتانسیل تولید رواناب سطحی در حوضه است (هندینی^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). در این پژوهش برای فازی‌سازی نقشه رطوبت توپوگرافی، از تابع خطی - افزایشده استفاده شد. همچنین نقشه شاخص رطوبت توپوگرافی با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاعی و از رابطه (۱) در Arc Gis10.5 به دست آمد.

$$TWI = \ln(As / \tan \beta) \quad (1)$$

شاخص توان آبراهه (SPI)

شاخص توان آبراهه به توصیف پتانسیل فرسایشی و میزان رواناب سطحی می‌پردازد، به طوری که مقادیر بالا برای SPI بیانگر بالا بودن ظرفیت رواناب سطحی در حوضه است (مالیک و همکاران، ۲۰۲۰). از این جهت برای فازی‌سازی لایه توان جریان از تابع خطی - افزایشده استفاده شد. شاخص توان جریان با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاعی حوضه از رابطه (۲) در Arc Gis10.5 تهیه شد.

$$SPI = (AS \times \tan \beta) \quad (2)$$

در رابطه‌های ۱ و ۲، AS مساحت حوضه (m^2/m) و β شیب بر حسب درجه است (نمپاک^۲ و همکاران، ۲۰۱۴).

انحنای سطح و انحنای طولی

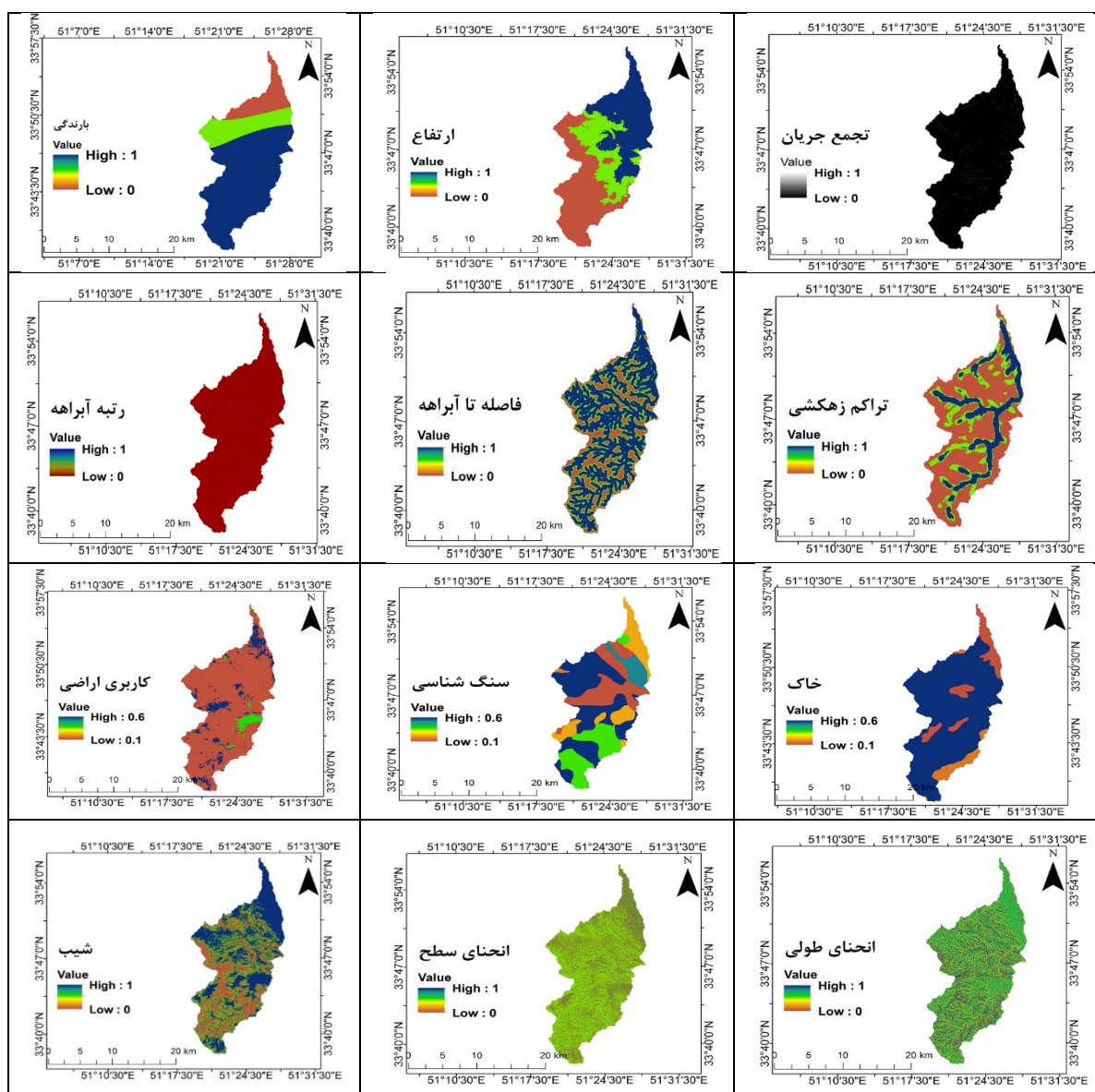
انحنای توپوگرافی تأثیر کمی بر وقوع سیلاب دارد، باین حال، نقش انحنای سطح و انحنای طولی بر وقوع سیلاب را نمی‌توان نادیده گرفت (داس^۳، ۲۰۱۸). در انحنای سطح، مقادیر منفی، صفر و مثبت به ترتیب بیانگر مقعر، سطح

1 Handini

2 Nampak

3 Das

صاف و محدب است (مالیک و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین در انحناى طولی، مقادیر منفی و مثبت به ترتیب باعث زیاد و کم شدن رواناب می‌شود (کوستاچ^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). برای فازی‌سازی لایه‌های انحناى سطح و طولی از تابع خطی – کاهنده استفاده شد. انحناى سطح و طولی با استفاده از افزونه DEM Surface و با استفاده از نقشه مدل رقومی ارتفاعی در نرم‌افزار Arc Gis10.5 حاصل شد. همچنین در **Error! Reference source not found.** (۳)، لایه‌های فازی شده معیارهای مؤثر بر وقوع سیل خیزی حوضه نشان داده شده است.



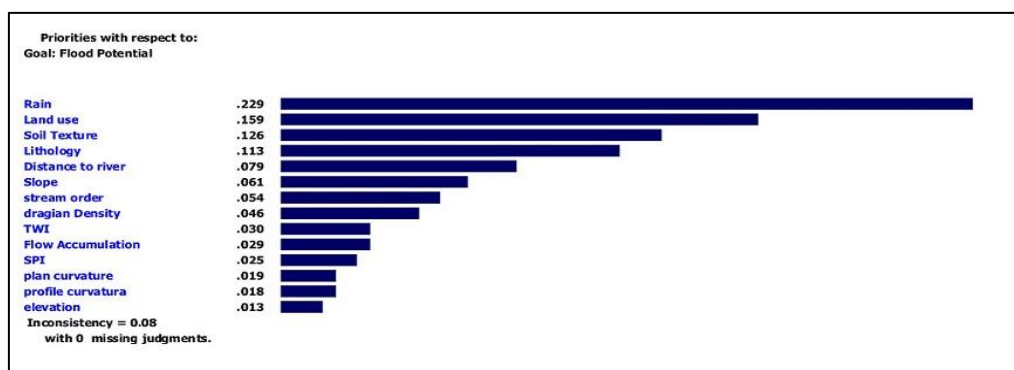
شکل ۳- نقشه‌های فازی‌سازی شده معیارها

1 Costache

۳- نتایج و بحث

۳-۱- اولویت‌بندی معیارها

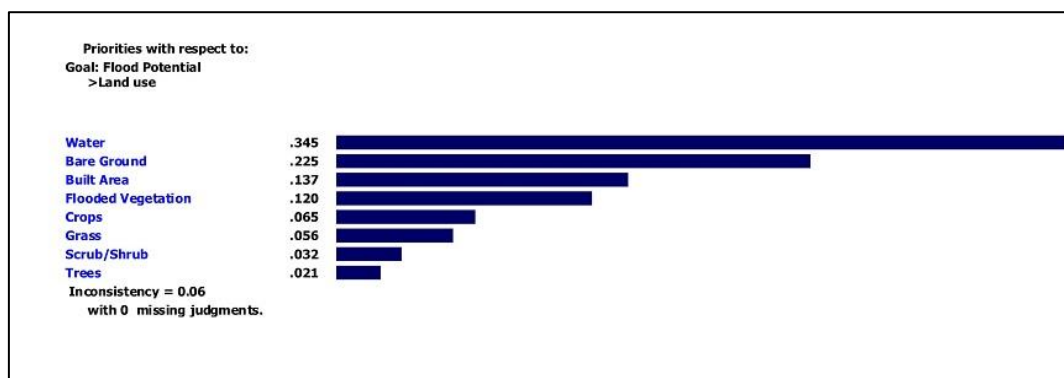
نتایج حاصل از تحلیل سلسله مراتبی و مقایسه‌های زوجی بین معیارهای انتخابی مؤثر بر سیل‌خیزی حوضه بر اساس نظر کارشناسان آبخیزداری نشان داد که معیارهای باران، کاربری اراضی، بافت خاک، سنگ‌شناسی، فاصله از رودخانه، شیب، رتبه آبراهه، تراکم زهکشی، شاخص رطوبت توپوگرافی، تجمع جریان، شاخص توان جریان، انحنا، سطح، انحنا طولی و ارتفاع به ترتیب با وزن‌های نهایی ۰/۲۲۹، ۰/۱۵۹، ۰/۱۲۶، ۰/۱۱۳، ۰/۰۷۹، ۰/۰۶۱، ۰/۰۵۴، ۰/۰۴۶، ۰/۰۳۰، ۰/۰۲۹، ۰/۰۲۵، ۰/۰۱۹، ۰/۰۱۸ و ۰/۰۱۳ بیش‌ترین تا کم‌ترین میزان تأثیرگذاری در سیل‌خیزی حوضه دارند (شکل ۴). در پژوهش حاضر، معیار باران به دلیل شروع کننده رواناب و مهم‌ترین عاملی است که به‌طور مستقیم در چرخه هیدرولوژی دخالت دارد، با وزن نهایی (۰/۲۲۹) بیش‌ترین میزان تأثیرگذاری سیل‌خیزی را در حوضه دارد. در پژوهش میرموسوی و اسمعیلی (۱۴۰۰) نیز، معیار باران بیش‌ترین وزن (۰/۲۱۴) را در سیل‌خیزی حوضه داشت. همچنین نرخ شاخص ناسازگاری برای مقایسه‌های زوجی بین معیارها ۰/۰۸ به دست آمد که حاکی از قابل قبول بودن قضاوت‌ها است. به‌طورکلی اگر شاخص ناسازگاری کم‌تر از ۰/۱ باشد، قضاوت‌های انجام شده سازگار و مورد قبول هستند (ساعتی^۱، ۱۹۷۷).



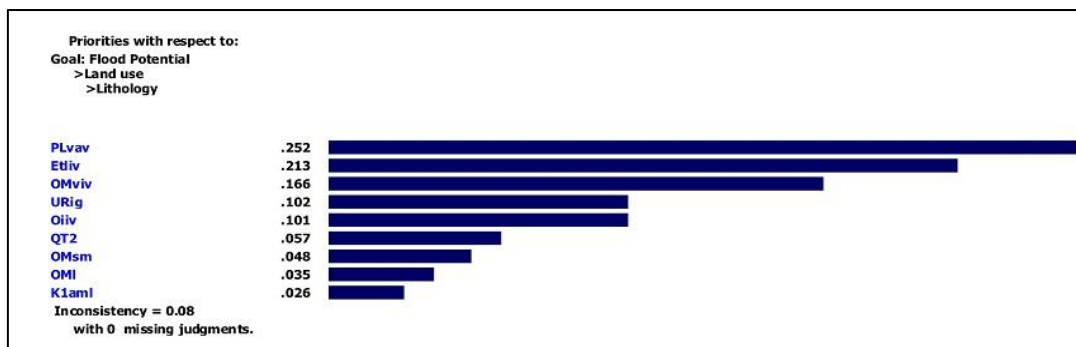
شکل ۴- مقایسه زوجی بین معیارها

از آنجایی که نقشه‌های کاربری اراضی، بافت خاک و سنگ‌شناسی ماهیت کیفی دارند، برای فازی‌سازی این نقشه‌ها ابتدا با نظر کارشناسان مقایسه‌های زوجی انجام شد و وزن نهایی هر طبقه کاربری اراضی بر اساس میزان تأثیر در سیل‌خیزی حوضه به دست آمد بر این اساس از نظر کارشناسان، کاربری پهنه‌های آبی (۰/۳۴۵) و اراضی لخت (۰/۲۲۵) بیش‌ترین تأثیر را در سیل‌خیزی حوضه دارند به بیان دیگر، کاربری‌های پهنه‌های آبی و اراضی لخت پتانسیل

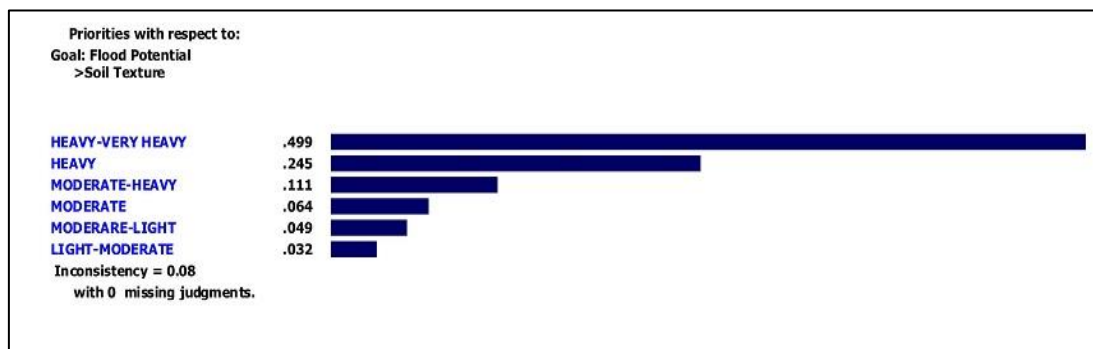
سیل‌خیزی بالاتری ایجاد می‌کنند (شکل ۵). نتیجه پژوهش حاضر از نظر تأثیر کاربری‌های پهنه‌های آبی و اراضی لخت در سیل‌خیزی حوضه با پژوهش **شهابی (۱۴۰۰)** مطابقت دارد. همچنین واحدهای سنگ‌شناسی plvav (۰/۲۵۲) و Etliv (۰/۲۱۳) بیش‌ترین وزن نهایی را به خود اختصاص دادند که در سیل‌خیزی حوضه نقش مؤثرتری دارند (شکل ۶). همچنین نتایج مقایسه‌های زوجی برای لایه بافت خاک از نظر کارشناسان حاکی از آن است که کلاس بافت خاک سنگین-خیلی سنگین و سنگین با وزن نهایی به ترتیب ۰/۴۹۹ و ۰/۲۴۵ بیشترین تأثیر را در سیل‌خیزی حوضه دارند (شکل ۷) که این امر به ماهیت نفوذپذیری این خاک‌ها در ارتباط با نفوذ آب به داخل خاک مرتبط است که در خاک‌های سنگین نفوذپذیری آب کم است.



شکل ۵- مقایسه زوجی بین طبقات کاربری اراضی



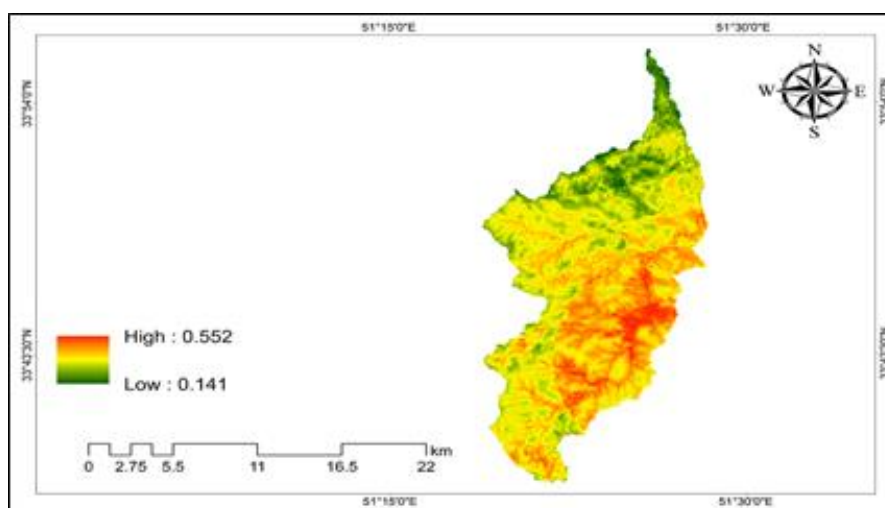
شکل ۶- مقایسه زوجی بین طبقات واحدهای سنگ‌شناسی



شکل ۷- مقایسه زوجی بین طبقات بافت خاک

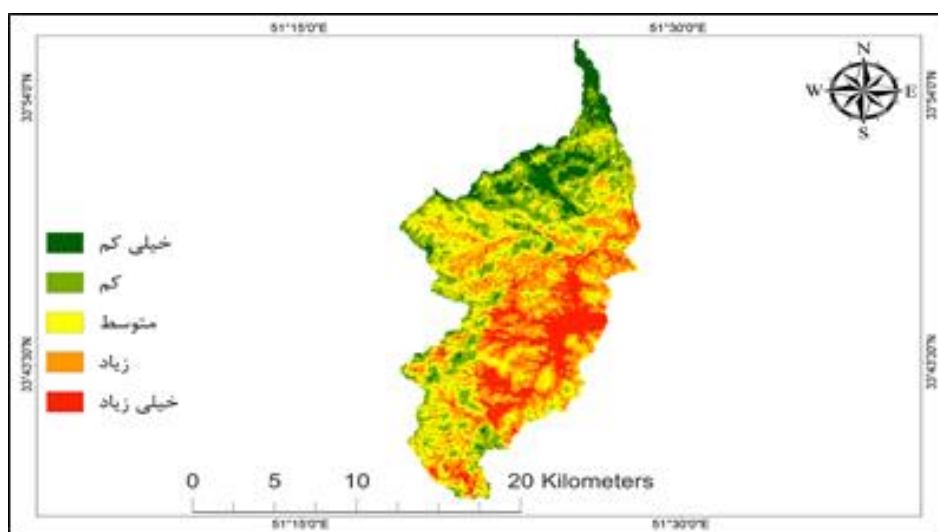
۳-۲- تحلیل فضایی سیل‌خیزی حوضه

پژوهش حاضر با هدف اولویت‌بندی و تحلیل فضایی سیل‌خیزی حوضه در مناطق نیمه‌خشک انجام شد. همچنین نقشه‌های سیل‌خیزی حوضه با استفاده از ۱۴ معیار انتخابی مؤثر بر سیل‌خیزی حوضه با تلفیق لایه‌ها و با استفاده از روش FUZZY-AHP در محیط نرم‌افزار Arc Gis10.5 به‌دست آمد. نتایج حاصل از نقشه نهایی سیل‌خیزی به‌دست آمده از حوضه نشان داد که نقشه نهایی سیل‌خیزی حوضه، ارزشی بین ۰/۵۵۲-۰/۱۴۱ دارد که به ۵ کلاس سیل‌خیزی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد به ترتیب با ارزش (۰/۲۹۱-۰/۱۴۱)، (۰/۳۸۳-۰/۲۹۱)، (۰/۴۳۱-۰/۳۸۳)، (۰/۵۵۳-۰/۴۳۱) و (۰/۶۳۱-۰/۵۵۳) تقسیم شد (شکل ۸). همچنین در پژوهش حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۹) ارزش نهایی نقشه خطر سیلاب در محدوده بین ۰/۹۵-۰/۶۳ گزارش شده است که این محققین نقشه نهایی خطر سیلاب را به ۵ کلاس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد تقسیم کردند.



شکل ۸- ارزش نهایی نقشه سیل‌گیری حوضه

نتایج حاصل از نقشه نهایی سیل خیزی حوضه مطالعاتی (شکل ۹) نشان داد که بیشترین قسمت‌های سیل خیز حوضه منطبق بر قسمت‌های مرکزی تا جنوب شرقی حوضه است که این موضوع می‌تواند به دلیل بافت خاک متوسط تا خیلی سنگین، وجود واحدهای سنگی Omviv، Oiiv، Etilv (به دلیل کاهش نفوذپذیری و تجمع جریان)، میزان باران دریافتی ۳۶ ساله بیش‌تر، شیب و ارتفاع نسبتاً کم و وجود آبراهه با رتبه بالا باشد. در پژوهش عرب‌عامری و همکاران (۱۳۹۶) نیز، بیشتر مناطق حساس به سیل خیزی در بخش‌های شمالی و شمال غربی واقع شده‌اند و مناطق مرکزی حساسیت کمی نسبت به سیل خیزی حوضه دارد. نتایج حاصل از مساحت‌های سیل خیزی (جدول ۵) حاکی از این است که از کل مساحت حوضه، حدود ۲۱/۰۹، ۵۱/۹۶، ۷۵/۸۷، ۶۶/۵۶ و ۳۰/۵۲ کیلومترمربع به ترتیب در طبقه سیل خیزی خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد قرار دارند. به این ترتیب بیش‌تر مساحت حوضه در طبقه با سیل خیزی متوسط تا خیلی زیاد قرار دارند؛ بنابراین باید اقدامات حفاظتی و کنترل سیل در این حوضه موردتوجه قرار گیرد. همچنین ۲۷/۰۵۶، ۱۲/۴۰۶ درصد حوضه به ترتیب از پتانسیل سیل خیزی زیاد تا خیلی زیاد برخوردار است. در پژوهش داس (۱۰۱۸) نیز، ۲۰ درصد حوضه در طبقه بسیار زیاد گزارش شده است. از دیگر نتایج این پژوهش می‌توان به این موضوع اشاره کرد که مناطق با سیل خیزی خیلی کم تا کم منطبق بر قسمت‌های انتهایی حوضه است که می‌تواند ناشی از عوامل همچون فاصله زیاد تا آبراهه، وجود سازندهای زمین‌شناسی QT2 (نهشته‌های تراسی کواترنری)، میزان بارش ۳۶ ساله دریافتی کم‌تر و جنس بافت خاک سبک تا متوسط (به دلیل نفوذپذیری بالا) و تمرکز بالای آبراهه‌های با رتبه ۱ اشاره کرد. همچنین روستاهای قمصر و قزآن در پهنه سیل‌گیری زیاد تا خیلی زیاد قرار دارند لذا اقدامات مدیریتی - حفاظتی برای این روستاها و اراضی کشاورزی و باغ‌های آن‌ها امری ضروری است.



شکل ۹- نقشه نهایی تحلیل فضایی سیل‌گیری حوضه

جدول ۵- مساحت و درصد سیل‌گیری حوضه در هر طبقه

طبقه‌بندی سیل‌گیری	مساحت (km ²)	درصد
خیلی کم	۲۱/۰۹	۸/۵۷۶
کم	۵۱/۹۶	۲۱/۱۲۱
متوسط	۷۵/۸۷	۳۰/۸۴۱
زیاد	۶۶/۵۶	۲۷/۰۵۶
خیلی زیاد	۳۰/۵۲	۱۲/۴۰۶

۴- نتیجه‌گیری

سیلاب یکی از مخاطرات محیطی است که با ایجاد خسارت‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی منجر به از بین رفتن زندگی شده که خسارت‌های ناشی از آن، از سایر بلایای طبیعی بیش‌تر است. بر این اساس و با توجه به سابقه سیل در منطقه مورد مطالعه طی سال‌های اخیر تحلیل فضایی سیل‌خیزی حوضه و شناسایی مناطق با سیل‌خیزی بالا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پژوهش با اهداف شناسایی و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر بر سیل‌خیزی حوضه و تحلیل فضایی سیل‌خیزی حوضه انجام شد. بدین منظور در راستای هدف پژوهش حاضر، از روش FUZZY- AHP برای اولویت‌بندی و تحلیل پتانسیل سیل‌خیزی حوزه آبخیز قمصر از ۱۴ معیار (لایه‌ها) باران، ارتفاع، کاربری اراضی، بافت خاک، سنگ‌شناسی، فاصله از رودخانه، شیب، تراکم زهکشی، رتبه آبراهه، شاخص رطوبت توپوگرافی، شاخص توان آبراهه، تجمع جریان، انحنا سطح و انحنا طولی استفاده شد. نتایج حاصل از تحلیل سلسله‌مراتبی و مقایسه‌های زوجی نشان داد که معیار باران با وزن نهایی ۰/۲۲۹ مهم‌ترین عامل مؤثر در تحلیل پتانسیل سیل‌خیزی حوضه است. نتایج حاصل از نقشه‌نمایی سیل‌خیزی حوضه نشان می‌دهد، از کل مساحت حوضه، حدود ۷۵/۸۷ کیلومترمربع از پتانسیل سیل‌خیزی متوسط برخوردار است که با توجه به این‌که این مناطق از قابلیت تبدیلی بالایی به مناطق با سیل‌خیزی زیاد تا خیلی زیاد برخوردارند؛ لذا این مناطق باید برای اقدامات مدیریتی کنترل سیلاب و آبخیزداری در اولویت قرار گیرند. همچنین بخش‌های مرکزی و امتداد جنوب شرقی حوضه در طبقه سیل‌خیزی زیاد تا خیلی زیاد قرار دارند که این می‌تواند ناشی از میزان باران دریافتی بیش‌تر، بافت خاک متوسط تا خیلی سنگین، سنگ‌شناسی نفوذناپذیر Omviv، Oiiv، Etilv، شیب و ارتفاع نسبتاً کم، تمرکز آبراهه با رتبه بالا (۳ و ۴) در این بخش‌ها باشد. همچنین دو روستای قمصر و قزآن در محدوده سیل‌خیزی زیاد تا خیلی زیاد قرار دارند که سیل می‌تواند به اراضی بافت روستایی و کشاورزی و باغ‌های این روستاها خسارت وارد کند. از این جهت باید اقدامات حفاظتی برای این روستاها مورد توجه قرار گیرد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که نقشه‌نمایی سیل‌خیزی پژوهش حاضر می‌تواند به درک صحیح از شناخت و شناسایی بخش‌های با پتانسیل

سیل خیزی بالا حوضه و ارائه برنامه‌ریزی‌های مدیریتی برای منطقه به همراه داشته باشد؛ بنابراین آگاهی از پتانسیل سیل خیزی حوضه می‌تواند برای تدوین برنامه‌های مدیریت بحران در هنگام مواجهه‌شدن با سیلاب مؤثر واقع شود. با توجه به شناسایی مناطق سیل خیز در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد می‌شود در جهت کاهش خسارات ناشی از سیلاب و تعدیل اثرات آن در محدوده دارای طبقه‌بندی سیل خیزی متوسط تا خیلی زیاد، از ساخت‌وساز اصولی استفاده گردد و سازه‌هایی که حساس به تخریب در اثر سیلاب هستند مقاوم‌سازی صورت گیرد.

کتابنامه

حسین‌زاده، محمد مهدی؛ پناهی، رؤیا؛ تربند، توران؛ ۱۳۹۹. پهنه‌بندی حساسیت سیل در حوضه آبریز سنقر در استان کرمانشاه. /کوهیدرولوژی. شماره ۴. صص ۸۷۳-۸۸۹.

<https://doi.org/10.22059/ije.2020.305793.1350>.

زیاری، کرامت اله؛ رجایی، سید عباس؛ داراب خانی، رسول؛ ۱۴۰۰. پهنه‌بندی ظرفیت سیل خیزی با استفاده از تحلیل سلسه‌مراتبی و منطق فازی در محیط GIS نمونه موردی: شهر ایلام. مدیریت بحران. شماره ۱. صص ۲۱-۳۰.

<https://dori.net/dor/20.1001.1.23453915.1400.10.1.2.2>

شهابی، هومن؛ ۱۴۰۰. پهنه‌بندی حساسیت وقوع سیل در مناطق شمالی ایران با استفاده از الگوریتم‌های پیشرفته داده کاوی (منطقه مورد مطالعه: حوزه آبخیز هراز). فصلنامه برنامه ریزی منطقه‌ای. شماره ۴۱. صص ۱۶۷-۱۸۴.

<https://doi.org/10.30495/jzpm.2021.4246>

صالحی، اسماعیل؛ رفیعی، یوسف؛ فرزاد بهتاش، محمدرضا؛ آقابابی، محمدتقی؛ ۱۳۹۲. پهنه‌بندی خطر سیلاب شهری با استفاده از GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی فازی (مطالعه موردی: تهران). محیط‌شناسی. شماره ۳. صص ۱۷۹-۱۸۸.

<https://doi.org/10.22059/jes.2013.35901>

عرب‌عامری، علیرضا؛ پورقاسمی، حمیدرضا؛ شیرانی، کورش؛ ۱۳۹۶. پهنه‌بندی حساسیت سیل‌گیری با استفاده از روش ترکیبی نوین تئوری بیزین — فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز نکا — استان مازندران).

/کوهیدرولوژی. شماره ۲. صص ۴۴۷-۴۶۲. <https://doi.org/10.22059/ije.2017.61481>

محمدپور، امیرحسین؛ وفائی‌نژاد، علیرضا؛ ۱۳۹۹. ارزیابی خطرپذیری رخداد سیل در حوضه تجن با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی. /کوهیدرولوژی. شماره ۳. صص ۷۳۱-۷۴۱.

<https://doi.org/10.22059/ije.2020.300640.1314>.

میرموسوی، سید حسین؛ اسمعیلی، حسین؛ ۱۴۰۰. پهنه‌بندی نواحی سیل خیز با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و سنجش از دور (RS) مطالعه موردی: شهرستان داراب. مخاطرات محیط طبیعی. شماره ۲۷. صص ۲۱-۴۶.

<https://doi.org/10.22111/jneh.2020.32986.1613>.

نجفی، اسماعیل؛ کریمی کردآبادی، مرتضی؛ ۱۳۹۹. ارزیابی و پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل ترکیبی-AHP.

FUZZY با تأکید بر امنیت شهری (مطالعه موردی: منطقه یک کلان‌شهر تهران). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره ۳۴. صص ۴۳-۶۰. <https://doi.org/10.22067/geo.v9i2.86110>

- Bouamrane, A., Derdous, O., Dahri, N., Tachi, S.-E., Boutebba, K., and Bouziane, M. T., 2020. A comparison of the analytical hierarchy process and the fuzzy logic approach for flood susceptibility mapping in a semi-arid ungauged basin (Biskra basin: Algeria). *International Journal of River Basin Management*, 1-11. <https://doi.org/10.1080/15715124.2020.1830786>.
- Cai, T., Li, X., Ding, X., Wang, J., and Zhan, J., 2019. Flood risk assessment based on hydrodynamic model and fuzzy comprehensive evaluation with GIS technique. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 35, 101077. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101077>.
- Costa, J. E., 1987. Hydraulics and basin morphometry of the largest flash floods in the conterminous United States. *Journal of Hydrology*, 93(3-4), 313-338. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(87\)90102-8](https://doi.org/10.1016/0022-1694(87)90102-8).
- Costache, R., Barbulescu, A., & and Pham, Q. B., 2021. Integrated Framework for Detecting the Areas Prone to Flooding Generated by Flash-Floods in Small River Catchments. *Water*, 13(6), 1-24. <https://doi.org/10.3390/w13060758>.
- Dano, U.L., Balogun, A.L., Matori, A.N., Wan Yusouf, K., Abubakar, I.R., Said Mohamed, M.A., Aina, Y.A. and Pradhan, B., 2019. Flood susceptibility mapping using GIS-based analytic network process: A case study of Perlis, Malaysia. *Water*, 11(3), 1-28. <https://doi.org/10.3390/w11030615>.
- Das, S. 2018. Geographic information system and AHP-based flood hazard zonation of Vaitarna basin, Maharashtra, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(19), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3933-4>.
- Das, S., 2020. Flood susceptibility mapping of the Western Ghat coastal belt using multi-source geospatial data and analytical hierarchy process (AHP). *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 20, 100379. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100379>.
- Ekmekcioğlu, O., Koc, K., & Ozger, M., 2021. District based flood risk assessment in Istanbul using fuzzy analytical hierarchy process. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 35(3), 617-637. <https://doi.org/10.1007/s00477-020-01924-8>.
- Fernandez, D., and Lutz, M. A. 2010. Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. *Engineering Geology*, 111(1-4), 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2009.12.006>.
- Fernandez, P., Mourato, S., and Moreira, M., 2016. Social vulnerability assessment of flood risk using GIS-based multicriteria decision analysis. A case study of Vila Nova de Gaia (Portugal). *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(4), 1367-1389. <https://doi.org/10.1080/19475705.2015.1052021>.
- Guo, E., Zhang, J., Ren, X., Zhang, Q., and Sun, Z., 2014. Integrated risk assessment of flood disaster based on improved set pair analysis and the variable fuzzy set theory in central Liaoning Province, China. *Natural hazards*, 74(2), 947-965. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1238-9>.
- Handini, D. R., Hidayah, E., and Halik, G., 2021. Flash Flood Susceptibility Mapping at Andungbiru Watershed, East Java Using AHP-Information Weighted Method. *Geosfera Indonesia*, 6(2), 127-142. <https://doi.org/10.19184/geosi.v6i2.24173>.
- Ibrahim-Bathis, K., and Ahmed, S., 2016. Geospatial technology for delineating groundwater potential zones in Doddahalla watershed of Chitradurga district, India. *The Egyptian Journal*

- of Remote Sensing and Space Science, 19(2), 223-234. [https://doi.org/ 10.1016/j.ejrs.2016.06.002](https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.06.002).
- Jia, J., Wang, X., Hersi, N. A., Zhao, W., and Liu, Y., 2019. Flood-risk zoning based on analytic hierarchy process and fuzzy variable set theory. *Natural Hazards Review*, 20(3), 04019006. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000329](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000329).
- Kulimushi, L. C., Choudhari, P., Maniragaba, A., Elbeltagi, A., Mugabowindekwe, M., Rwanyiziri, G., and Singh, S. K. (2021). Erosion risk assessment through prioritization of sub-watersheds in Nyabarongo river catchment, Rwanda. *Environmental Challenges*, 5, 100260. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100260>.
- Malik, S., Pal, S. C., Chowdhuri, I., Chakraborty, R., Roy, P., and Das, B., 2020. Prediction of highly flood prone areas by GIS based heuristic and statistical model in a monsoon dominated region of Bengal Basin. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19, 100343. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100343>.
- Msabi, M. M., and Makonyo, M., 2021. Flood susceptibility mapping using GIS and multi-criteria decision analysis: a case of Dodoma region, central Tanzania. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 21, 100445. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100445>.
- Nampak, H., Pradhan, B., & Abd Manap, M., 2014. Application of GIS based data driven evidential belief function model to predict groundwater potential zonation. *Journal of Hydrology*, 513, 283-300. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.02.053>.
- Patrikaki, O., Kazakis, N., Kougias, I., Patsialis, T., Theodossiou, N., and Voudouris, K., 2018. Assessing flood hazard at river basin scale with an index-based approach: The case of Mouriki, Greece. *Geosciences*, 8(2), 1-13. <https://doi.org/10.3390/geosciences8020050>.
- Rimba, A. B., Setiawati, M. D., Sambah, A. B., and Miura, F., 2017. Physical flood vulnerability mapping applying geospatial techniques in Okazaki City, Aichi Prefecture, Japan. *Urban Science*, 1(1), 7. <https://doi.org/10.3390/urbansci1010007>.
- Saaty, T. L., 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234-281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5).
- Sinshaw, B. G., Belete, A. M., Tefera, A. K., Dessie, A. B., Bizuneh, B. B., Alem, H. T., and Atinkut, H. B., 2021. Prioritization of potential soil erosion susceptibility region Using fuzzy Logic and Analytical Hierarchy process, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Water-Energy Nexus*. 10-24. <https://doi.org/10.1016/j.wen.2021.01.001>.
- Souissi, D., Zouhri, L., Hammami, S., Msaddek, M. H., Zghibi, A., and Dlala, M., 2020. GIS-based MCDM-AHP modeling for flood susceptibility mapping of arid areas, southeastern Tunisia. *Geocarto International*, 35(9), 991-1017. <https://doi.org/10.1080/10106049.2019.1566405>.
- Swain, K. C., Singha, C., and Nayak, L., 2020. Flood susceptibility mapping through the GIS-AHP technique using the cloud. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(12), 1-23. <https://doi.org/10.3390/ijgi9120720>.
- Tella, A., and Balogun, A.-L., 2020. Ensemble fuzzy MCDM for spatial assessment of flood susceptibility in Ibadan, Nigeria. *Natural hazards*, 104(3), 2277-2306. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04272-6>.
- Tenzin, J., and Bhaskar, A. S., 2020. Flash Flood Hazard Zone Mapping Using GIS: Sarpang. *International Journal of New Innovations in Engineering and Technology*, 13. 2319-6319. <http://www.ijniet.org/wp-content/uploads/2020/03/2.pdf>.
- Wang, G., Liu, Y., Hu, Z., Lyu, Y., Zhang, G., Liu, J., and Zheng, H., 2020. Flood risk assessment based on fuzzy synthetic evaluation method in the Beijing-Tianjin-Hebei metropolitan area, China. *Sustainability*, 12(4), 1-30. <https://doi.org/10.3390/su12041451>.

- Wang, G., Liu, Y., Hu, Z., Zhang, G., Liu, J., Lyu, Y., and Liu, L., 2021. Flood Risk Assessment of Subway Systems in Metropolitan Areas under Land Subsidence Scenario: A Case Study of Beijing. *Remote Sensing*, 13(4), 1-33. <https://doi.org/10.3390/rs13040637>.
- Yodying, A., Kamonchat, S., Sasithon, C., Polpreecha, C., Nattapon, M., Charatdao, K., and Sarintip, T., 2019. Flood hazard assessment using fuzzy analytic hierarchy process: A case study of Bang Rakam model in Thailand. Paper presented at the Proceedings of the 40th Asian conference on remote sensing, (ACRS 2019) October, 14-18. <http://acrs2019.sigongji.com/wp/pdf/TuD2-4.pdf>.



Investigating the Impact of Wavelet Network on the Efficiency of Artificial Neural Network in Predicting Flood Sediments

Halimeh Yar ^a, Mehdi Hayatzadeh ^{b*}, Ali Fathzadeh ^c, Hamideh Afkhami ^d

^a MA in Watershed Management, Ardakan University, Ardakan, Iran

^b Assistant Professor in Watershed Management, Ardakan University, Ardakan, Iran

^c Associate Professor in Watershed Management, Ardakan University, Ardakan, Iran

^d PhD in Watershed Management, Tehran Regional Water Company, Ministry of Energy, Tehran, Iran

Received: 11 March 2023

Revised: 13 May 2023

Accepted: 20 May 2023

Abstract

A significant amount of the damages caused by floods is usually due to suspended sediments in the flood and dredging costs due to their subsidence in natural, residential and industrial areas. Therefore, sediment monitoring is very important when the water discharges. On the other hand, the non-linear nature of sediment data have made it difficult to predict this parameter. Wavelet theory is one of the pre-processing methods that can help we lead to a better resolution of the internal relationships of non-linear data by breaking down the main time series into sub-signals. In this research, the sediment data values in two stations of Abnama and Minab from Hormozgan River watershed were broken through wavelet conversion into sub-signals, and then the prediction process was carried out by the artificial neural network. Moreover, in order to investigate the impact of wavelet transform on the performance of the neural network model, the results obtained from this combined model were compared with the results obtained from the single neural network model, and their efficiency was evaluated using multi-part validation method, correlation, and root-mean-square error. The results showed that the artificial neural network in the two studied stations is able to simulate the sediment discharge with a correlation of 0.89 and 0.68 as well as the wavelet neural network with a correlation of 0.9 and 0.8. Moreover, the normalized root-mean-square error statistics were 0.104 and 0.35 in artificial neural networks and 0.124 and 0.18 in combined networks, respectively. The results showed that the impact of the wavelet on identifying sub-signals and thus improving the performance of the model compared to individual neural networks on predicting the amount of sediments in floods is clearly significant.

Keywords: Suspended Sediment, Data Mining, Machine Learning, Artificial Neural Network, Wavelet Network

*. Corresponding author: Mehdi Hayatzadeh

E-mail: mhayatzadeh@ardakan.ac.ir

Tel: + 989132569577

How to cite this Article: Yar, H., Hayatzadeh, M., Fathzadeh, A., Afkhami, H. (2023). Investigating the impact of wavelet network on the efficiency of artificial neural network in predicting flood sediments. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 161-186.

DOI: 10.22067/geoeh.2023.80745.1342



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

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

 <https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.80745.1342> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۱۸۶-۱۶۱
مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر شبکه موجک بر کارایی شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی رسوبات سیلابی

حلیمه یار- کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

مهدی حیات زاده^۱ - استادیار آبخیزداری، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران 

علی فتح‌زاده- دانشیار آبخیزداری، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

حمیده افخمی- دکتری آبخیزداری، شرکت آب منطقه‌ای تهران، وزارت نیرو، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۲/۲۳ تاریخ تصویب: ۱۴۰۲/۲/۳۰

چکیده

معمولاً سهم قابل‌ملاحظه‌ای از خسارت‌های ناشی از سیلاب، به رسوبات معلق در جریان سیل و هزینه‌های لایروبی ناشی از نشست آن‌ها در مناطق طبیعی، مسکونی و صنعتی برمی‌گردد. از این‌رو هنگام وقوع سیلاب علاوه بر پارامتر دبی آب، پایش دبی رسوبات حمل شده در آب نیز بسیار حائز اهمیت است. امروزه شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌خوبی برای پیش‌بینی سری‌های زمانی غیرخطی توسعه یافته‌اند، اما ماهیت غیرخطی داده‌های رسوب و تأثیر گسترده‌ای از عوامل مختلف بر میزان دبی رسوب، منجر شده تا پیش‌بینی این داده‌ها همواره با چالش‌هایی مواجه باشند. تئوری موجک از جمله روش‌های پیش‌پردازشی است که می‌تواند با تجزیه سری‌های زمانی اصلی به سیگنال‌های فرعی منجر به وضوح بهتر روابط درونی داده‌های غیرخطی گردد. در تحقیق حاضر مقادیر داده‌های رسوب در دو ایستگاه آبنا و میناب از حوزه آبخیز رودان هرمزگان قبل از ورود به شبکه عصبی مصنوعی از طریق تبدیل موجک به سیگنال‌های فرعی شکسته شد و سپس توسط شبکه عصبی مصنوعی فرایند پیش‌بینی صورت پذیرفت. همچنین به‌منظور بررسی تأثیر تبدیل موجک در عملکرد مدل شبکه عصبی، نتایج حاصل از این مدل ترکیبی با نتایج به دست آمده از

Email: mhayatzadeh@ardakan.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۳۲۵۶۹۵۷۷

نحوه ارجاع به این مقاله:

یار، حلیمه؛ حیات زاده، مهدی؛ فتح‌زاده، علی؛ افخمی، حمیده؛ ۱۴۰۳. بررسی تأثیر شبکه موجک بر کارایی شبکه عصبی مصنوعی در پیش‌بینی رسوبات سیلابی. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۲(۴). صص ۲۱-۱

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.80745.1342>

مدل شبکه عصبی منفرد مقایسه گردید و کارایی آن‌ها با استفاده از روش اعتبارسنجی چندتکه، همبستگی و ریشه میانگین مربعات خطا مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصله نشان داد شبکه عصبی مصنوعی در دو ایستگاه مورد مطالعه به ترتیب با همبستگی ۰/۸۹ و ۰/۶۸ و شبکه عصبی موجکی با همبستگی ۰/۹ و ۰/۸ قادر به شبیه‌سازی میزان رسوبات هستند. همچنین آماره نرمال شده ریشه میانگین مربعات خطا به ترتیب در شبکه‌های عصبی مصنوعی ۰/۱۰۴ و ۰/۳۵ و در شبکه‌های ترکیبی ۰/۱۲۴ و ۰/۱۸ به دست آمد. با توجه به نتایج داده‌ها، تأثیر موجک در شناسایی سیگنال‌های فرعی و در نتیجه بهبود عملکرد مدل نسبت به شبکه‌های عصبی منفرد در پیش‌بینی میزان رسوبات قابل حمل در سیلاب به وضوح قابل توجه است.

کلیدواژه‌ها: رسوب معلق، داده‌کاوی، یادگیری ماشین، شبکه عصبی مصنوعی، شبکه موجک.

۱- مقدمه

بسیاری از مخاطرات مهم زندگی بشر از قبیل آلودگی، تغییرات آب و هوایی و شهرنشینی در درجه اول ناشی از فعالیت‌های انسانی است. اگرچه هرکدام از این تهدیدات دارای اثرات خاصی هستند، لکن اغلب آن‌ها مستقیماً بر روی اکوسیستم اثر می‌گذارند (عبدا و همکاران، ۲۰۲۱). یکی از پیامدهای مخرب سیل‌های ناگهانی که چندان موردتوجه قرار نگرفته است، از دست دادن قابل توجه و دائمی خاک به دلیل فرسایش آن و تولید رسوب است (کفاس و همکاران، ۲۰۲۲). انتقال رسوب در رودخانه‌ها به عنوان یک موضوع مهم برای طراحی و برنامه‌ریزی پروژه‌های منابع آبی مطرح بوده و می‌تواند به محیط‌زیست نیز آسیب برساند. به همین دلیل مدل‌سازی اجزای بار رسوب شامل بار رسوب معلق، بار بستر و بار کل در رودخانه‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است (روشنگر و همکاران^۱، ۲۰۲۳). از جمله خسارت‌هایی که رسوبات موجود در رودخانه‌ها و سیلاب‌ها به بار می‌آورند می‌توان به انباشت رسوبات در پشت سدها و کاهش حجم مفید آن‌ها، تخریب سازه‌ها، خسارت به سواحل و بنادر، کاهش ظرفیت و افزایش هزینه نگهداری کلنال‌های آبیاری و غیره اشاره نمود (زو و همکاران^۲، ۲۰۰۷). از سویی حمل رسوب روی شاخص‌های کیفی آب به لحاظ شرب و کشاورزی تأثیرگذار است لذا برآورد مقدار رسوب در پروژه‌های حفاظت خاک، طراحی و اجرای سازه‌های آبی، آب‌خیزداری و نیز بهره‌برداری از منابع آب مورد نیاز است. بخش مهمی از بار رسوبی حمل شده توسط رودخانه و جریان‌های سیلابی به بار معلق اختصاص دارد. انتقال مواد به صورت بار معلق تابعی از هیدرولیک جریان، خصوصیات فیزیکی دانه رسوب و محیط قرارگیری رسوب است. برآورد بار رسوبی در رودخانه‌ها با توجه به خسارات ناشی از آن، یکی از مهم‌ترین و مشکل‌ترین قسمت‌های مطالعات انتقال رسوب و مهندسی رودخانه است (حسین و شولز^۳، ۲۰۱۷). در رسوب‌شناسی، انتقال رسوب در رودخانه

1 Roushangar et al.

2 Zhu et al.

3 Hussein & Scholz

پدیده‌ای غیرخطی و پیچیده‌ای بوده و در رخداد‌های سیلابی که همراه با مقدار قابل توجهی رسوب می‌شود این فرایند پیچیده‌تر می‌شود. پارامترهای زمین‌شناسی، هیدرولوژیکی و مورفولوژیکی حوزه آبخیز رودخانه اثرات قابل توجهی بر فعالیت رسوب در داخل رودخانه دارند (خان و همکاران، ۲۰۱۹). در سال‌های اخیر جهت برآورد بار معلق رسوب علاوه بر استفاده از منحنی سنج‌ها از مدل‌های غیرخطی دیگری تحت عنوان مدل‌های هوش مصنوعی که مبتنی بر فرآیند یادگیری از طریق داده‌های مشاهداتی هستند، استفاده شده است (کیسی^۱، ۲۰۰۶)، شبکه‌های عصبی مصنوعی^۲ زیر مجموعه‌ای از تکنیک‌های هوش مصنوعی است که امروزه در طیف وسیعی برای به‌کارگیری در حل بسیاری از مسائل، شامل شبیه‌سازی، بهینه‌سازی، پیش‌بینی، تشخیص و کنترل رایج شده‌اند (اسدی و فتح‌زاده، ۱۳۹۷). فلامکی و همکاران (۱۳۹۲) در مدل‌سازی بار رسوب کل رودخانه‌ها با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی به این نتایج دست یافتند که دقت شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌ویژه مدل پرسپترون چندلایه در تخمین بار رسوب کل با ضریب همبستگی ۰/۹۶ بیش از سایر مدل‌هاست. همچنین مشخص شد که برای افزایش دقت مدل نیاز به آموزش آن با هر دو نوع داده‌های هیدرولوژیک و رسوب است و در نهایت اینکه رابطه ایگر و وایت در برآورد مقدار بار رسوب کل این رودخانه نسبت به بقیه مدل‌ها دقت بهتری می‌تواند داشته باشد. افخمی و همکاران (۱۳۹۵) تأثیر توزیع‌های احتمالاتی در افزایش دقت پیش‌بینی رسوب معلق را با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی عصبی پیش‌بینی نمودند. نتایج شبیه‌سازی‌ها در دو مدل، کارایی بهتر و خطای کمتر را در شرایط استفاده از لگاریتم داده‌های رسوب نشان داد. باباعلی و دهقانی (۱۳۹۶) برای پیش‌بینی دبی سیلابی با استفاده از شبکه عصبی موجک در ایستگاه کهمان‌الشر از پارامترهای حداکثر بارش ۲۴ ساعته طی دوره زمانی ۱۳۹۱-۱۳۸۰ استفاده کردند و نتایج را با مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی دیگر مقایسه کردند. نتایج نشان داد که مدل شبکه عصبی موجک دقت بسیار بهتری از شبکه عصبی دارد. حیات‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) جهت بهینه‌میزان رسوب معلق در حوضه فخرآباد مهریز یزد از روش‌های سنج‌ها چندخطی، حد وسط دسته‌ها، منحنی سنج‌ها حد وسط دسته‌ها، در یک دوره ۲۳ ساله با ۴۸ واقعه مشاهداتی دبی و رسوب متناظر پرداختند. آن‌ها جهت صحت‌سنجی بهینه‌یابی، این روش‌ها را با ضرایب اصلاحی QMLE^۳، SMEARING و فائو مقایسه کردند. نتایج ضمن تأیید کارایی بالاتر شبکه عصبی مصنوعی نشان داد که مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی انعطاف‌پذیری بالایی دارند و ابزاری مناسب برای مدل‌سازی در شرایط کمبود داده هستند. باباعلی و دهقانی (۱۳۹۸) با بررسی عملکرد مدل شبکه عصبی موجک در تخمین دبی روزانه ایستگاه بادآور نورآباد لرستان از داده‌های بارش ۲۴ ساعته طی دوره آماری ۱۳۹۱-۱۳۸۱ شمسی استفاده کردند. با مقایسه روند شبکه عصبی موجک و شبکه عصبی متوجه شدند که دو مدل قابلیت خوبی در تخمین دبی روزانه دارد و به‌طور کلی مدل

1 Kisi

2 Artificial Neural Networks (ANNs)

3 Quasi-Maximum Likelihood Estimator

شبکه عصبی موزون کارایی بهتری در مقایسه با شبکه عصبی در مدل‌سازی نشان داد. عطائی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهش خود از مدل‌های سنجه رسوب، شبکه‌های عصبی مصنوعی و برنامه‌ریزی بیان ژن (GEP)^۱ برای تخمین بار معلق ایستگاه هیدرومتری مشیران واقع در رودخانه دره رود استفاده کردند. نتایج نشان داد که مدل GEP با دارا بودن بیشترین مقدار ضریب تعیین ($R^2=0/8$) و کمترین ریشه میانگین مربعات خطا ($RMSE=1962$) تطابق بهتری با مقادیر مشاهداتی دارند. محمدی (۱۳۹۸) به منظور بهینه‌سازی برآورد میزان رسوب معلق دبی جریان ایستگاه بالادست هلیل‌رود از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، عصبی-فازی و منحنی‌سنجه رسوب استفاده کردند. نتایج نشان داد که مدل عصبی-فازی در همه‌ی حالات مدلی مناسب برای شبیه‌سازی است. چوی و لی^۲ (۲۰۱۴) با استفاده از یک مدل توزیع عرضی سرعت، بار کل رسوب را در رودخانه‌های شنی و ماسه‌ای برآورد نمودند. نتایج آن‌ها نشان داد که محاسبات مدل شبه دوبعدی دارای دقت بیشتری نسبت به معادلات تجربی انتقال رسوب است. زونمات کرمانی و همکاران^۳ (۲۰۱۶) به مدل‌سازی غلظت رسوب معلق بر اساس مدل‌های داده محور پرداختند. در این مطالعه با استفاده از اطلاعات سری هشت‌ساله از ایستگاه هیدرومتری واقع در آرکانزاس، دلاور و آیداهو، توانایی مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی، رگرسیون بردار پشتیبان (SVR)^۴ و منحنی‌سنجه رسوب برای پیش‌بینی غلظت معلق روزانه رسوبات مورد مقایسه قرار دادند. نتایج بر اساس معیارهای ارزیابی در این مدل‌ها نشان داد که مدل SVR با تابع RBF دارای عملکرد مناسب‌تری به‌منظور پیش‌بینی بار رسوبی معلق است. درودی و همکاران (۲۰۲۱) در تخمین بار رسوب معلق روزانه با استفاده از مدل رگرسیون بردار پشتیبانی ترکیبی جدید با روش بهینه‌سازی مبتنی بر مشاهده‌گر و یادگیرنده نشان دادند که مدل SVR-OTLBO^۵ عملکرد پیش‌بینی بالاتری نسبت به سایر مدل‌های به‌کاررفته در زمینه تخمین بار رسوبی را دارد. به‌طور خاص، مدل مذکور بالاترین ضریب همبستگی ($r=0/976$) را نشان داد. اسدی و همکاران (۲۰۲۱) با استفاده از الگوریتم‌های مبتنی بر یادگیری ماشین و پارامترهای ژئومورفوتریک به‌عنوان پارامترهای کمکی به پیش‌بینی بار رسوب معلق در چند حوزه آبخیز پرداختند. آن‌ها در تحقیق خود از ۶ مدل یادگیری ماشین از قبیل رگرسیون خطی چندگانه، شبکه عصبی مصنوعی، K نزدیک‌ترین همسایه، فرایند گوسی، ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم فرگشتی ماشین بردار پشتیبان استفاده کردند و نتیجه گرفتند که مدل‌های فرایند گوسی و الگوریتم فرگشتی ماشین بردار پشتیبان نتایج مناسب‌تری در برآورد بار معلق به همراه دارند. هانون و همکاران^۶ (۲۰۲۲) در تحقیق خود به مقایسه عملکرد روش‌های مختلف یادگیری ماشین برای پیش‌بینی بار رسوب معلق پرداختند. آن‌ها چهار تکنیک

1 Gene expression programming

2 Choi and Lee

3 Zounemat-Kermani et al.

4 Support vector regression

5 Support vector regression-observer teacher learner-based optimization

6 Hanoon et al.

رگرسیون تقویت گرادیان (GBT)^۱، جنگل تصادفی (RF)^۲، ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی را برای پیش‌بینی بار رسوب معلق در رودخانه جوهور مالزی به کار گرفتند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که همه‌ی مدل‌های پیشنهادی یادگیری ماشین عملکرد برتری در پیش‌بینی بار رسوبی دارند و از بین آن‌ها مدل شبکه عصبی مصنوعی از دقت بالاتری برخوردار بود. **ساهوو و همکاران^۳ (۲۰۲۳)** با هدف پیش‌بینی رسوب معلق مدل محاسباتی سیستم استنتاج عصبی- فازی تطبیقی (ANFIS)^۴ را با الگوریتم ازدحام سالپ بهینه‌سازی نمودند. در مقایسه نتایج مدل‌های مورد استفاده، مدل بهینه‌سازی شده برتری خود را نسبت به مدل ساده‌ی سیستم استنتاج عصبی- فازی تطبیقی به اثبات رساند. از آنجاکه مدل‌سازی فرایندهای بار رسوب جریان به دلیل ماهیت پیچیده آن با عدم قطعیت بیشتری نسبت به سایر فرایندهای اقلیمی و هیدرولوژیکی برخوردار است، لذا انتخاب مدلی که بتواند به‌صورت نسبی بر این مشکل فائق آید بسیار حائز اهمیت است. از طرفی انعطاف‌پذیری و کارایی مناسب مدل‌های هوش مصنوعی در مدل‌سازی‌های فرایندهای اقلیمی و هیدرولوژیکی در مطالعات زیادی به اثبات رسیده است (**مختاری و آخوندزاده هنزائی، ۱۳۹۸**). ولی مشکل اصلی در زمینه مدل‌سازی بار رسوب معلق عدم‌کفایت داده‌های ثبت شده و کوتاه بودن سری زمانی داده‌های مشاهداتی است که با وجود انعطاف‌پذیری مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی ولی باز هم مدل‌سازی‌ها با خطای نسبی روبرو می‌باشد. از طرفی کارایی مدل‌های موجک در مدل‌سازی فرایندها و متغیرهای با توزیع نرمال به اثبات رسیده است (**نورانی و عندلیب، ۱۳۹۶**). لذا در این تحقیق با در نظر گرفتن نقاط ضعف و قوت مدل‌های مختلف هوش مصنوعی و همچنین ماهیت داده‌های رسوب معلق سعی بر آزمون کارایی این مدل‌ها به شکل تفکیک شده و همچنین در حالت تلفیق شده را در حوزه آبخیز رودان دارد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

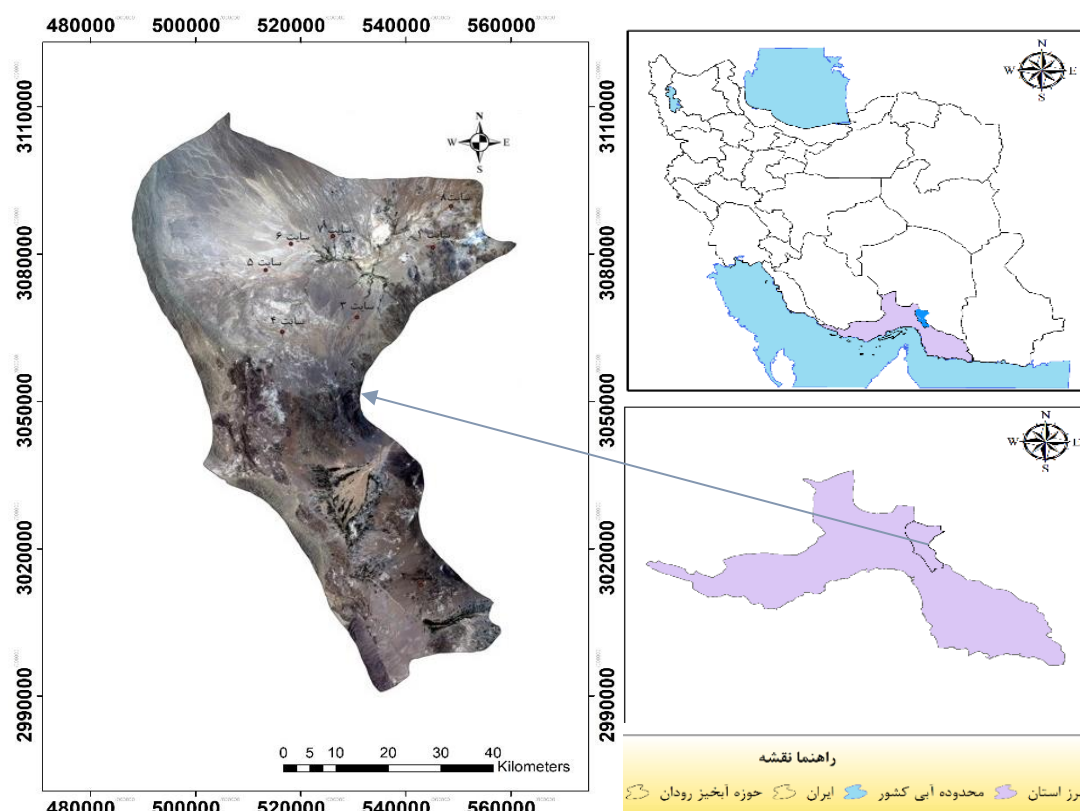
حوزه آبخیز رودان در بخش شمال شرقی استان هرمزگان با مختصات ۲۷ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۱۱ دقیقه طول شرقی با مساحتی معادل ۳۰۴۴/۵ کیلومتر مربع و در فاصله ۱۰۰ کیلومتری بندرعباس قرار دارد. ارتفاع حوزه از سطح دریا حدود ۱۹۰ متر است و بر اساس طبقه اقلیمی دومارتن دارای اقلیم گرم و خشک است، میانگین بارش سالانه در این منطقه ۲۵۰ میلی‌متر و متوسط دمای بلندمدت آن ۲۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. **شکل (۱)** موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان داده است.

1 Gradient boost regression

2 Random forest

3 Sahoo et al.

4 Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

رودخانه‌های اصلی زیر حوضه رودان شامل رودخانه کندر که از کوه‌های شمالی منطقه (جنوب استان کرمان) سرچشمه گرفته و از شمال به جنوب جریان دارد و رودخانه فاریاب که از شمال غرب وارد حوضه می‌شود. این دو رودخانه بعد از شهر رودان (جنوب شهر) به هم متصل شده، پس از پیمودن مسیری به طول حدود ۳۰ کیلومتر، نهایتاً به سد میناب سرازیر می‌شوند. سیلاب‌های فصلی نواحی اطراف نیز پس از سرازیر شدن از ارتفاعات به پهنه آبرفتی رودخانه دهباز (رودان) می‌ریزند. با توجه به حضور سازندهای فرسایش پذیر در حوضه و افزایش بار معلق در هنگام بارندگی، معضل رسوب‌گذاری و تخریب اراضی همواره از دغدغه‌های بهره‌برداران در حوضه می‌باشد. لذا به‌منظور پیش‌بینی میزان بار معلق برای مدیریت حوضه در سال‌های آتی، اطلاعات موردنیاز از دو ایستگاه هیدرومتری میناب و آبنا مشتمل بر مقادیر دبی، رسوبدهی، غلظت رسوب، ارقام اشل و بارندگی از شرکت آب منطقه‌ای استان هرمزگان جمع‌آوری گردید. این داده‌ها با ترکیبات و سناریوهای مختلف جهت ورود به مدل آماده‌سازی شده سپس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پیش‌پردازش‌های لازم نیز از جمله حذف داده‌های پرت و نرمال‌سازی بر روی داده‌ها انجام

شد. **جدول (۱)** و **(۲)** برخی از جزئیات داده‌های مورد استفاده را نشان می‌دهد. **شکل (۲)** وضعیت رودخانه‌های ایستگاه‌های مورد استفاده را در مواقع سیلابی نشان می‌دهد.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های دبی و رسوب‌سنجی

نام ایستگاه	X (UTM)	Y (UTM)	دوره آماری
میناب	۵۳۵۰۸۹	۳۰۳۸۷۷	۱۳۳۸-۸۸
آبنما	۵۱۳۷۶۷	۳۰۷۱۷۹۱	۱۳۷۴-۸۷



شکل ۲- وضعیت رودخانه میناب و رودخانه آبنما رودان در مواقع سیلابی

جدول ۲- اطلاعات وارد شده به مدل مورد استفاده

پارامتر	نام ایستگاه	اشل (سانتی‌متر)	آبدهی (مترمکعب بر ثانیه)	متوسط مقاطع اندازه‌گیری (میلی‌گرم در لیتر)	نقطه ثابت (میلی‌گرم در لیتر)	بردار هدف (تن در روز)
بیشترین مقدار	میناب	۸۰۰	۱۳۰۰	۳۸۹۰۰	۴۱۱۰۰	۱۶۵۳۰۰۰
	آبنما	۲۷۰	۴۲۰	۱۹۰۳۰	۱۹۳۰	۴۵۵۵۰۰
کمترین مقدار	میناب	۱۹	۱/۲۱	۲/۳۳	۲	۰/۶۴
	آبنما	۹۶	۱	۵/۳۳	۵	۰/۵۹
انحراف استاندارد	میناب	۹۰	۱۹۰	۶۹۶۰	۶۵۹۰	۲۳۹۹۹۰
	آبنما	۳۳	۶۲	۴۱۱۷	۴۱۷۲	۷۱۱۸۶
میانگین	میناب	۱۱۴	۸۳	۴۴۴۷	۴۱۷۴	۷۵۷۹۱
	آبنما	۱۳۹	۳۲	۲۲۶۲	۲۳۳۴	۱۹۵۰۴

۲-۲- پیش پردازش داده‌ها

در این پژوهش برای آماده‌سازی داده‌ها جهت مدل‌سازی از روش نرمال‌سازی داده‌ها استفاده شده است. لذا از روش بیشترین-کمترین^۱ استفاده شده است. پس از انجام نرمال‌سازی می‌توان مشاهده کرد که تمامی داده‌ها در یک محدوده قرار دارند. برای نرمال‌سازی از رابطه ۱ استفاده گردیده است (آرمین و قربانیان، ۱۳۸۸):

$$\frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \quad (1)$$

که در آن: x: بیانگر داده‌ای است که باید نرمال شود، Min (x): کمترین مقدار در داده‌ها، Max (x): بیشترین مقدار در داده‌ها و Z: نتیجه نرمال‌سازی داده می‌باشد.

بر اساس رابطه (۱) مقدار خروجی Z در بازه صفر (اگر x برابر مقدار min باشد) و ۱ (اگر x برابر مقدار max) قرار خواهد گرفت.

ورودی‌های شبکه با نام لایه ورودی و خروجی‌های شبکه با نام لایه خروجی و در صورت نیاز، لایه‌های میان این دو لایه، لایه نهان نامیده می‌شود. شکل شماره ۳ نشان‌دهنده یک ساختار ساده از شبکه عصبی می‌باشد (بهزادفر، ۱۳۹۱). ساختار شبکه عصبی موجک یا WNN^۲ همانند ساختار شبکه عصبی پس انتشار است (شکل ۴) و تفاوت آن با شبکه عصبی معمولی در تابع گذر آن است. در شبکه عصبی موجک تابع گذر لایه‌های نهان، تابع موجک مادر است (پیری و همکاران، ۱۳۸۴).

۲-۳- مدل‌سازی شبکه

در پژوهش حاضر به منظور انجام مدل‌سازی از الگوریتم و توابع آموزشی مختلف استفاده شد. شبکه عصبی پرسپترون چندلایه^۳ با روش آموزش پس انتشار خطا^۴ و تابع فعال‌سازی تانژانت سیگموید^۵ و شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با روش آموزش پیش انتشار خطا و تابع فعال‌سازی موجک ملقب به شبکه عصبی موجک طراحی گردیدند. شکل ۵ ساختار شبکه‌های عصبی مورد استفاده در این پژوهش (چه الگوریتم MLP و چه الگوریتم WNN) را نشان می‌دهد.

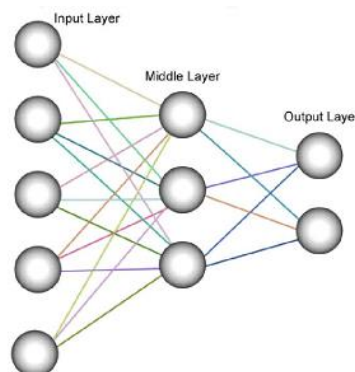
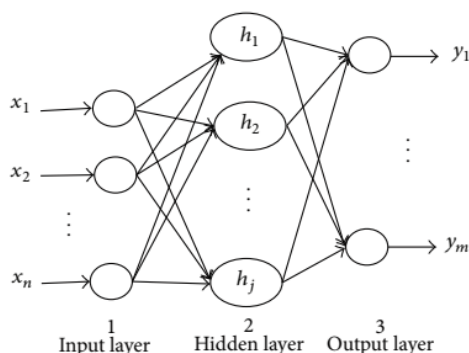
1 Max-Min

2 Wavelet neural network

3 Multilayer Perceptron (MLP)

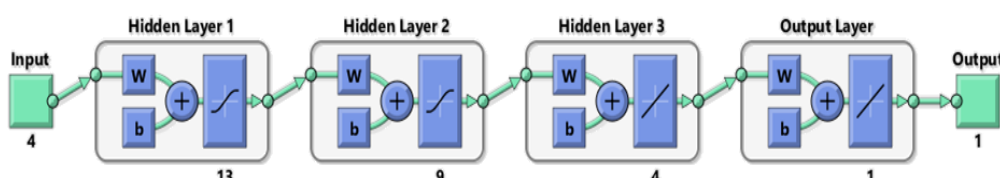
4 Error Backpropagation

5 Tangent sigmoid



شکل ۳- ساختار یک شبکه عصبی ساده

شکل ۴- ساختار شبکه عصبی موجک



شکل ۵- ساختار شبکه عصبی مورد استفاده

همچنین در این مدل تعداد ۴ ورودی در نظر گرفته شد که برابر تعداد ویژگی‌ها یا مؤلفه‌های داده‌های جمع‌آوری شده است. تعداد لایه‌های نهان ۳ عدد بوده که تعداد نرون‌ها در لایه نهان اول، دوم و سوم به ترتیب برابر ۱۳، ۹ و ۴ در نظر گرفته شد. تابع آستانه گذار در لایه نهان اول و دوم تانژانت سیگموئید و برای لایه نهان سوم خطی (با توجه به ماهیت کار که رگرسیون است) در نظر گرفته شد (برای شبکه عصبی ساده یا MLP). تابع گذار در هر سه لایه نهان در WNN تابع موجک در نظر گرفته شد و نتایج تا حصول نتیجه نهایی از طریق آزمون و خطا ادامه یافت. در مرحله آموزش مدل، حداکثر تعداد تکرار الگوریتم برابر ۱۰۰، معیار ارزیابی کارایی در حین آموزش شبکه عصبی، معیار MSE، نرخ یادگیری برابر ۰/۰۱، ضریب کاهش نرخ یادگیری ۰/۹۹، الگوریتم آموزش شبکه عصبی، تابع لونبرگ-مارکوارت^۱، در نظر گرفت شد. این روش برای حوضه‌هایی با تعداد کم داده مناسب است. همچنین روند اعتبارسنجی مبتنی بر K-fold C.V^۲ مطابق شکل (۶) در نظر گرفته شد.

1 Levenberg–Marquardt (LM)

2 K-fold Cross Validation (K-fold C.V)

۲-۴- معیارهای ارزیابی

برای بررسی کارایی روش شبکه عصبی موجک، از معیارهای ارزیابی میانگین خطای مربعات (RMSE)^۱، ضریب همبستگی^۲، میانگین خطای مربعات نرمال شده (NRMSE)^۳ و استفاده می‌شود (جدول ۳). برای بررسی کارایی روش پیشنهادی، بر اساس معیارهای ارزیابی معرفی شده در بخش قبل، از روش برش چند نقطه‌ای استفاده شد. تعداد برش‌ها یا مقدار k در K-fold CV برابر ۵ در نظر گرفته شد. در این روش ارزیابی ابتدا مجموعه داده‌های مورد استفاده به پنج (k) قسمت مساوی تقسیم شد که چهار (k-1) قسمت آن برای آموزش (ساخت) مدل و قسمت باقی‌مانده جهت ارزیابی (آزمون) مدل مورد استفاده قرار می‌گیرد. این فرآیند پنج (k) بار به صورت مستقل انجام می‌شود به گونه‌ای که در هر تکرار چهار قسمت برای ساخت مدل و قسمت باقی‌مانده جهت ارزیابی انتخاب می‌شوند. در این روش در هر تکرار، تکه‌ای (برشی) از داده که تاکنون برای آزمون به کار نرفته است، جهت آزمون مدل و برش‌های دیگر جهت ساخت مدل به کار می‌رود. در هر بار ساخت مدل، معیارهای ارزیابی روی داده‌های آزمون ذخیره شده و میانگین آن‌ها برای پنج بار تکرار به عنوان کارایی نهایی گزارش می‌گردد.

جدول ۳- معیارهای ارزیابی روش پیشنهادی

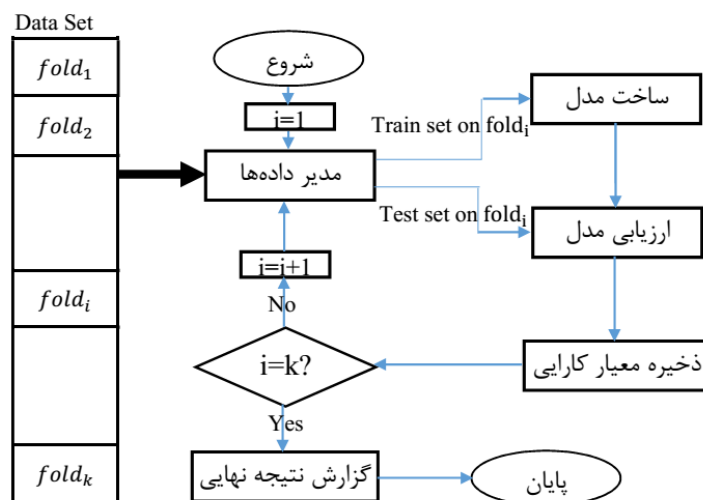
هدف پژوهش (رگرسیون)	فرمول محاسبه	نماد	معیار ارزیابی
کاهش مقدار	$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - t_i)^2}{n}}$	MRSE	ریشه دوم میانگین خطای مربعات
افزایش مقدار	$\frac{cov(y_i, t_i)}{\sqrt{Var(y_i) * Var(t_i)}}$	Corr	ضریب همبستگی
کاهش مقدار	$\frac{MRSE}{(t_{max} - t_{min})}$	NRMSE	ریشه دوم میانگین خطای مربعات نرمال شده
افزایش مقدار	$1 - \frac{\sum (t_i - y_i)^2}{\sum (t_i - \bar{t})^2}$	R ²	ضریب تعیین

بردار t خروجی مورد انتظار نمونه‌ها، بردار y خروجی مدل برای نمونه‌ها و n بیانگر تعداد نمونه‌هاست.

1 Root means square error

2 Correlation Coefficient

3 Normalized root-mean-square deviation



شکل ۶- فلوچارت روش ارزیابی K-fold CV

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج شبکه MLP

جدول (۴) نتایج حاصل از اجرای الگوریتم MLP در ایستگاه‌های آبنا و میناب بر اساس 5-fold CV را نشان

می‌دهد.

جدول ۴- نتایج مدل‌سازی رسوب با الگوریتم MLP

معیار/ شماره تکه	RMSE		NRMSE		R	
	آبنا	میناب	آبنا	میناب	آبنا	میناب
۱	۱۳۶۸۸	۲۰۴۷	۰/۱۸	۰/۰۰۶	۰/۹۸	۰/۹۹
۲	۱۴۹۷	۲۱۱۲۰۰	۰/۳۹	۰/۱۲	۰/۷۵	۰/۸۱
۳	۵۶۱.۲۰	۱۸۴۳۶۰	۰/۰۶	۰/۱۲	۰/۹۹	۰/۹۵
۴	۲۴۶۷۲	۱۴۴۲۲۰	۰/۸۲	۰/۲۱	۰/۱۰	۰/۷۱
۵	۱۴۶۰۸۰	۲۶۷۳۶	۰/۳۲	۰/۰۴	۰/۶۱	۰/۹۸
میانگین نتایج	۳۷۱۰۰	۱۱۳۷۱۰	۰/۳۵	۰/۱۰۴	۰/۶۸	۰/۸۹۴

نتایج ارزیابی در جدول (۳) نشان داد که متوسط همبستگی در مدل MLP در ایستگاه آبنا ۰/۶۸ و در ایستگاه میناب ۰/۸۹۴ می‌باشد همچنین مقدار RMSE و NRMSE در ایستگاه میناب به ترتیب ۱۱۳۷۱۰ و ۰/۱۰۴ گزارش شده درحالی که در ایستگاه آبنا این مقدار معادل ۳۷۱۰۰ و ۰/۳۵ تخمین زده شده است. با توجه به مقادیر ذکر شده

پیش‌بینی مدل شبکه عصبی پرسپترون در ایستگاه میناب از همبستگی بالاتر و خطای کمتری برخوردار است که با توجه به کثرت داده در ایستگاه فوق قابل توجه می‌باشد. همچنین قابل ذکر است مقادیر و واحد دو آماره خطای RMSE و NRMSE تابع نوع داده است و متناسب با مقادیر واقعی داده‌ها می‌باشد.

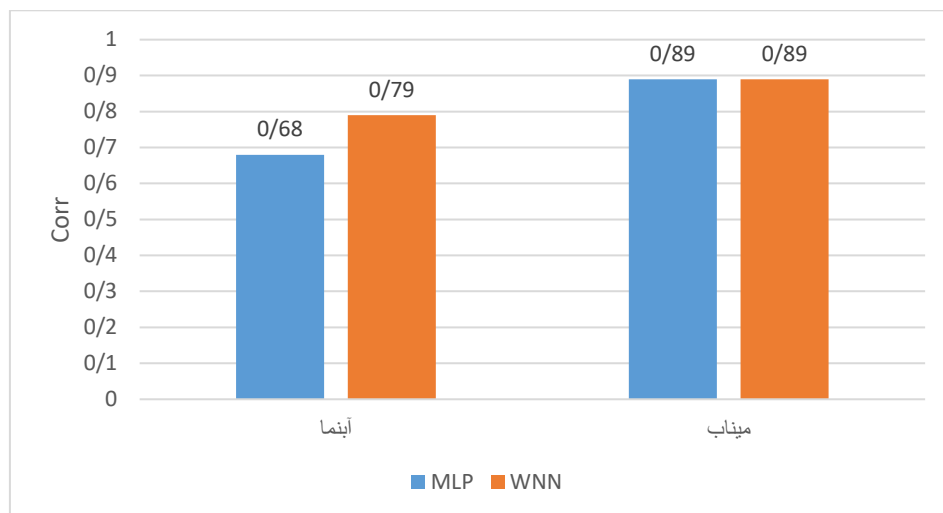
۲-۳- نتایج شبکه WNN

در جدول (۵) نتایج حاصل از اجرای الگوریتم WNN در ایستگاه آبنما و میناب بر اساس 5-fold CV آورده شده است.

جدول ۵- نتایج WNN در ایستگاه آبنما و میناب

معیار/شماره تکه	RMSE		NRMSE		R	
	آبنما	میناب	آبنما	میناب	آبنما	میناب
۱	۱۳۰۸۹	۱۰۱۹۵	۰/۱۹	۰/۰۳۳	۰/۸	۰/۹
۲	۵۴۷/۵۷	۲۶۱۸۲۰	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۹	۰/۸
۳	۸۶۰/۹۹	۲۳۷۶۹	۰/۰۹۶	۰/۱۵	۰/۹	۰/۹
۴	۴۹۹۴	۱۰۴۲۷۰	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۸	۰/۹
۵	۱۴۲۸۷۰	۶۴۳۷۲	۰/۳۱	۰/۱۱۳	۰/۸	۰/۹
میانگین نتایج	۳۲۴۷۲	۱۳۵۶۷۰	۰/۱۸	۰/۱۲۴	۰/۸	۰/۹

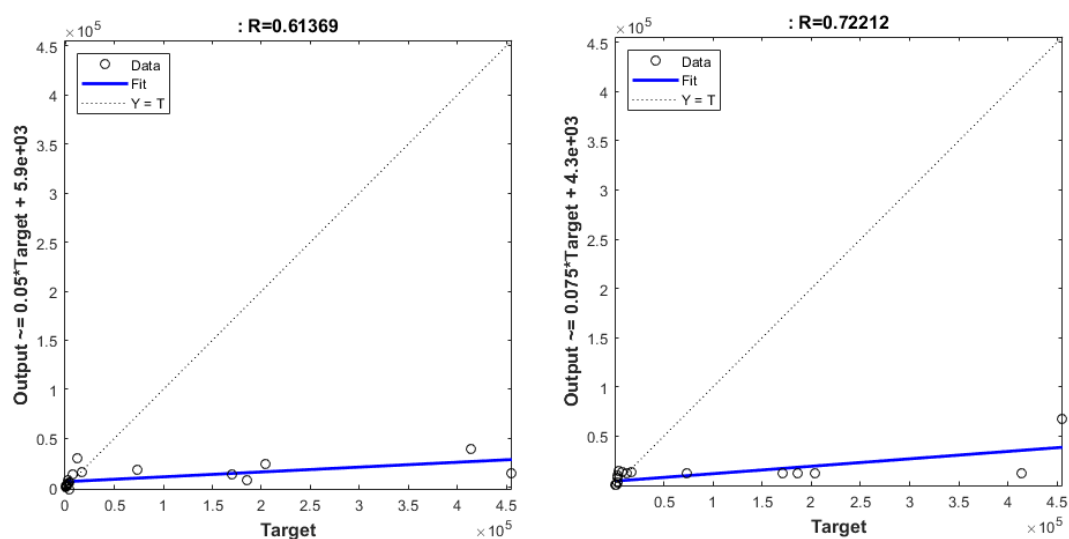
نتایج حاصل از جدول ۴ نشان می‌دهد میزان همبستگی با استفاده از مدل‌های ترکیبی عصبی-موجکی در دو ایستگاه میناب و آبنما به ترتیب ۰/۹ و ۰/۸ می‌باشد که این مقادیر در مقایسه با مقادیر مشابه در مدل منفرد پرسپترون بهبود قابل توجهی داشته است. همچنین مقادیر NRMSE در دو ایستگاه به ترتیب ۰/۱۲۴ و ۰/۱۸ و مقادیر RMSE در دو ایستگاه به ترتیب ۱۳۵۶۷۰ و ۳۲۴۷۲ برآورد شده است. مقدار آماره خطای NRMSE و RMSE در مدل ترکیبی و در ایستگاه آبنما نسبت به مدل پرسپترون کاهش قابل توجهی داشته ولی این میزان در ایستگاه میناب اندکی افزایش یافته است که با توجه به بزرگی مقادیر رسوب ورودی در این ایستگاه قابل چشم‌پوشی می‌باشد. مقادیر ضریب همبستگی در دو مدل جهت مقایسه در شکل ۶ آورده شده است.



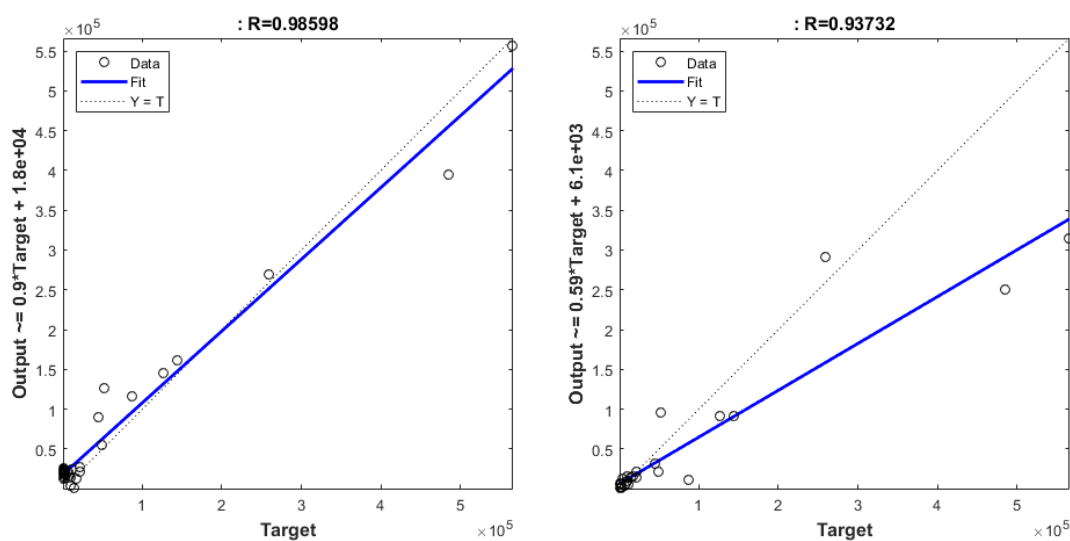
شکل ۷- مقایسه کارایی MLP و WNN بر اساس معیار همبستگی

با توجه به نتایج به دست آمده و شکل ۷ مشخص است مدل WNN در ارزیابی و پیش‌بینی مقدار رسوب بهتر عمل کرده است.

شکل ۸ و ۹ نتایج حاصل از آموزش دو مدل در دو ایستگاه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود در مرحله آموزش نیز شبیه‌سازی و آموزش در ایستگاه میناب نسبت به آبنا بهتر انجام شده است. بطوریکه در ایستگاه آبنا در مرحله آموزش مدل ANN دارای همبستگی برابر با ۰/۶۱ است درحالی‌که این ضریب برای مدل WNN برابر ۰/۷۲ می‌باشد. ایستگاه میناب دارای شرایط متفاوت‌تر از ایستگاه آبنا است. در این ایستگاه مقدار R برای مدل ANN برابر است با ۰/۹۴ و برای مدل WNN برابر با ۰/۹۹ می‌باشد. با توجه به اینکه نمونه‌ها اطراف خط رگرسیون با فاصله کمتر و همبستگی بالایی پراکنش دارند لذا در این ایستگاه جمع داده‌ها در مرکز مختصات بالاست و همانند ایستگاه آبنا به تعداد نمونه‌های بیشتری برای ساخت مدل نیاز است. کارایی مدل ANN در ایستگاه میناب نسبت به ایستگاه آبنا بهتر بوده است. به‌طورکلی در ایستگاه میناب، کارایی ANN از کارایی WNN بهتر می‌باشد.



شکل ۸- مقایسه نتایج ANN و WNN در ایستگاه آبنا در برش پنجم داده‌ها



شکل ۹- مقایسه نتایج ANN و WNN در ایستگاه میناب در برش پنجم داده‌ها

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت رسوب به‌عنوان یک پدیده پیچیده، استفاده از مدل‌های هوشمند جعبه سیاه مانند شبکه‌های عصبی مصنوعی و الگوریتم‌های مختلف آن می‌تواند به برآورد دقیق‌تر رسوب منجر شود. در تحقیق حاضر که به‌منظور پیش‌بینی داده‌های رسوب معلق در دو ایستگاه میناب و آبنا انجام گرفت، کارایی دو مدل شبکه عصبی پرسپترون و شبکه عصبی موجکی مورد آزمون قرار گرفت. در این راستا به‌منظور افزایش عملکرد شبکه‌های عصبی

این مدل با آنالیز موجک ترکیب گردید، بدیهی است مدل‌های هیبرید ایجاد شده از توانایی بالای شبکه‌های عصبی و همچنین موجک، هردو بهره می‌برد. لذا مقادیر خروجی موجک به عنوان مقادیر ورودی شبکه‌های عصبی به کار گرفته شد. به منظور تأثیر عملکرد موجک در مدل‌های هیبریدی، نتایج به دست آمده از دو مدل هیبرید با نتایج حاصل از مدل شبکه عصبی و در شرایط منفرد و بدون تلفیق با مدل موجک مقایسه گردید. بر اساس نتایج به دست آمده تلفیق موجک با مدل شبکه عصبی پرسپترون منجر به افزایش چشمگیری در بهبود کارایی آن بخصوص در ایستگاه آبنما شده است؛ به طوری که ضریب همبستگی شبکه‌های عصبی در شرایط بدون تلفیق از $0/68$ و $0/89$ در ایستگاه آبنما و میناب به $0/8$ و $0/9$ در مدل ترکیبی ارتقا یافت. این در حالی است که مقادیر $RMSE$ و $NRMSE$ در دو ایستگاه آبنما کاهش و در ایستگاه میناب تفاوت قابل ملاحظه‌ای نداشت. اگرچه این کارایی مدل در ایستگاه آبنما مشهودتر می‌باشد ولی در مجموع افزایش عملکرد مدل‌های ترکیبی در پیش‌بینی رسوب نسبت به مدل‌های منفرد به اثبات رسید. نتایج تحقیق حاضر با نتایج تحقیق **حیات زاده و همکاران (۱۳۹۶)** و **افخمی و همکاران (۱۳۹۵)** مقایسه گردید و عملکرد مناسب و انعطاف‌پذیری مدل‌های شبکه عصبی به‌ویژه به صورت تلفیقی در پیش‌بینی بار رسوب جریان همسو با آن‌ها به اثبات رسید.

همچنین نتایج تحقیق **نورانی و همکاران (۱۳۹۶)** در به کارگیری مدل‌های ترکیبی موجک- شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان در پیش‌بینی بار رسوب معلق آبی جای کارایی بالاتر مدل‌های تلفیقی شبکه عصبی با شبکه موجک را تأیید می‌نماید. نتایج به دست آمده از تحقیق حاضر با به کارگیری ترکیب‌های مختلف شبکه‌های عصبی با الگوریتم‌های مختلف و در تلفیق با شبکه موجک که وجه تمایز این تحقیق با سایرین نیز می‌باشد، نشان می‌دهد که با به کارگیری شبکه عصبی از نوع پرسپترون چندلایه و تابع تحریک از نوع تانژانت سیگموید، می‌توان با دقت مناسبی میزان دبی بار معلق رسوب را پیش‌بینی نمود و دقت به دست آمده از مدل تلفیقی باز هم نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. همچنین مدل تلفیقی مورد استفاده، مقادیر دبی رسوب را اندکی بیش‌برآورد می‌کند که در مطالعات فرسایش و رسوب این بیش‌برآورد می‌تواند در جهت اطمینان باشد. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که افزایش تعداد پارامترهای مؤثر در مدل‌های مختلف برای شبیه‌سازی دبی رسوبی به‌ویژه پارامترهای مقطع جریان، موجب عملکرد بهتر در مدل‌سازی می‌شود که با نتایج پژوهش **Satari و همکاران (۲۰۱۵)** و **ترابی‌پوده و همکاران (۱۳۹۸)** همخوانی دارد. همچنین تجزیه و تحلیل پژوهش‌های مذکور بیان‌کننده این است که افزایش تعداد پارامترهای مؤثر در ورودی موجب گسترش حافظه مدل برای تخمین مقادیر خروجی می‌باشد و همچنین باعث شده تعداد داده‌ها برای آموزش شبکه بیشتر شده و شبکه به خوبی تعمیم داده شود. همچنین نتایج حاکی از کارایی بالاتر مدل شبکه عصبی موجک و خطای کمتر آن نسبت به شبکه عصبی مصنوعی می‌باشد. در تبیین نتایج می‌توان بیان کرد که شبکه عصبی موجک در پیش‌بینی دبی رسوبی در حجم بالا که اندازه‌گیری و کارهای آزمایشگاهی آن‌ها پرهزینه و زمان‌بر است، کارایی مناسبی دارد.

همچنین دقت بالای شبکه عصبی موجک ناشی از تجزیه سیگنال‌ها با کمک تابع گسسته موجک منجر به ساده‌تر شدن این سیگنال‌ها شده باعث ایجاد برتری محسوس نسبت به سایر مدل‌های شبکه می‌گردد.

کتابنامه

- اسدی، مریم؛ فتح‌زاده، علی؛ ۱۳۹۷. بررسی کارایی مدل‌های مبتنی بر هوش محاسباتی در برآورد بار معلق رودخانه‌ها (مطالعه موردی: استان گیلان). مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، ۷۱ (۱): ۶۰-۴۵.
<https://10.22059/JRWM.2018.222810.1083>
- افخمی، حمیده؛ دستورانی، محمدتقی؛ فتوحی، فرزانه؛ ۱۳۹۵. تأثیر توزیع‌های احتمالاتی در افزایش دقت پیش‌بینی رسوب معلق با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی و سیستم استنتاج فازی-عصبی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سد دز). مرتع و آبخیزداری (منابع طبیعی ایران)، ۶۹ (۲)، ۳۳۸-۳۲۳.
<https://10.22059/JRWM.2016.61686>
- آرمین، محسن؛ قربان‌نیا، وجیهه؛ ۱۳۸۸. بررسی رابطه دبی آب و دبی رسوب با استفاده از آمار طولانی مدت ایستگاه‌های هیدرومتری (مطالعه موردی: رودخانه‌های چالوس و هریجان در استان مازندران)، هشتمین سمینار بین‌المللی مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران، اهواز.
<https://civilica.com/doc/86206/>
- باباعلی، حمیدرضا؛ دهقانی، رضا؛ ۱۳۹۶. پیش‌بینی دبی سیلابی با استفاده از شبکه‌ی عصبی موجک. هیدروژئومورفولوژی، ۱۱: ۱۶۸-۱۴۹.
https://hyd.tabrizu.ac.ir/article_6719.html
- باباعلی، حمیدرضا؛ دهقانی، رضا؛ ۱۳۹۸. بررسی عملکرد مدل شبکه عصبی موجک در تخمین دبی روزانه. مجله علوم و مهندسی آبیاری، ۴۲ (۳): ۱۱۶-۱۰۵.
<https://10.22055/JISE.2017.22047.1580>
- بهبادفر، مرتضی؛ صادقی، حمیدرضا؛ خانجانی، محمد جواد؛ حزباوی، زینب؛ ۱۳۹۱. تأثیرپذیری تولید روان آب و رسوب خاک‌های تحت چرخه انجماد-ذوب در شرایط شبیه‌ساز باران. نشریه حفاظت منابع آب و خاک. ۲ (۱): ۱۳-۲۳.
https://wsrj.srbiau.ac.ir/article_1974.html
- پیروی، علی؛ حبیب‌نژاد، محمد؛ احمدی، مرتضی؛ سلیمانی، کریم؛ مساعدی، ابوالفضل؛ ۱۳۸۴. بهینه‌سازی رابطه دبی آب و رسوب در حوضه معرف امامه، پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر، ۳ (۳): ۴۰-۳۰.
<https://www.magiran.com/volume/32830>
- ترابی‌پوده، حسن؛ گودرزی، احمد؛ دهقانی، رضا؛ ۱۳۹۸. کاربرد شبکه عصبی موجک در تخمین رسوبات معلق رودخانه‌ها، مطالعه موردی: رودخانه کشکان-لرستان. نشریه مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۱ (۳): ۶۶۰-۶۵۰.
<https://doi.org/10.22092/ijwmse.2018.116846.1411>
- حیات‌زاده، مهدی؛ اختصاصی، محمد رضا؛ ملکی‌نژاد، حسین؛ فتح‌زاده، علی؛ ۱۳۹۶. بهینه یابی برآورد میزان رسوب معلق در مناطق خشک مطالعه موردی: حوضه فخرآباد مهریز (یزد)، فصلنامه علوم آب و خاک ۲۱ (۱): ۱۳-۱.
<https://10.18869/acadpub.jstnar.21.1.113>

عطائی، یاسمن؛ نیک‌پور، محمد رضا؛ کانونی، امین؛ حسینی، یاسر؛ ۱۳۹۸. برآورد بار معلق رودخانه با استفاده از مدل‌های ANN، GEP و منحنی‌سنجه (مطالعه موردی: ایستگاه مشیران، رودخانه دره‌رود)، دومین کنفرانس بین‌المللی و ششمین کنفرانس ملی کشاورزی ارگانیک و مرسوم، اردبیل، دانشگاه محقق اردبیلی، ۱۰-۱۱.

<https://repository.uma.ac.ir/id/eprint/9461/>

فلامکی، امین؛ اسکندری، مهناز؛ بغلانی، عبدالحسین؛ احمدی، سید احمد؛ ۱۳۹۲. مدل‌سازی بار رسوب کل رودخانه‌ها با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی. نشریه حفاظت منابع آب و خاک، ۲ (۳): ۲۵-۱۳.

https://journals.srbiau.ac.ir/article_1986.html

محمدی، صدیقه؛ ۱۳۹۸. شبیه‌سازی بار رسوب معلق با استفاده از روش‌های شبکه عصبی مصنوعی، عصبی-فازی و منحنی‌سنجه رسوب در حوزه آبخیز هلیل‌رود. نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز، ۱۱ (۲): ۴۵۲-۴۶۶.

<https://doi.org/10.22092/ijwmse.2017.108140.1219>

مختاری، رامین؛ آخوندزاده هنزائی، مهدی؛ ۱۳۹۸. ترکیب شبکه عصبی و تبدیل موجک به‌منظور پیش‌بینی خشکسالی کشور ایران با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای مادیس و TRMM. نشریه مهندسی فناوری اطلاعات مکانی، ۷ (۴): ۱۷۵-۱۹۱.

<https://jgit.kntu.ac.ir/article-1-769-fa.html>

نورانی، وحید؛ عندلیب، غلامرضا؛ ۱۳۹۶. بکارگیری مدل‌های ترکیبی موجک- شبکه عصبی مصنوعی و ماشین بردار پشتیبان در پیش‌بینی بار رسوب معلق آبی چای. رویکردهای نوین در مهندسی عمران، ۱ (۲): ۵۵-۴۶.

<https://10.30469/JNACE.2018.63079>

Abda, Z., Zerouali, B., Alqurashi, M., Chettih, M., Santos, C.A.G., Hussein, E.E., 2021. Suspended Sediment Load Simulation during Flood Events Using Intelligent Systems: A Case Study on Semiarid Regions of Mediterranean Basin. Water, 13, 3539. <https://doi.org/10.3390/w13243539>.

Asadi, M., Fathzadeh, A., Kerry, R., 2021. Prediction of river suspended sediment load using machine learning models and geo-morphometric parameters. Arab J Geosci 14, 1926. <https://doi.org/10.1007/s12517-021-07922-6>.

Choi, S.U., and Lee, J., 2014. Prediction of Total Sediment Load in Sand-Bed Rivers in Korea Using Lateral Distribution Method. Journal of the American Water Resources Association, 51 (1): 214-225. <https://doi.org/10.1111/jawr.12249>.

Doroudi, S., Sharafati, A., Mohajeri, S.H., 2021. Estimation of Daily Suspended Sediment Load Using a Novel Hybrid Support Vector Regression Model Incorporated with Observer-Teacher-Learner-Based Optimization Method. Hindawi- Complexity. <https://doi.org/10.1155/2021/5540284>.

Hanoon, M.S., Abdullatif B, A.A., Ahmed, A.N., 2022. A comparison of various machine learning approaches performance for prediction suspended sediment load of river systems: a case study in Malaysia. Earth Sci Inform 15, 91-104. <https://doi.org/10.1007/s12145-021-00689-0>.

Hussein, A., Scholz, M., 2017. Dye wastewater treatment by vertical-flow constructed wetlands. Ecological Engineering, 101: 28-38. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.01.016>.

Khan, M.Y.A., Tian, F., Hasan, F. and Chakrapani, G.J., 2019. Artificial neural network simulation for prediction of suspended sediment concentration in the River Ramganga, Ganges

- Basin, India. International journal of sediment research, 34 (2), pp.95-107. <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2018.09.001>.
- Kaffas, K., Papaioannou, G., Varlas, G., Al Sayah, M.J., Papadopoulos, A., Dimitriou, E., Katsafados, P., and Righetti, M., 2022. Forecasting soil erosion and sediment yields during flash floods: The disastrous case of Mandra, Greece, 2017. Earth Surface Processes and Landforms. <https://doi.org/10.1002/esp.5344>.
- Kisi, O., Karahan, M., and Sen, Z., 2006. River suspended sediment modeling using fuzzy logic approach. Hydrological Process. 20 (2) : 4351-4362. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hyp.6166>.
- Roushangar, K., Shahnazi, S., Azamathulla, H.M., 2023. Sediment Transport Modeling through Machine Learning Methods: Review of Current Challenges and Strategies. In: Pandey, M., Azamathulla, H., Pu, J.H. (eds) River Dynamics and Flood Hazards. Disaster Resilience and Green Growth. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7100-6_13.
- Sahoo, G.K., Sahoo, A., Samantara, S., Satapathy, D.P., Satapathy, S.C., 2023. Application of Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System and Salp Swarm Algorithm for Suspended Sediment Load Prediction. In: Bhateja, V., Sunitha, K.V.N., Chen, YW., Zhang, YD. (eds) Intelligent System Design. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 494. Springer, Singapore. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-19-4863-3_32.
- Satari, M.T., Rezazade Jodi, A., Safdari, F. & Ghahremanzadeh, F., 2015. Performance evaluation of M5 tree model and support vector regression methods in suspended sediment load modeling. Journal of Water and Soil Conservation, 6 (1) : 109-124 (in Persian). https://wsrj.srbiau.ac.ir/article_9469.html?lang=en
- Zhu, Y.M., Lu, X.X., & Zhou, Y., 2007. Suspended sediment flux modeling with artificial neural network: an example of the Longchuanjiang River in the Upper Yangtze Catchment, China. Geomorphology, 84 (3): 111-125. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.07.010>.
- Zounemat-Kermani, M., Kisi, O., Adamowski, J. and Ramezani-Charmahineh, A., 2016. Evaluation of data driven models for river suspended sediment concentration modeling. Journal of Hydrology, 535, pp. 457-472. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.02.012>.



Investigating the Two-Dimensional HEC-RAS Model Capability for Flood Risk Mapping in the Qarachai River in Ramian, Golestan Province

Mahbube Bai ^a, Nasser Tahmasbipour ^{b*}, Hossein Zeinivand ^c, Amir Sadoddin ^d, Mehdi Kahe ^e

^a PhD Candidate in Watershed Management Sciences, Lorestan University, Khoram Abad, Iran

^b Associate Professor in Hydrology, Lorestan University, Khoram Abad, Iran

^c Associate Professor in Hydrology, Lorestan University, Khoram Abad, Iran

^d Professor in Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

^e PhD in Water Science Eng. (Hydraulic Structures), Gorgan Iran.

Received: 27 February 2022

Revised: 15 May 2022

Accepted: 25 May 2022

Abstract

Changes in precipitation patterns and its intensity due to the global climate change has led to intensifying floods as the most occurrent natural disaster. Flooding cannot be fully prevented, but its impacts can be mitigated by accurately identifying flood-prone areas and implmenting appropriate risk-based management measures. The Qarachai Watershed, located in the upstream of the Gorganrood River Basin in Golestan Province, Iran, was chosen as the study area, which has experienced several flood events in recent decades. In this study, flood risk was assessed using the HEC-RAS, a two-dimensional hydraulic model. Flood discharge values occurred in the early 2019 were considered as model input, and based on ground truth, the manning roughness coefficient values were measured. To evaluate the results of the HEC-RAS model, some statistical criteria were used reflecting a good performance of the model. The analysis showed that by increasing the return period, the extent, depth, and amount of flood risk increase. Moreover, the analysis showed that the flood zone in 100 year return period, affects parts of Seyedkalate Village. Approximately, half of the flood zone identified in this study was attributed with very low-risk. The results of the study are used to adopt appropriate strategies and plans to adapt to climate change and as an appropriate tool for identifying flood exposed and flood-prone zones.

Keywords: Flood Hazard Mapping, HEC-RAS Model, Two-dimensional HEC-RAS Hydraulic Model, Flood Risk Management, Qarachai River, Golestan Province

*. Corresponding author: Nasser Tahmasbipour

Email: Tahmasebi.n@lu.ac.ir

Tel: +989125476873

How to cite this Article: Bai, M. Tahmasbipour, N. Zeinivand, H. Sadoddin, A. & Kahe, M. (2023). Investigating the two-dimensional HEC-RAS model capability for flood risk mapping in Qarachai River in Ramian, Golestan Province. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 187-203.
DOI: 10.22067/geoh.2022.75557.1185



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

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

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75557.1185>

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۲۰۳-۱۸۷

مقاله پژوهشی

بررسی قابلیت مدل دوبعدی HEC-RAS در تهیه نقشه خطر سیلاب در رودخانه قره‌چای رامیان، استان گلستان

محبوبه بای- دانشجوی دکتری مهندسی آبخیزداری، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

ناصر طهماسبی پور^۱- دانشیار، هیدرولوژی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

حسین زینی‌وند- دانشیار، هیدرولوژی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

امیر سعدالدین- استاد، مدیریت آبخیز، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

مهدی کاهه- دکتری منابع آب (سازه‌های هیدرولیکی)، شرکت سهامی آب منطقه‌ای گلستان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۲/۲۵ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۳/۴

چکیده

تغییرات در الگوها و شدت‌های بارش ناشی از تغییر اقلیم جهانی موجب تشدید رخداد‌های سیل به‌عنوان یکی از رایج‌ترین بلای طبیعی در سطح دنیا شده است. این در حالی است که بشر نمی‌تواند جلوی بروز سیل را بگیرد، اما می‌تواند اثرات این مخاطره را با شناسایی دقیق مناطق مستعد سیل و اجرای اقدامات مدیریت ریسک محور کاهش دهد. حوزه آبخیز قره‌چای یکی از سرشاخه‌های حوضه گرگانرود در استان گلستان به‌عنوان منطقه مورد مطالعه انتخاب شد که رخداد‌های سیلابی متعددی را تجربه نموده است. در این مطالعه خطر سیل با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS دوبعدی ارزیابی شده است. بدین‌منظور مقادیر دبی رخداد سیلابی سال ۱۳۹۷ به‌عنوان ورودی مدل مذکور انتخاب شدند و بهینه‌سازی ضرایب زبری مانینگ مطابق با شواهد موجود انجام شد و سپس واسنجی مدل انجام شد. شاخص‌های آماری مورد استفاده در ارزیابی مدل همگی توصیف‌کننده شبیه‌سازی خوب آن می‌باشند. نتایج نشان داد با افزایش دوره بازگشت سیل، گستره، عمق و میزان خطر ناشی از آن افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که با در نظر گرفتن دوره

Email: Tahmasebi.n@lu.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۵۴۷۶۸۷۳

نحوه ارجاع به این مقاله:

بای، محبوبه؛ طهماسبی پور، ناصر؛ زینی‌وند، حسین؛ سعدالدین، امیر؛ کاهه، مهدی. (۱۴۰۲). بررسی قابلیت مدل دو بعدی HEC-

RAS در تهیه نقشه خطر سیلاب در رودخانه قره‌چای رامیان، استان گلستان. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۲(۴) ۱۸۷-۲۰۳.

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75557.1185>

بازگشت صدسال در مطالعه حاضر، پهنه سیلاب بخش‌هایی از روستای سیدکلاته را تحت تأثیر قرار داده است. در نقشه پهنه‌بندی خطر سیل، حدود نیمی از بازه مورد مطالعه در کلاس بسیار کم خطر (کلاس یک) قرار دارند. نتایج مطالعه به منظور اتخاذ راهبردها و برنامه‌های مناسب با هدف سازگاری با شرایط تغییر اقلیم و به عنوان ابزار مناسب برای شناسایی مناطق مستعد و در معرض خطر سیل کاربرد دارد.

کلیدواژه‌ها: نقشه خطر سیل، مدل HEC-RAS دوبعدی، مدیریت ریسک سیل، رودخانه قره‌چای، استان گلستان.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر تحقیقات اقلیمی گسترده‌ای به منظور پیش‌بینی تغییرات الگو و شدت بارش جهانی تا پایان قرن ۲۱ انجام شده است. نتایج مطالعات حاکی از افزایش بارندگی در مناطق مختلف دنیا است. تغییرات ناگهانی در الگوهای بارش و شدت آن منجر به بروز خطرات طبیعی از قبیل سیل، خشکسالی، زمین لغزش ناشی از بارش می‌شود. از این بین سیلاب‌ها بیشترین فراوانی و بالاترین خطر^۱ را به خود اختصاص داده است (رنجری و همکاران^۲، ۲۰۱۹) و مطالعات انجام شده در زمینه تغییر اقلیم بر افزایش تعداد افراد در معرض سیل دلالت دارند (تلمن و همکاران^۳، ۲۰۲۱)، به طوری که در طول ۲۰ سال گذشته، سیل رایج‌ترین بلای طبیعی محسوب می‌شده است و ۴۳ درصد از وقوع کلیه مخاطرات طبیعی (جوهااسپر و همکاران^۴، ۲۰۱۵؛ دی‌بلداساری و همکاران^۵، ۲۰۱۰) مربوط به آن است. سیل‌ها یکی از عوامل بالقوه مرگ و میر مردم و جابجایی آن‌ها از مسکن خود در سطح جهان هستند که ضمن آسیب به محیط‌زیست، اقتصاد، توسعه اقتصادی آن منطقه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (دی‌بلداساری و همکاران^۶، ۲۰۱۰). در حالی که نمی‌توان جلوی وقوع سیل را گرفت، اما اثرات این مخاطره را می‌توان با شناسایی دقیق مناطق مستعد سیل و اقدامات مدیریتی ریسک محور کاهش داد. مدیریت ریسک محور سیل به عنوان روشی مناسب برای مواجهه با مخاطرات محیطی، محیط‌زیستی و خطرات ایجاد شده توسط انسان تعریف می‌شود (پلت^۷، ۲۰۰۲). شناخت فرایندهای سیلابی شدن بر حسب اندازه سیل، عمق طغیان، سرعت جریان و زمان رسیدن سیل در تدوین استراتژی‌های کاهش خطر سیل ضرورت دارد (ساهو و سجا^۸، ۲۰۱۷)؛ بنابراین اتخاذ هر نوع اقدامی نیاز به کسب اطلاعات در مورد ویژگی‌های سیل با پیش‌بینی دقیق به وسیله مدل است (امری و بریتا^۸، ۲۰۲۰).

1 Hazard

2 Rangari et al.

3 Tellman et al.

4 Guha-Sapir et al.

5 Di Baldassarre et al.

6 Plate

7 Sahoo and Sreeja

8 Amrei and Britta

مدیریت مؤثر سیلاب نیازمند نقشه طغیان^۱ سیل، تخمین احتمالی از آسیب و ریسک سیل در پهنه سیلاب و ارائه طرح جامع برای کاهش ریسک سیل است. نقشه خطر یک جزء مهم در مدیریت کارآمد ریسک به دلیل فراهم کردن اطلاعات عمق و پهنه سیل محسوب می‌شود (شهیری پارسا و همکاران^۲، ۲۰۱۶).

به‌منظور بررسی رفتار و ویژگی‌های سیل برای دشت‌های سیلابی و خطرات آن‌ها دو نوع رویکرد متمایز وجود دارد: الف) استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های تاریخی ثبت شده (داغاب و علائم سیل) که در مواقع کمبود داده و عدم وجود آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. ب) استفاده از مدل‌های عددی برای شبیه‌سازی جریان‌های سیلابی که مورد اخیر به دلیل توانایی بیشتر در ارائه نتایج خوب، قابل قبول‌تر است و انعطاف‌پذیری آن باعث شده رفتارها و ویژگی‌های سیل به‌وضوح مشخص و بررسی شود (ترین و ملکتین^۳، ۲۰۲۱). از سویی توسعه مدل‌های هیدرولیکی همیشه یک ابزار و گام ضروری در آنالیز سیلاب‌ها می‌باشند. در سال‌های اخیر، عمدتاً از مدل‌های هیدرولیکی یک‌بعدی و دوبعدی به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی سیل و ارزیابی خطر سیل استفاده می‌شود. اونقداز و همکاران^۴، ۲۰۲۰ در رودخانه یسیل (اشیم)^۵ قزاقستان اقدام به شبیه‌سازی پهنه سیلاب با مدل دوبعدی HEC-RAS نمودند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد تغییر اندازه شبکه‌ها در عملکرد مدل تغییر چندانی ایجاد نمی‌کند. همچنین بر اساس نقشه‌های تهیه شده پهنه‌بندی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف مورد مطالعه و طبقه‌بندی مناطق خطر سیل، مناطق مسکونی در بخش‌هایی از پایتخت قزاقستان در تمامی دوره بازگشت‌ها در زیر طغیان سیل قرار داشتند. امری و بریتا^۶ (۲۰۲۰) طی مطالعه‌ای در حوزه آبخیز فیش‌باخ^۷ در جنوب آن به مقایسه رویکردهای هیدرولوژیکی و هیدرودینامیکی (دو رویکرد یکپارچه و جداشده^۸) به‌منظور تهیه نقشه خطر سیلاب پرداختند. هیدرولوژی حوزه آبخیز با استفاده از مدل‌های نیمه‌توزیعی بارش رواناب Hec HMS تعیین و نقشه خطر سیل با استفاده از هیدروگراف‌های زیرحوزه‌ها در یک مدل هیدرودینامیکی HEC-RAS دوبعدی تهیه شد. نتایج مطالعه نشان می‌دهد رویکرد جدا شده نتایج بهتری در هیدروگراف نسبت به رویکرد یکپارچه نشان می‌دهد. پوینز و تیم^۹ (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای در بازه رودخانه به‌اندازه پنج کیلومتر عملکرد چهار مدل هیدرولیکی بر اساس گستره و ارتفاع سیل به‌منظور شبیه‌سازی رخداد سیل با هدف تولید نقشه‌های مناطق سیل‌زده در رودخانه سانتا باربارا^۹ واقع در

1 Inundation mapping

2 Shahiri Parsa et al.

3 Trinh and Molkenthin

4 Ongdas et al.

5 River Yesil (Ishim)

6 Fischbach

7 Decoupled and Integrated approach

8 Pinos and Timbe

9 Santa Barbara

آنداکوادور^۱ در نزدیکی شهر گوالاستو^۲ را مورد مقایسه قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد در دوره بازگشت‌های ۲ و ۵۰ سال، به ترتیب مدل‌های HEC-RAS 2D، Flood Modeller 2D، Iber 2D و PCSWMM 2D عملکرد بهتری را نشان می‌دهند. رنجری و همکاران^۳ (۲۰۱۹) به ارزیابی ریسک آبگرفتگی در سیلاب‌های شهری با استفاده از مدل HEC-RAS دوبعدی در حیدرآباد هندوستان پرداختند. نتایج نشان داد ۱۷ درصد از مناطق هدف موردمطالعه در معرض سیل قرار دارند که عمدتاً در کلاس ریسک متوسط قرار دارند. کومار و همکاران^۴ (۲۰۱۹) از مدل HEC-RAS دوبعدی و سیستم جهانی پایش سیل^۵ گستره سیل و نواحی با ریسک‌های مختلف در رودخانه گانا و یامانا^۶ شهر پارایاگراجی^۷ هند را بررسی کردند. نتایج نشان داد که خروجی مدل HEC-RAS دوبعدی و سیستم پایش جهانی با داده‌های مشاهداتی مطابقت دارد. آرنل و گاسلینگ^۸ (۲۰۱۳) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر ریسک سیل‌های رودخانه‌ای در مقیاس جهانی با استفاده از چهار شاخص تغییر بزرگی و دوره بازگشت دبی اوج سیل، جمعیت موجود در مناطق سیل‌زده و زمین‌های زراعی در معرض سیل پرداختند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد، تحت مدل تغییر اقلیم و سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای و اقتصادی اجتماعی در سال ۲۰۵۰ سیل‌های کنونی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال در ۴۰ درصد سطح دنیا حداقل دو برابر بیشتر اتفاق خواهد افتاد و ۴۵۰ میلیون نفر در مناطق سیل‌زده قرار می‌گیرند و ۴۳۰ هزار کیلومترمربع از مزارع جزو مناطق سیل‌زده و در معرض دو برابر شدن فراوانی سیل خواهند بود. قنبرپور و همکاران^۹ (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به واسنجی مدل هیدرولیکی HEC-RAS براساس داده‌های مشاهداتی اندازه‌گیری شده برای رخداد سیل ناگهانی سال ۱۹۹۹ با دوره بازگشت ۲۰۰ سال و با استفاده از ضریب زبری مانینگ^۹ پرداختند. نتایج مقایسه بین عمق آب رخداد سیل شبیه‌سازی شده و مقادیر بهینه ضریب زبری مانینگ همبستگی معنی‌داری را نشان می‌دهد.

مرور منابع انجام شده همگی بر عملکرد مطلوب مدل HEC-RAS دوبعدی به‌منظور ارزیابی ریسک سیل و نیز تهیه نقشه خطر سیلاب دلالت دارد. لذا در مطالعه حاضر نیز از مدل مذکور به‌منظور شبیه‌سازی سیلاب استفاده شد. با توجه با متأثر بودن استان گلستان همچون سایر نقاط کشور و جهان از رخدادهای سیلابی ناشی از تغییر اقلیم و تشدید خسارات ناشی از آن ارزیابی ریسک سیل و تهیه نقشه خطر در آن ضرورت دارد. ازاین‌بین حوزه آبخیز قره‌چای شهرستان رامیان به دلیل تجربه رخدادهای سیلابی رودخانه‌ای و ناگهانی متعددی به‌عنوان حوضه موردمطالعه

1 Ecuadorian Andes

2 Gualaceo

3 Kumar et al.

4 Global Flood Monitoring System (GFMS)

5 Ganga and Yamuna

6 Prayagraj

7 Arnell and Gosling

8 Ghanbarpour et al.

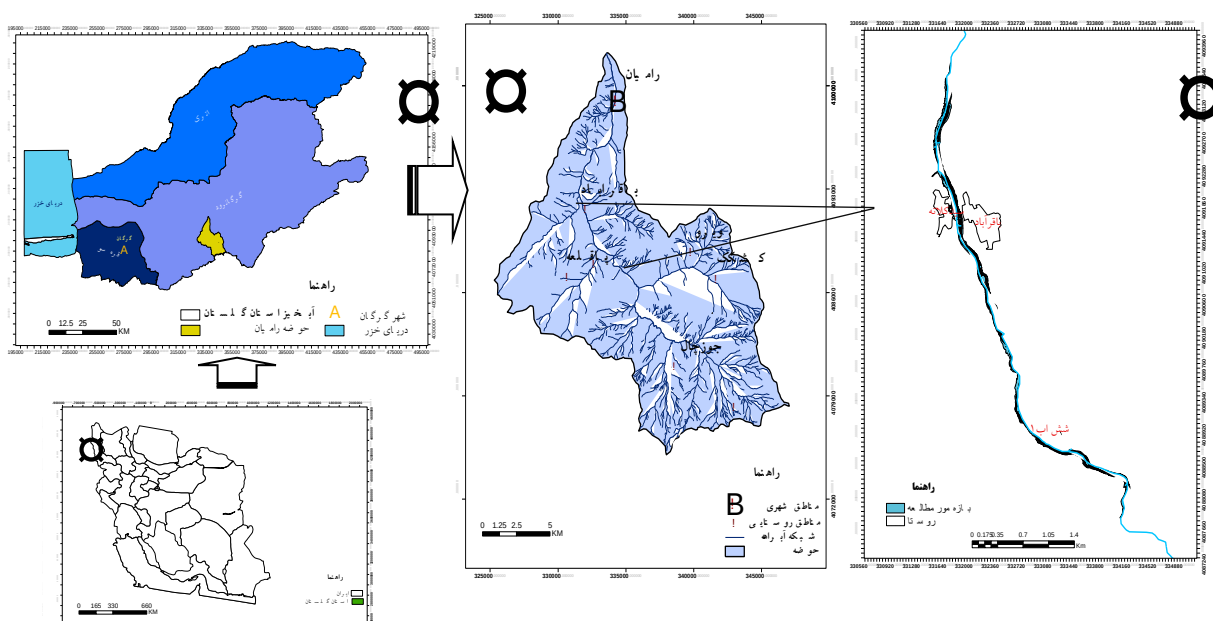
9 Manning's roughness coefficient

انتخاب شد، به طوری که بزرگترین رخداد ناگهانی سال ۱۳۹۳ در استان گلستان در این حوزه ثبت شده است، لذا تهیه نقشه خطر و مناطق طغیان سیل یک ابزار مدیریتی مناسب برای شناسایی مناطق سیل زده و در معرض سیل محسوب می شود تا به منظور سازگاری با شرایط تغییر اقلیم و بروز رخدادهای سیلابی ناشی از آن، بتوان برنامه ها و استراتژی هایی مناسب اتخاذ کرد. مطالعه حاضر به ارزیابی خطر سیل و تهیه نقشه آن با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS دوبعدی برای بازه ای از رودخانه قره چای رامیان استان گلستان پرداخته است. برخلاف کاربردهای رایج برای انتشار سیل در بازه مذکور، نسخه HEC-RAS ۵.۰.۷ چندان در ادبیات مورد استفاده قرار نگرفته است و قابلیت و پتانسیل مدل در شبیه سازی سیلاب مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرد.

۲- مواد و روش

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز قره چای به مختصات $36^{\circ} 05' 37''$ طول شرقی و $55^{\circ} 02' 24''$ تا $55^{\circ} 16' 47''$ عرض شمالی، یکی از سرشاخه های حوزه رودخانه ای گرگانرود در استان گلستان به مساحت ۲۴۸۱۶۵ هکتار به شمار می آید. حداقل و حداکثر ارتفاع آن به ترتیب ۲۸۵۰ متر و ۱۵۰ متر از سطح دریا متغیر می باشد (اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان، ۱۳۸۶). میانگین بارندگی سالانه حوزه قره چای رامیان ۸۶۰/۳ میلی متر است. با توجه به تأثیرپذیری حوزه آبخیز قره چای از عوامل طبیعی و نیز عوامل انسانی از قبیل شیب زیاد منطقه، غالب بودن سازند حساس خوش بیلاق، تجربه وقوع بارش های نقطه ای^۱، عدم رعایت اصول صحیح کشاورزی در اراضی شیب دار کم بازده، بهره برداری نادرست از معادن، ایجاد خطوط ارتباطی بدون در نظر گرفتن اصول فنی در جاده سازی، استقرار سکونت گاه ها در مخروطه افکنه ها و خروجی حوزه های آبخیز، رخدادهای سیلاب رودخانه ای و ناگهانی به همراه خسارات قابل ملاحظه به وقوع پیوسته است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز رامیان در کشور و استان گلستان

۲-۲- روش انجام پژوهش

۲-۲-۱- تهیه هیدروگراف سیل صدساله

مقادیر بارش با دوره بازگشت صدساله از منحنی شدت، مدت و فراوانی^۱ به روش وزیری (وزیری، ۱۳۶۳) استخراج و سپس از مدل HEC-HMS^۲ برای شبیه‌سازی فرایندهای هیدرولوژیکی جریان و تهیه هیدروگراف سیل با دوره بازگشت صدسال برای زیرحوزه‌های منتهی به بازه مورد مطالعه براساس روش سرویس حفاظت منابع طبیعی^۳ آمریکا و محاسبه شماره منحنی^۴ استفاده شد. بر اساس شرایط حاکم در منطقه، حوزه آبخیز قره‌چای به ۱۶ زیرحوزه آبخیز تقسیم شد.

۲-۲-۲- روندیابی جریان سیلابی با استفاده از مدل دوبعدی HEC-RAS

به منظور تعیین ژئومتری و ویژگی‌های هیدرولیکی سطوح دوبعدی جریان از لایه هندسی زمین^۵ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Woldview-۲ سال ۲۰۱۶ با قدرت تفکیک مکانی نیم‌متر برای بازه مورد مطالعه به طول هفت

1 Intensity Duration Frequency Curve (IDF)

2 Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modelling System (HEC-HMS) model

3 Natural Resources Conservation Service (NRCS)

4 Curve Number (CN)

5 Terrain layer

کیلومتر نقشه DEM^۱ تهیه شد و در ادامه لایه مذکور با استفاده از تعدادی نقاط کنترلی و بازه‌های موردبررسی با دوربین نقشه‌برداری میدانی، صحت‌سنجی نقشه مذکور انجام شد. مقادیر دبی ساعتی ثبت شده رخداد سیلابی اسفند ۱۳۹۷ و مرداد ۱۳۹۶ در ایستگاه هیدرومتری حوزه آبخیز قره‌چای به‌عنوان واقعه مشاهداتی به ترتیب برای مرحله واسنجی و اعتبارسنجی مدل^۲ در نظر گرفته شد و سپس از مقادیر هیدروگراف تهیه شده از خروجی مدل HEC-HMS برای دوره بازگشت صدسال مدل برای شبیه‌سازی جریان در دوره بازگشت مذکور استفاده شد. دوره بازگشت صدسال به‌عنوان دوره بازگشت استاندارد و پایه در محاسبات سیل و مدیریت ریسک سیل توسط بسیاری از مؤسسات و بسیاری از آژانس‌ها (اتحادیه مدیران امور سیلاب دولت^۳، ۲۰۰۴) انتخاب و مبنای مطالعه حاضر قرار گرفت.

۲-۳- مدل دوبعدی HEC-RAS

مدل دوبعدی HEC-RAS یکی از متداول‌ترین نرم‌افزارهای مدل‌سازی سیلاب در شبیه‌سازی هیدرودینامیکی است که به‌وسیله مرکز مهندسی هیدرولوژیکی ارتش آمریکا^۴ تولید شده است. توسعه روش‌های عددی بیشتر و قبل‌اعتمادتر، قدرت محاسباتی کارآمدتر و تکنیک‌های جدید تهیه نقشه توپوگرافی منجر به افزایش استفاده از مدل‌های دوبعدی در شبیه‌سازی رخدادهای سیلابی شده است، به‌طوری‌که باوجود اینکه زمان لازم برای پردازش کمتر شده است، ولی از دقت مناسب برخوردار است. مدل‌های یک‌بعدی از کارایی و توانایی تولید فرایندهای درون کانال‌ها برخوردار هستند، ولی مشکلات از زمانی شروع می‌شود که جریان سیلابی از کناره‌های کانال سرریز^۵ نموده و وارد دشت سیلابی می‌شود (پوینز و تیم، ۲۰۱۹ و کاستیل و همکاران^۶، ۲۰۲۰). از بین مدل‌های دوبعدی، مدل دوبعدی HEC-RAS که از معادلات با مبنای فیزیکی^۷ استفاده می‌نماید که یکی بهترین مدل‌های شناخته شده و پرکاربرد در ادبیات علمی و کاربردی محسوب می‌شود (کاستیل و همکاران، ۲۰۲۰). همچنین به دلیل غالب بودن بعد افقی بر عمودی در آن، مدل مذکور می‌تواند توصیف واقع‌بینانه‌تری را از سیستم ارائه دهد (پوینز و تیم، ۲۰۱۹). در مدل مذکور از معادلات دوبعدی سنت‌ونانت^۸ یا معادلات موج پخشیدگی دوبعدی برای شبیه‌سازی جریان استفاده می‌کنند. به‌طور کلی معادلات موج پخشیدگی دوبعدی موجب اجرای مدل با سرعت بیشتری می‌شود و پایداری آن به‌مراتب بیشتر است. معادلات دوبعدی سنت‌ونانت دوبعدی برای محدوده وسیعی از مسائل قابل کاربرد هستند، هر

1 Digital Elevation Model (DEM)

2 Model calibration and validation

3 Association of State Floodplain Managers

4 U. S. Army Engineer Hydrologic Engineering Center (HEC)

5 Overbank flow

6 Costabile et al.

7 Physically- Based

8 Saint-Venant's Sain

چند در بسیاری از مدل‌سازی‌ها معادلات موج پخشیدگی در مقایسه با معادلات موج دیفیوژن نتایج دقیق‌تری را ارائه می‌دهند. در مدل دوبعدی HEC-RAS این امکان وجود دارد تا بتوان با داده‌های در دسترس و نوع پروژه موردنظر یکی از دو روش را انتخاب نمود (سیستم آنالیز رودخانه‌ای^۱ HEC-RAS، ۲۰۱۶). HEC-RAS یک ابزار پیچیده است که شامل تعداد زیادی برنامه برای مدل یک‌بعدی است و اخیراً معادلات آب‌های کم‌عمق^۲ دوبعدی را به‌طور کامل که به شرح زیر نوشته شده است حل می‌کند (تبارک^۳، ۲۰۲۱؛ کاستیل و همکاران، ۲۰۲۰؛ مویاکویرا و همکاران^۴، ۲۰۱۶ و برانر^۵، ۲۰۱۶).

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial \rho}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = r \quad \text{رابطه (۱)}$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial q}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) = - \frac{n^2 pg \sqrt{p^2 + q^2}}{h^2} - gh \frac{\partial H}{\partial x} + pf + \frac{\partial}{\partial \rho \partial x} (h \tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial \rho \partial x} (h \tau_{xy}) \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) = - \frac{n^2 qg \sqrt{p^2 + q^2}}{h^2} - gh \frac{\partial H}{\partial y} + qf + \frac{\partial}{\partial \rho \partial x} (h \tau_{xy}) + \frac{\partial}{\partial \rho \partial y} (h \tau_{yy}) \quad \text{رابطه (۳)}$$

که در آن $H(x,y,t) = z(x,y) + h(x,y,t)$ ارتفاع سطح (m)، Z: ارتفاع سلول در مختصات کاترین^۶ x و y و h: عمق آب (m)، $p = hu$ and $q = hv$ ، p جریان ویژه در جهت x و y (m² s⁻¹)، u و v به ترتیب سرعت‌ها در x و y: شبکه باران^۷ (m)، g: شتاب ثقل (ms⁻²)^۸، n: ضریب زبری مانینگ (s m^{-1/3})، ρ چگالی آب (kg m⁻³)^۹، τ_{xx} ، τ_{yy} و τ_{xy} : اجزای فشار تانسور^{۱۰}، f: پارامتر کوریولیس (s⁻¹). زمانی که موج دیفیوژن انتخاب شده است.

شرایط مرزی بالادست و پایین‌دست در بازه مورد مطالعه، به‌منظور تعیین مقادیر شرایط مرزی برای شبیه‌سازی جریان رودخانه غیرماندگار بر اساس رخدادهای مشاهداتی و هیدروگراف شبیه‌سازی از مدل HEC-HMS برای دوره بازگشت تعیین شدند. از ضریب زبری مانینگ که یک پارامتر مهم هیدرولیکی در مدل HEC-RAS است که برای واسنجی مدل استفاده شد. در طول جریان، محاسباتی مربوط به سطوح دوبعدی مورد استفاده قرار گرفت تا مشخصات هیدرولیکی جریان در هر سلول به دست آید. به‌منظور ساخت نقشه توزیع مکانی ضریب زبری^{۱۱} منطقه مورد مطالعه از نقشه کاربری از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۲۰۱۹ و سنتینل ۲۰۱۹ A۲ در محیط GIS استفاده

1 HEC-RAS River Analysis System

2 Shallow Water Equations

3 Tabarak

4 Moya Quiroga et al.

5 Brunner

6 Cartesian coordinate

7 Net rain

8 Gravity acceleration

9 Water density

10 Stress tensor

11 Spatial Distribution of Manning Coefficient

شد و مقادیر ضریب مانینگ کاربری‌های موجود طی بازدیدهای میدانی، بر اساس مطالعات (چو^۱، ۱۹۵۹ و آرسمنت و اشنایدر^۲، ۱۹۸۹) و نیز تأیید کارشناسان و متخصصین تعیین شد (جدول ۱). مقادیر ضریب مانینگ برای رودخانه قره‌چای بر اساس تقسیم زیرحوزه به مقاطع طولی و به روش کوان^۳ تعیین شد (رابطه ۴).

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5 \quad \text{رابطه ۴}$$

که در آن n ضریب زبری مانینگ، n_0 مقدار پایه برای کانال صاف، یکنواختی و مستقیم در مواد طبیعی، n_1 : ضریب مربوط به آثار نامنظمی مقاطع عرضی، n_2 ، چگونگی تغییرات در اندازه و شکل کانال، n_3 : وجود موانع در مسیر کانال، n_4 نوع و تراکم پوشش گیاهی، m_5 درجه مؤندری بودن مسیر است (آرسمنت و اشنایدر، ۱۹۸۹).

۲-۲-۴- واسنجی و اعتبارسنجی مدل

در شبیه‌سازی جریان سیلابی ضریب زبری مانینگ رودخانه حساس‌ترین پارامتر محسوب می‌شود. برای شبیه‌سازی رودخانه با استفاده از مدل HEC-RAS دویعدی در بازه مورد نظر، مقادیر مذکور رودخانه و دشت‌های سیلابی لازم است با تنظیم مجموعه‌ای از پارامترها تابع هدف^۴ بهینه‌سازی شوند (تبارک و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین کمبود و عدم دسترسی به سوابق ثبت شده سیل، واسنجی مدل را با مشکل جدی مواجه می‌نماید، لذا بر اساس داده‌های داغاب، عمق سیل و سطح بالای تراز سیل انجام می‌شود (پوینز و تیم، ۲۰۱۹ و نعیم و همکاران^۵، ۲۰۲۱). در مطالعه حاضر واسنجی مدل بر اساس بهینه‌سازی مقادیر ضریب زبری مانینگ براساس داغاب‌های موجود در منطقه و جمع‌آوری اطلاعات محلی مربوط به رخداد سیلاب ۱۳۹۷ انجام گرفت و با ثابت در نظر گرفتن ضرایب بهینه شده مانینگ، مدل بر اساس رخداد سال ۱۳۹۶ اعتبارسنجی شد.

۲-۲-۵- ارزیابی مدل

به منظور ارزیابی مدل HEC-RAS دویعدی از شاخص‌های آماری مختلف استفاده می‌شود، شاخص‌های مورد استفاده در مطالعه حاضر عبارتند از: شاخص کارایی نش ساتکلیف^۶: اهمیت نسبی واریانس مقادیر شبیه‌سازی شده را در مقایسه با واریانس داده‌های مشاهداتی نشان می‌دهد و مقدار آن از منفی بی‌نهایت تا یک تغییر می‌نماید (رابطه ۵). اگر مقدار NSE برابر با یک باشد نشان‌دهنده این است که تناسب کامل بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی وجود

1 Chow

2 Arcement and Schneider

3 Cowan

4 Objective function

5 Naeem et al.

6 Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE)

دارد، اگر مقادیر بین ۰/۳۶ تا ۰/۷۵ باشد، نتایج مدل رضایت‌بخش به شمار می‌آید و در صورتی که مقادیر بیش از ۰/۷۵ باشد، نتایج مدل خوب خواهد بود (مک‌ایتایر و القریشی^۱، ۲۰۰۹). شاخص توافق^۲ d: شاخص مذکور توسط ویلموت (۱۹۸۱) به عنوان معیار استاندارد شده برای تعیین میزان خطای پیش‌بینی شده مدل توسعه یافت (رابطه ۶) که مقدار آن بین صفر تا یک متغیر است (موریسی^۳ و همکاران، ۲۰۰۷ و سولر و همکاران^۴، ۲۰۰۷). هرچقدر مقادیر شاخص توافق به یک نزدیک‌تر باشند، عملکرد شبیه‌سازی مدل بهتر است (سولر و همکاران، ۲۰۰۷). از آنجایی که هر دو شاخص کارایی نش‌ساتکلیف و شاخص توافق بسیار تحت تأثیر مقادیر با ارزش‌های بالا هستند، به منظور کاهش خطا از معیارهای کارایی نسبی چون انحراف نسبی شاخص کارایی نش‌ساتکلیف^۵ (رابطه ۷) و انحراف نسبی شاخص توافق^۶ (رابطه ۸) استفاده شد. انحراف نسبی شاخص کارایی نش‌ساتکلیف و انحراف نسبی شاخص توافق بین صفر و یک متغیر است، مقدار شاخص صفر و یک به ترتیب نشان‌دهنده عدم توافق و توافق است. (نعیم و همکاران، ۲۰۲۱، رپسو و همکاران^۷، ۲۰۱۲؛ فقات و همکاران^۸، ۲۰۱۶؛ کروس و همکاران^۹، ۲۰۰۵).

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_m^t - Q_o^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_o^t - Q_{mean}^t)^2} \quad \text{رابطه (۵)}$$

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - Q_i)^2}{\sum_{i=1}^n ([P - Q_{mean}] + [Q_i - Q_{mean}])^2} \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$E_{rel} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i - P_i}{Q_i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i - Q_{mean}}{Q_{mean}} \right)^2} \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$d_{rel} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i - P_i}{Q_{mean}} \right)^2}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{([P - Q_{mean}] + [Q_i - Q_{mean}])}{Q_{mean}} \right)^2} \quad \text{رابطه (۸)}$$

که در آن Q_{mean} میانگین عمق آب مشاهداتی، Q_m : عمق آب شبیه‌سازی شده، Q_o^t : عمق آب مشاهداتی در زمان است (مک‌ایتایر و القریشی، ۲۰۰۹ و موریسی و همکاران، ۲۰۰۷).

1 McIntyre and Al-Qurashi

2 Agreement

3 Moriasi et al.

4 Soler et al.

5 Relative deviations of Nash–Sutcliffe efficiency (Erel)

6 Relative deviations of Agreement (drel)

7 Raposo et al.

8 Phogat et al.

9 Krause et al.

۳- نتایج و بحث

مقادیر ضریب مانینگ در طول جریان محاسباتی مربوط به سطوح دوبعدی برای تعیین مشخصات هیدرولیکی جریان در هر سلول مورد استفاده قرار می‌گیرد. **جدول ۱** مقادیر ضریب زبری مانینگ کاربری‌های مختلف و بازه مورد مطالعه رودخانه قره‌چای (هفت کیلومتر) نشان می‌دهد. همچنین نتایج مطالعه حاضر بر مبنای چهار شاخص ارزیابی عملکرد مدل در مرحله واسنجی در **جدول ۲** ارائه شده است. بررسی شاخص NSE نشان از تناسب کامل بین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی در مرحله واسنجی و نتایج رضایت‌بخش در مرحله اعتبارسنجی می‌شود و در بقیه شاخص‌های مورد بررسی نتایج بررسی شاخص‌های مورد استفاده همگی توصیف‌کننده شبیه‌سازی قابل قبول توسط مدل می‌باشد.

جدول ۱- مقادیر ضریب مانینگ کاربری‌های مختلف در حوزه قره‌چای رامیان

ردیف	نام کاربری	مقدار ضریب زبری مانینگ	ردیف	نام کاربری	مقدار ضریب زبری مانینگ
۱	اراضی زراعی	۰.۱۲۷۰	۱۶	بازه رودخانه ۸	۰.۰۶۱۰۵
۲	دشت سیلابی	۰.۰۶۰۰۰	۱۷	بازه رودخانه ۹	۰.۱۰۶۲۰
۳	جنگل	۰.۲۰۰۰۰	۱۸	بازه رودخانه ۱۰	۰.۱۰۲۱۰
۴	فعالیت کشاورزی	۰.۱۲۷۰۰	۱۹	بازه رودخانه ۱۱	۰.۰۶۶۸۰
۵	اراضی محدوده روستا	۰.۱۰۰۰۰	۲۰	بازه رودخانه ۱۲	۰.۰۶۶۸۰
۶	مناطق مسکونی	۰.۲۰۰۰۰	۲۱	بازه رودخانه ۱۳	۰.۰۸۷۰۰
۷	مناطق اداری	۰.۰۵۰۰۰	۲۲	بازه رودخانه ۱۴	۰.۰۸۷۰۰
۸	باغ	۰.۱۰۰۰۰	۲۳	بازه رودخانه ۱۵	۰.۰۹۹۰۰
۹	بازه رودخانه ۱	۰.۱۰۲۱۰	۲۴	بازه رودخانه ۱۶	۰.۱۰۲۱۰
۱۰	بازه رودخانه ۲	۰.۱۰۶۲۰	۲۵	بازه رودخانه ۱۷	۰.۱۰۲۱۰
۱۱	بازه رودخانه ۳	۰.۰۸۴۶۰	۲۶	بازه رودخانه ۱۸	۰.۰۷۶۰۰
۱۲	بازه رودخانه ۴	۰.۰۸۷۰۰	۲۷	بازه رودخانه ۱۹	۰.۱۰۲۱۰
۱۳	بازه رودخانه ۵	۰.۰۸۷۰۰	۲۸	بازه رودخانه ۲۰	۰.۰۹۳۸۰
۱۴	بازه رودخانه ۶	۰.۰۸۷۰۰	۲۹	جاده	۰.۰۱۳۰۰
۱۵	بازه رودخانه ۷	۰.۰۶۶۸۰	۳۰	آبراهه	۰.۰۳۷۰۰

جدول ۲- مقادیر شاخص‌های ارزیابی عملکرد مدل HecRas در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی حوزه قره‌چای

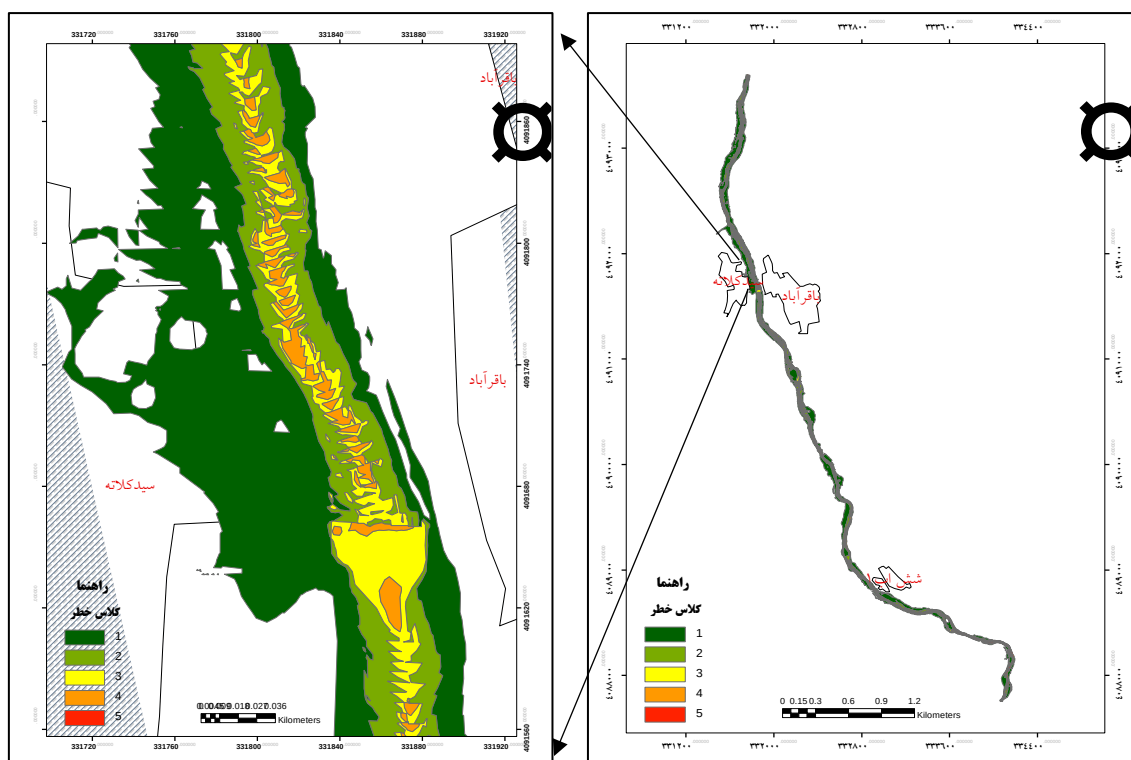
رامیان

شاخص کارایی نش سانکلیف (E)	شاخص توافقی (d)	انحراف نسبی شاخص کارایی نش سانکلیف (Erel)	انحراف نسبی شاخص توافقی (d rel)	سال وقوع رخداد سیلابی
۰.۶۸	۰.۹۹	۰.۷۷	۰.۶۸	۱۳۹۷ مرحله واسنجی
۰.۴۷۸	۰.۹۹	۰.۸۷۳	۰.۸۵	۱۳۹۶ مرحله اعتبارسنجی

نقشه خطر سیلاب نیز شامل ترکیب نقشه عمق، سرعت و تداوم سیل برای جریان سیلابی با دوره بازگشت صدساله می‌باشند. خروجی مدل HEC- RAS عمدتاً برای تهیه نقشه طغیان و نقشه خطر سیل استفاده می‌شود که دامنه تغییرات آن در پنج کلاس تعریف می‌شود (نعیم و همکاران، ۲۰۲۱؛ تبارک و همکاران، ۲۰۲۱) که درجات خطر در نقشه پهنه بندی شده (شکل ۲) و فراوانی آن در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که عمده کلاس خطر سیل مربوط به کلاس اول به مساحت ۲۶۱۰ هکتار (۵۶۷ درصد) از پهنه قرار دارد که امتیاز نرمال شده آن صفر است که بر خطر بسیار کم عمده منطقه مورد مطالعه دلالت دارند.

جدول ۳- درجات خطر سیل در دوره برگشت صد سال در رودخانه قره‌چای

ردیف	درجه خطر	دوره بازگشت ۱۰۰ سال	
		مساحت (هکتار)	درصد فراوانی نسبی
۱	بسیار کم	۶.۱۰	۵۶.۷
۲	کم	۱۲.۳۹	۲۶.۹۵
۳	متوسط	۵.۰۷	۱۱.۰۳
۴	زیاد	۱.۹۶	۴.۲۶
۵	خیلی زیاد	۰.۴۲	۰.۹۱
جمع		۴۵.۹۶	۱۰۰



شکل ۲- نقشه خطر سیل برای سیلاب با دوره بازگشت صدساله رودخانه قره‌چای

۴- جمع‌بندی

سیلاب فرایندهای طبیعی ناشی از رخداد‌های حدی آب و هوایی هستند که طغیانی شدن دشت‌های سیلابی را منجر شده و خسارات اقتصادی، محیط‌زیستی و تلفات انسانی قابل توجهی را به بار می‌آورد. آنچه که مورد انتظار است این است که تغییر اقلیم بر فراوانی و پهنه سیلاب از طریق تأثیر آن بر شدت و سرعت چرخه هیدرولوژیکی تأثیر می‌گذارد (پوینز و تیم، ۲۰۱۹). یکی از نقشه‌های مورد نیاز برای ارزیابی ریسک سیل تعیین خطر سیلاب است که شامل احتمال وقوع سیل با بزرگی مشخص در یک دوره معین از زمان و مکان مشخص می‌باشد که با بررسی عوامل دیگر شامل در معرض قرارگرفتن که از ارزش اقتصادی زندگی انسان و دارایی‌های متأثر از پهنه سیلاب حکایت دارد و آسیب‌پذیری که درجه اجزای مختلف (مردم، ساختمان، زیرساخت، فعالیت‌های اقتصادی) است می‌توان به ارزیابی ریسک سیل یک منطقه دست یافت (فری^۱ و همکاران، ۲۰۲۰).

در این مطالعه از بررسی‌های عمق سیل رخداد ۱۳۹۷ و رخداد سیل با دوره بازگشت صد سال می‌توان نتیجه گرفت که با افزایش دوره بازگشت عمق سیلاب افزایش می‌یابد (پوینز و تیم، ۲۰۱۹) و عمده کلاس‌های خطر با

1 Ferri et al.

درجه بالا در مناطق میانی از بستر رودخانه در دوره بازگشت صد سال که عمیق‌ترین مناطق را تشکیل می‌دهند قرار دارند و حواشی رودخانه از میزان خطر کمتری برای مردم برخوردار است لذا از نظر مرگ یا جراحت، ناچیز است و انتظار می‌رود خسارات وارده به اموال نسبتاً کم باشد (دینه^۱ و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین با مقایسه پهنه سیل رخدادهای سال‌های ۱۳۹۶، ۱۳۹۷ و دوره بازگشت صدساله می‌توان اذعان داشت که با افزایش دوره بازگشت مناطق مسکونی واقع در روستای سیدکلاته متأثر از سیلاب می‌شوند (مایو-پتیل^۲ و همکاران، ۲۰۱۹). به‌طور کلی ظرفیت کانال برای عبور دبی با دوره بازگشت صد سال تقریباً کافی است ولی در بخش‌هایی از روستای سیدکلاته سیلاب از سمت چپ بازه رودخانه وارد روستا می‌شود. به‌طور کلی هدف از نقشه ریسک سیل و ارزیابی آن درک احتمال وقوع سیل با شدت خاص که در یک دوره زمانی طولانی رخ می‌دهد است و اینکه بتوان از انجام فعالیت‌های مدیریت ریسک که در پهنه سیل حمایت کرد.

همچنین بررسی مقادیر شاخص‌های ارزیابی مورد استفاده مدل دلالت بر موفق بودن شبیه‌سازی و روندیابی جریان سیلابی دارد و این مدل از دقت خوب و مناسبی برخوردار است. مدل دوبعدی HEC-RAS جریان غیریکنواخت را بسیار قابل‌اعتمادتر نسبت به سایر مدل‌ها شبیه‌سازی می‌کند اما خروجی‌ها نیاز هست تا با داده‌های مشاهداتی نظیر عمق و برآورد سرعت در نقاط مختلف واسنجی شوند. توانایی مدل برای تخمین‌های قابل‌اعتمادتر و روندیابی دقیق سیل بستگی به داده‌های مورد استفاده از قبیل DEM، مقادیر زبری و تنظیمات اجزای محدود مش^۳ دارد.

کمبرود سوابق و اطلاعات رخدادهای سیلابی گذشته یکی از چالش‌های پیشرو در شبیه‌سازی جریان سیلابی است، استفاده از مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک مناسب، اندازه مناسب و کافی برای مش محاسباتی و نیز لایه ضریب زبری در شبیه‌سازی مدل HEC-RAS دوبعدی به‌عنوان مدل پایه کمک شایانی می‌کند.

طی مطالعه حاضر مشخص شد حساسیت مقادیر زبری مانینگ در بستر رودخانه در دامنه مناسب در مقیاس رخداد سیل ۱۳۹۷ زیادتر می‌باشد. یکی از مهم‌ترین پارامترهای هیدرولیکی برای واسنجی مدل مورد استفاده ضریب زبری می‌باشد که بر اساس جداول موجود و نظرات کارشناسی که معیار مشخصی برای بهترین مقدار ضریب زبری است، انتخاب می‌شود. مدل دوبعدی HEC-RAS از وابستگی کمتری نسبت به اندازه ابعاد سلول محاسباتی برخوردار بوده و همین امر باعث می‌شود بتوان به‌صرفه هزینه کمتر در زمان کمتر به شبیه‌سازی مناسب جریان پرداخت. از آنجاکه تهیه نقشه خطر سیل با توجه به اطلاعات مهمی چون عمق آب، سرعت، تداوم وسعت پهنه سیل که در اختیار می‌گذارد و نشان‌دهنده شدت سیل و احتمال تجاوز مرتبط با آن‌ها در یک منطقه می‌باشند (دی‌بلداساری و

1 Dinh et al.

2 MiHu-Pintilie et al.

3 Mesh

همکاران، ۲۰۱۰ و ویگلیون و روگر^۱، ۲۰۱۵)، می‌تواند ابزار مناسبی و گام اساسی در مدیریت ریسک به شمار آید و برای مدیریت کارآمد ریسک سیل ضروری می‌باشد؛ از این رو نقشه حاضر به منظور کمک به تصمیم‌گیران و سیاستمداران به منظور اتخاذ برنامه مناسب و اقدامات مدیریتی با هدف کاهش ریسک و خسارت (ملموس و غیر ملموس) نقش مهمی را ایفا خواهد نمود.

تقدیر و تشکر

از حمایت‌های دانشگاه لرستان در انجام رساله این جانب، که بخشی از آن در مطالعه حاضر ارائه شده است، صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

کتابنامه

اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان گلستان؛ ۱۳۸۶. مطالعه هیدرولوژی حوزه آبخیزه قره‌چای رامیان. مهندسی مشاور شمال. ۲۸ ص.

وزیری، فریبرز؛ صیاد مشتاق، شاهین؛ ناصری نوع‌دوست، میرناظر؛ پیمان، بهروز؛ فتحی، ولی‌الله؛ ۱۳۶۳. تجزیه و تحلیل رگبارها در نقاط مختلف ایران، جهاد دانشگاهی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، واحد طرح و تحقیقات.

۲۰۵ ص. <https://www.sid.ir/paper/789303/fa>

- Amrei, D. and Britta, S., 2020. Flood hazard analysis in small catchments: comparison of hydrological and hydrodynamic approaches by the use of direct rainfall. Journal of flood risk management, 13: 26 p. <https://doi.org/DOI:10.1016/j.jhydrol.2013.02.010>.
- Arcement, G. J., and Schneider, V. R. 1989. Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains: U. S. Geological Survey Water-Supply Paper 2339, 38 p. <https://doi.org/10.3133/wsp2339>
- Arnell, N.W., Gosling, S. N., 2013. The impacts of climate change on river flow regimes at the global scale. J. Hydrology, 486: 351–364. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.02.010>.
- Association of state floodplain managers., 2004. Reducing flood losses: is the 1% chance (100-year) flood standard sufficient? National Academies Disasters Roundtable, Assembly of the Gilbert F. White National Flood Policy Forum, Washington DC, 142. [https:// biotech.law.lsu.edu/blog/nrcs143_009401.pdf](https://biotech.law.lsu.edu/blog/nrcs143_009401.pdf)
- Brunner, G.W., 2016. HEC-RAS river analysis system, hydraulic reference manual. Version 5.0; Hydrologic Engineering Centre: Davis, CA, USA, 547. https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS_4.1_Reference_Manual.pdf
- Chow VT., 1959. Open-Channel hydraulics. McGRAW·hill book company; I: 350. <https://heidarpour.iut.ac.ir/sites/heidarpour.iut.ac.ir/files/u32/open-chow.pdf>
- Costabile, P., Costanzo, C., Ferraro, D., Macchione, F., and Petaccia, G., 2020. Performances of the new HEC-RAS version 5 for 2-D Hydrodynamic-Based Rainfall-Runo Simulations at

- basin scale: comparison with a State-of-the Art Model. *Water*, 12 (2326): 19 p. <https://doi.org/10.3390/w12092326>.
- Di Baldassarre, G., Schumann, G., Bates, P. D., Jim, E., and Beven, J., 2010. Flood-plain mapping: a critical discussion of deterministic and probabilistic approaches. *Hydrological Sciences Journal*, 55 (3): 364-376. <https://doi.org/10.1080/02626661003683389>.
- Dinh, Q., Balica, S., Popescu, I., and Jonoski, A., 2012. Climate change impact on flood hazard, vulnerability and risk of the Long Xuyen Quadrangle in the Mekong Delta. *International Journal of River Basin Management*, 10: 103-120. <https://doi.org/10.1080/15715124.2012.663383>.
- Ferri, M., Wehnm U., See, L., Monego, M., and Fritz, S., 2020. The value of citizen science for flood risk reduction: cost–benefit analysis of a citizen observatory in the Brenta-Bacchiglione catchment. *Hydrology and Earth System Sciences*, 24 (12): 5781-5798. <https://doi.org/10.5194/hess-24-5781-2020>.
- Ghanbarpour, M. R., Salimi, S.h., Mohseni, S. M., and Zare, M., 2011. Calibration of river hydraulic model combined with GIS analysis using ground-based observation data. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 3 (5): 456-463. <https://portal.research.lu.se/en/publications/calibration-of-river-hydraulic-model-combined-with-gis-analysis-u>.
- Guha-Sapir, D., Hoyois, P. h, and Below, R., 2016. Annual disaster statistical review 2015: The numbers and trends. Brussels: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), 59p. <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKE0&opi=89978449>.
- HEC-RAS River Analysis System., 2016. User's Manual Version 5.0. U. S Army Corps of Engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Centre (HEC). 538 p. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/documentation/HEC-RAS%205.0%20Users%20Manual.pdf>
- Krause, P., Boyle, D. P., and Base, F. 2005. Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. *Advances in Geosciences*, 5: 89–97. <https://doi.org/10.5194/adgeo-5-89-2005>.
- Kumar, N., Kumar, M., Sherring, A., Suryavanshi, S., Ahmad, A., and Lal, D., 2019. Applicability of HEC-RAS 2D and GFMS for flood extent mapping: a case study of Sangam area, Prayagraj, India. *Model. Earth Syst. Environ*, 6: 397–405. <https://doi.org/10.1007/s40808-019-00687-8>.
- McIntyre, N., and Al-Qurashi, A., 2009. Performance of ten rainfall–runoff models applied to an arid catchment in Oman. *Environmental Modeling and Software*, 24 (6): 726-738. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2008.11.001>.
- Mihu-Pintilie, A., Cimpianu, C. I.; Stoleriu, C. C., Pérez, M. N., and Paveluc, L. E., 2019. Using high-density LiDAR data and 2D streamflow hydraulic modeling to improve urban flood hazard maps: A HEC-RAS multi-scenario approach. *Water*, 11 (9) 1832: 24 p. <https://doi.org/10.3390/w11091832>.
- Moriasi, D., Arnold, J., Van, L., Michael, W., Bingner, R., Harmel, R. D, and Veith, T L., 2007. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE*, 50 (3): 885-900. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.23153>.
- Moya Quiroga, V., Kure, S., Udo, K., and Mano, A., 2016. Application of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia flood: Application of the new HEC-RAS version 5. *Revista Iberoamericana Del Agua (RIBAGUA)*, 3 (1): Pages 25-33. <https://doi.org/10.1016/j.riba.2015.12.001>.

- Naeem, B., Azmat, M., Ahmad, S. H., Khattak, M. U, Haider, S., Ahmad, S., Khero, Z., and Goodell, Ch. R., 2021. Flood hazard assessment for the Tori Levee Breach of the Indus River Basin, Pakistan. *Water*, 13 (5): 19 p. <https://doi.org/10.3390/w13050604>.
- Ongdas, N., Akiyanova, F., Karakulov, Y., Muratbayeva, A., and Zinabdin, N., 2020. Application of HEC-RAS (2D) for flood hazard maps generation for Yesil (Ishim) River in Kazakhstan. *Water*, 12 (10): 20 p. <https://doi.org/10.3390/w12102672>.
- Phogat, V., Skewes, M. A., Cox, J. W, and Simunek, J., 2016. Statistical assessment of a numerical model simulating agro hydro-chemical processes in soil under Drip Fertigated Mandarin Tree. *Irrigat Drainage Sys Eng*, 5: 155. 9 p. <https://doi.org/10.4172/2168-9768.1000155>.
- Pinos, Juan., and Timbe, Luis., 2019. Performance assessment of two-dimensional hydraulic models for generation of flood inundation maps in mountain river basins. *Water Science and Engineering*, 12 (1): 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2019.03.001>.
- Plate, E. J., 2002. Flood risk and flood management. *Journal of Hydrology*, 267: 2–11. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(02\)00135-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(02)00135-X).
- Rangari, V. A, Umamahesh, N. V, and Bhatt, C. M., 2019. Assessment of inundation risk in urban foods using HEC RAS 2D. *Modeling Earth Systems and Environment*, Springer Nature Switzerland AG. 13 p. <https://doi.org/10.1007/s40808-019-00641-8>.
- Raposo, J. R, Molinero J, and Dafonte J., 2012. Parameterization and quantification of recharge in crystalline fractured be rocks in Galicia-Costa (NW Spain). *Hydrol, Earth Syst. Sci. Discuss*, 9: 1919–1960. <https://doi.org/10.5194/hess-16-1667-2012>.
- Sahoo, S. N, and Sreeja, P., 2017. Sensitivity of imperviousness determination methodology on runoff prediction, *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, Taylor and Francis, 23 (3): 276-282. <https://doi.org/10.1177/ASWR.S36089>.
- Shahiri Parsa, A., Nori, M., Heydari, M., and Rashidi, M., 2016. Floodplain zoning simulation by using HEC-RAS and CCHE2D Models in the Sungai Maka River. *Air, Soil and Water Research*, 9: 55–62. <https://doi.org/10.4137/ASWR.S3608>.
- Soler, C., Sentelhas, P., and Hoogenboom, G., 2007. Application CSMCERES maize model for planting date evaluation and yield forecasting for maize grown off season in a subtropical environment. *Eur. J. Agron*, 27:165-177. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.03.002>.
- Tabarak, W., Ali, N., and Ali, A.A., 2021. Development and classification of flood hazard map using 2D hydraulic model. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 9 p. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1090/1/012122>.
- Tellman, B.; Sullivan, J. A.; Kuhn, C.; Kettner, A. J; Doyle, C. S. Brakenridge, G. R., Erickson, T. A., and Slayback, D.A., 2021. Satellite imaging reveals increased proportion of population exposed to floods. *Nature*, 596: 80–86. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03695-w>.
- Trinh, M. X., and Molkenthin, F., 2021. Flood hazard mapping for data-scarce and ungauged coastal river basins using advanced hydrodynamic models, high temporal-spatial resolution remote sensing precipitation data, and satellite imageries. *Natural Hazards*, 109:441–469. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04843-1>.
- Viglione, A. and M. Rogger., 2015. Flood Processes and Hazards. Paron P, Baldassarre GD, (Editors). *Hydro-Meteorological Hazards, Risks and Disasters*, 289. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394846-5.00001-1>.



Synoptic Analysis of the Impact of Cut-Off Lows in Heavy Rains in Iran

Shahram Lotfi Qaranchai ^a, Tayebah Akbari Azirani ^{b*}, Alireza Shakiba ^c, Fatemeh Rabbani ^d,
Ameneh Dasht-Bozorgi ^e

^a PhD in Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of earth sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

^b Assistant Professor of Climatology, Department of Physical Geography, Faculty of earth sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

^c Associate Professor in Climatology, Center for Remote Sensing and GIS Studies, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

^d PhD in Climatology, Payam Noor University Lecturer, Parand Branch, Tehran, Iran

^e PhD in Climatology, Research Associate of Center for Remote Sensing and GIS Studies, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 12 December 2022

Revised: 17 February 2023

Accepted: 24 February 2023

Abstract

Nowadays, heavy rains are an important aspect of climate studies because of their dangers and damage. Cut-off lows are influential in the occurrence of heavy rainfall in Iran by creating atmospheric instability. In this regard, first, the climatic variables of temperature, precipitation, and geopotential height of 500 hPa were investigated in connection with the formation of cut-off low during the period 1986-2018. Then, to predict the changes of the cut-off low event in the future and its impact on heavy precipitation, ECMWF database ERA-Interim version and CMIP5 models with CORDEX exponential microscale approach under two scenarios of optimistic release RCP4.5 and pessimistic RCP8.5 was used until 2099. The results showed that in the RCP4.5 scenario, the increase in precipitation was estimated to be at least 2.41 mm, and in the RCP8.5 scenario, the maximum precipitation decrease was estimated to be 91 mm. The surface pressure anomalies of 500 hPa will increase by 61.5 and 92.5 geopotential meters based on RCP4.5 and RCP8.5. The lowest frequency cut-off low events was in 1995 and 1996 with 10 events, and the highest event was in 1986 with 30 events. With the increase of air temperature and the advance of subtropical high pressure towards high latitudes, the place of formation and the path of movement cut-off low in 33 years have been extended towards northern latitudes, which indicate the effects of change of the climate in Iran. The existence of a significant positive relationship between the frequency cut-off low events and heavy rainfall was confirmed at the 5% error level. Moreover, the impact of cut-off low on the frequency of heavy rainfall in Iranian stations, especially the northern stations, has been more impressive.

Keywords: Climate Change, Cut-off Low, CORDEX Dynamic Downscaling Method, CMIP5, RCP Scenarios

*. Corresponding author: Tayebah Akbari Azirani E-mail: t_akbari@sbu.ac.ir Tel: + 98912824858

How to cite this Article: Lotfi, S., Shakiba, A., Akbari Azirani, T., Rabbani, F., & Dashtbozorgi, A. (2024). Synoptic analysis of the impact of cut-off lows in heavy rainfall in Iran. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 205-232.

DOI: 10.22067/geoeh.2023.79894.1314



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant
With open access mandates, by publishing its articles under Creative
Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

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

 <https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.79894.1314> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۲۳۲-۲۰۵
مقاله پژوهشی

تحلیل سینوپتیک اثر کم‌فشارهای بریده در بارش سنگین ایران

شهرام لطفی قرانچای - دکتری اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
طیبه اکبری ازیرانی^۱ - استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
علیرضا شکبیا - دانشیار اقلیم‌شناسی، مرکز مطالعات سنجش‌ازدور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران
فاطمه ربانی - دکتری اقلیم‌شناسی، مدرس دانشگاه پیام نور تهران، واحد پرند، تهران
آمنه دشت‌بزرگی - دکتری اقلیم‌شناسی، همکار پژوهشی مرکز مطالعات سنجش‌ازدور و GIS، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۹/۲۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۲۸ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۲/۵

چکیده

بارش‌های سنگین امروزه به خاطر مخاطرات و خسارات وارده، از جنبه‌های مهم در مطالعات آب‌وهوایی هستند. کم‌فشارهای بریده با ایجاد ناپایداری جوی در رخداد بارش سنگین در ایران تأثیرگذار هستند. در این راستا ابتدا متغیرهای آب‌وهوایی دما، بارش و ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال جو در ارتباط با تشکیل کم‌فشارهای بریده طی دوره (۱۹۸۶-۲۰۱۸) بررسی شد. سپس جهت پیش‌نگری تغییرات رخداد کم‌فشار بریده در آینده و اثر آن بر بارش سنگین، از پایگاه داده ECMWF نسخه ERA-Interim و مدل‌های CMIP5 با رویکرد ریزمقیاس نمایی CORDEX تحت دو سناریوی انتشار خوش‌بینانه RCP4.5 و بدبینانه RCP8.5 تا سال ۲۰۹۹ استفاده شد. نتایج نشان داد که در سناریوی RCP4.5 افزایش بارش به میزان حداقل ۲/۴۱ میلی‌متر و در سناریوی RCP8.5 کاهش بارش حداکثر به میزان ۹۱ میلی‌متر برآورد شد. ناهنجاری‌های فشار سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال براساس RCP4.5 و RCP8.5 به میزان ۶۱/۵ و ۹۲/۵ ژئوپتانسیل متر افزایش خواهد داشت. کمترین فراوانی رخداد کم‌فشار بریده در

Email: t_akbari@sbu.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۸۲۴۸۵۸۲

نحوه ارجاع به این مقاله:

لطفی قرانچای، شهرام؛ اکبری ازیرانی، طیبه؛ شکبیا، علی رضا؛ ربانی، فاطمه؛ دشت بزرگی، آمنه. (۱۴۰۲). تحلیل سینوپتیک اثر کم‌فشارهای بریده در بارش سنگین ایران. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۲(۴). صص ۲۰۵-۲۳۲

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.79894.1314>

سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶ به تعداد ۱۰ رخداد، و بیشترین رخداد در سال‌های ۱۹۸۶ با ۳۰ رخداد بوده است. با افزایش دمای هوا و پیش‌روی پرفشارجنب حاره‌ای به سمت عرض‌های بالا، محل تشکیل و مسیر حرکت کم‌فشارهای بریده در دوره ۳۳ ساله به سمت عرض‌های جغرافیایی شمالی‌تر کشیده شده‌اند که می‌تواند شواهدی از اثرات تغییر اقلیم در ایران باشد. وجود رابطه مستقیم معنادار بین فراوانی رخداد کم‌فشار بریده و بارش سنگین در سطح خطای ۵ درصد تأیید شد. همچنین میزان تأثیر کم‌فشارهای بریده در فراوانی بارش سنگین ایستگاه‌های ایران به‌ویژه ایستگاه‌های شمالی چشم‌گیرتر بوده است.

کلیدواژه‌ها: تغییر اقلیم، کم‌فشار بریده، روش ریزگردانی دینامیکی CORDEX، CMIP5، سناریوهای RCP

۱- مقدمه

براساس گزارش هیئت بین‌دولتی تغییرات آب‌وهوایی (IPCC^۱) در ۲۸ فوریه ۲۰۲۲، میزان افزایش دمای سطح جهان در طول پنج دهه گذشته (از سال ۱۹۷۰) در تاریخ محدوده دمای جهان بی‌سابقه بوده است. دمای دهه گذشته (۲۰۲۰-۲۰۱۱) از گرم‌ترین دوره چند قرن اخیر که تقریباً ۶۵۰۰ سال پیش رخ داده است، فراتر رفته است. و تغییراتی شامل رشد سریع‌تر در افزایش سطح آب دریا، گرمای شدیدتر (مانند موج گرما) و تناوب بیشتر در پدیده‌های شدید و خشن (مانند بارش شدید و فعالیت طوفانی) قابل توجه بوده است. در هر پنج سناریوی انتشار آلاینده‌های منتشرشده از سوی IPCC، دمای سطح جهان تا اواسط قرن افزایش می‌یابد. گرم‌ترشدن کره زمین (بیش از ۲ درجه سانتی‌گراد) در سناریوهای با انتشار آلاینده زیاد، در طول دوره دوم قرن ادامه خواهد یافت (IPCC, 2022). تغییر اقلیم اثر قابل توجهی روی پارامترهای اقلیمی و سیستم‌های جوی سیاره‌ای و منطقه‌ای حاره‌ای و برون‌حاره‌ای می‌گذارد. که می‌توان به گرمایش جهانی، خشکسالی‌ها، رخداد پدیده‌های حدی شدید مانند یخبندان‌های زودرس و دیررس، امواج گرمایی، بارش‌های سنگین و سیل‌آسا و... اشاره کرد. یکی از سیستم‌های سیاره‌ای متأثر از تشدید جریان‌های نصف‌النهاری بادهای غربی، کم‌فشارهای بریده^۲ یا سردچال‌ها هستند (پالمن و نیوتن^۳، ۱۹۶۹). کم‌فشارهای بریده اغلب در اواخر زمستان و اوایل بهار جلوه می‌کنند و ویژگی‌ها و مکانیسم فرود اولیه ایجادکننده خود را تا پلیمان حیات خود حفظ می‌کنند. در مدت حضور کم‌فشار بریده در شرق آن جریان صعودی و در غرب آن جریان نزولی ادامه دارد (نی تو^۴، ۲۰۰۵). از جمله متغیرهایی که کم‌فشار بریده در آن تأثیر می‌گذارد بارش و به‌ویژه بارش‌های سنگین است، که میزان بارش‌های سنگین در عرض‌های میانی بیشتر شده و باعث بروز سیلاب‌های شدید می‌شوند

1 Intergovernmental Panel on Climate Change

2 Cut Off Lows

3 Palmen & Newton

4 Nieto

(دیویس^۱، ۱۹۹۸) وقوع بارش های سنگین و تنوع زمانی و مکانی آن، خود از مظاهر تنوع اقلیمی ایران قلمداد می گردد (فرج زاده و بابایی فینی، ۱۳۸۱). کم فشارهای بریده اغلب با اختلالات در مقیاس متوسط همراه است که می تواند باعث ایجاد رویدادهای نامطلوب مرتبط با آب و هوا، مانند بارش سنگین، سیلاب شلید و ناگهانی (گریفیث^۲ و همکاران ۱۹۹۸؛ سینگلتن و ریسون^۳، ۲۰۰۷؛ فاور^۴ و همکاران ۲۰۱۲، پورثو^۵ و همکاران ۲۰۰۷؛ باکلی^۶ و همکاران ۲۰۰۷، شوهاخر و جانسون^۷، ۲۰۰۸)، رانش زمین به دلیل باران شلید (هیروتا^۸ و همکاران، ۲۰۱۶)، رعدوبرق (تسوبوکی و اوگورا^۹، ۱۹۹۹؛ موهر^{۱۰} و همکاران، ۲۰۲۰)، تگرگ (ژائو و سان^{۱۱}، ۲۰۰۷) و گردبادها (دیویس^{۱۲}، ۲۰۰۶؛ هومار^{۱۳} و همکاران، ۲۰۰۱؛ سکو^{۱۴} و همکاران، ۲۰۱۵) شود. از تحقیقات داخلی در مورد اثر کم فشار بریده در بارش می توان به تحقیق امیدوار و همکاران (۱۳۹۴)، بلیانی و سلیقه (۱۳۹۵)، حجازی زاده و همکاران (۱۳۸۶)، امیدوار و همکاران (۱۳۸۹)، حیدری منفرد (۱۳۹۲)، اشرف (۱۳۹۳)، راستی و همکاران (۱۳۹۳)، شفیع (۱۳۹۵)، رضایی (۱۳۹۶)، ناصری (۱۳۹۶)، امیدوار و همکاران (۱۳۹۲) و حاجی خانی (۱۳۹۷) اشاره کرد. مونوز^{۱۵} و همکاران (۲۰۲۰) در تحقیقی با عنوان اقلیم شناسی عرض های میانه و تغییرات سالیانه کم فشارهای بریده تراز ۲۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان دادند سیستم های ۲۰۰ هکتوپاسکال در تابستان و پاییز بیشتر است، سیستم های ۵۰۰ هکتوپاسکال به طور یکنواخت در طول فصول توزیع می شوند. در داخل هر منطقه و در هر سطح، تعداد سالانه کم فشارهای بریده در طول زمان افزایش یافته است، روندهایی که با سیگنال های مستند تغییرات آب و هوایی مانند تضعیف و تغییر قطبی جت های نیمه گرمسیری و افزایش فرکانس مسدود شدن سازگار است. تسوجی^{۱۶} و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی رابطه افزایش بارش از طریق تعامل بین رودخانه های جوی و کم فشارهای بریده در دوره ۱۴ ساله در منطقه غربی اقیانوس آرام شمالی پرداختند و مقایسه بین آن ها نشان داد که یک منطقه افزایش بارش در شمال غربی کم فشار بریده و همچنین قسمت جنوب محور رودخانه های جوی وجود داشته است. که شکل گیری افقی میان رودخانه های جوی،

1 Daviss

2 Griffiths

3 Singleton & Reason

4 Favre

5 Porcu

6 Buckley

7 Schumacher and Johnson

8 Hirota

9 Tsuboki and Ogura

10 Mohr

11 Zhao and Sun

12 Davies

13 Homar

14 Seko

15 Munoz

16 Tsuji

کم فشار بریده و منطقه افزایش بارش با رویداد سیل فاجعه‌باری که در هیروشیمای ژاپن، در سال ۲۰۱۴ رخ داد، همزمان است. آباتزگلو^۱ (۲۰۱۶)، در تحقیقی با عنوان سهم کم‌فشارهای بریده در بارندگی در سراسر ایالات متحده آمریکا نشان دادند که کم‌فشارهای بریده بین ۲٪ تا ۳۲٪ از بارندگی سالانه در ایستگاه‌های سراسر ایالات متحده را با تنوع جغرافیایی و فصلی مجزا تشکیل می‌دهد. بیشترین سهم کم‌فشارهای بریده در مجموع بارش و شدت بارش در سراسر دشت‌های بزرگ و داخلی غرب ایالات متحده، به‌ویژه در طول فصول انتقال بهار و پاییز یافت شد. فریرا^۲ (۲۰۲۱)، در تحقیقی با عنوان کاهش بارندگی و بارش شدید در شرق اسپانیا: آب‌وهوای فعلی و آینده نشان دادند که کم‌فشارهای بریده تولیدکننده اصلی بارش شدید در منطقه والنسیا، به‌ویژه در طول فصول انتقال هستند. شدیدترین وقایع بارانی کم‌فشارهای بریده در ماه سپتامبر تا نوامبر رخ داد. این پژوهش با هدف بررسی اثر کم‌فشارهای بریده بر بارش سنگین ایران با توجه به اهمیت و خسارات ناشی از بارش‌های سنگین با رویکرد تغییر اقلیم، با روندیابی و پیش‌نگری تغییرات کم‌فشارهای بریده در دوره آماری مشاهداتی ۳۳ ساله (۲۰۱۸ - ۱۹۸۶) و دوره آینده (۲۰۹۹ - ۲۰۲۶) تدوین شد. همچنین این تحقیق به دنبال دستیابی به درک بهتری از اثر تغییرات اقلیمی بر کم‌فشارهای بریده مؤثر بر بارش سنگین ایران است.

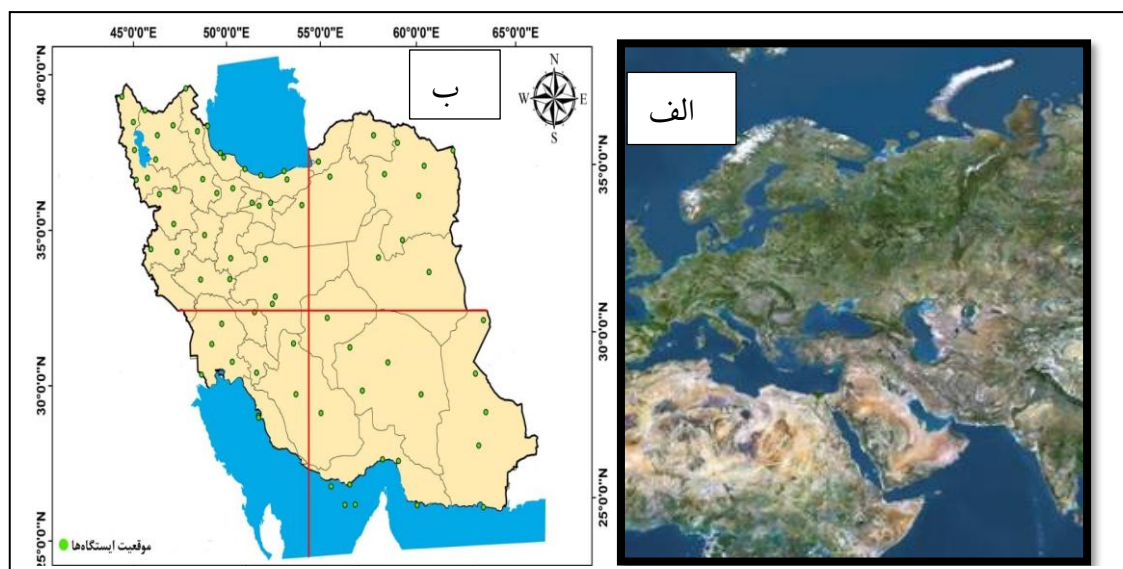
۲- داده‌ها و روش‌ها

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش، برای مطالعه تغییر اقلیم و کم‌فشارهای بریده منطقه‌ای به وسعت ۰ - ۸۰ درجه عرض شمالی و ۰ - ۸۰ درجه طول شرقی انتخاب شد. دلیل انتخاب این منطقه برای مطالعه، اولاً آشکارسازی تغییرات اقلیمی با مدل‌های دینامیکی و ثانیاً کم‌فشارهای بریده جزء سیستم‌های سینوپتیک هستند، که با مطالعه و تحلیل سینوپتیک می‌توان ضمن آشکارسازی محل شکل‌گیری و مسیر حرکت کم‌فشارهای بریده، اثرات متغیرهای مختلف سطح منطقه در میزان شدت و ضعف عملکرد آن‌ها را نیز بررسی کرد. با توجه به عملکرد مقیاس سینوپتیک این پدیده و مدت‌زمان تأثیرگذاری آن، که معمولاً بیش از دو روز است پس ایستگاه‌هایی از کل ایران انتخاب شد، تا بهتر اثرات کم‌فشار بریده بر روی بارش سنگین ایران موردپژوهش قرار گیرد. شکل (۱) منطقه شکل‌گیری و مسیر حرکت کم‌فشارهای بریده و همچنین ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب ایران برای مطالعه بارش سنگین را نشان می‌دهد.

1 Abatzoglou

2 Ferreira



شکل ۱- الف- محدوده منطقه مطالعه کم فشارهای بریده و ب- نقشه ایران و موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک مورد مطالعه برای بارش سنگین

۲-۲- روش انجام پژوهش

۲-۲-۱- مدل‌ها و سناریوهای منتخب

در این پژوهش جهت پیش‌نگری شرایط آینده از مدل‌های اقلیم تحت شرایط تغییر اقلیم مبتنی بر روش ریزگردانی دینامیکی^۱ CORDEX استفاده شد (جدول ۱). کوردکس یک چارچوب هماهنگ بین‌المللی برای تولید نسلی پیشرفته از پیش‌نگری‌های تغییرات اقلیمی در سراسر جهان است (ایچ^۲ و همکاران، ۲۰۱۵). در این روش ریزگردانی دینامیکی از سناریوهای خط سیر انتشار گازهای گلخانه‌ای (RCPS^۳) استفاده شد (وارناتسچ و رئی^۴، ۲۰۱۹). این مقاله با استفاده از خروجی‌های CMIP5^۵ و سناریوهای RCP4/5 و RCP8/5 تولید شده توسط روش ریزمقیاس‌نمایی منطقه‌ای کوردکس (CORDEX) انجام شد. در این راستا پیشنهادهاى گزارش پنجم هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) در خصوص استفاده از داده‌های کنترل کیفی شده و کاربست خروجی مدل‌های گزارش پنجم کارگروه هماهنگ‌کننده مدل‌های جفت شده اقلیم و جدیدترین سناریوهای تغییر اقلیم بر مبنای خط سیر انتشار گازهای گلخانه‌ای (RCPS^۶) بکار گرفته شد و در نهایت پس پردازش خروجی داده‌های ریزمقیاس شده

1 Coordinated Regional Climate Downscaling experiment

2 Aich

3 Representative Concentration Pathway

4 Warnatzsch & Reay

5 Coupled Model Intercomparison Project 5

6 Representative Concentration Pathway

به منظور کاهش حداکثری عدم قطعیت استفاده شد. اطلاعات دقیق مدل منتخب روش ریزمقیاس نمایی CORDEX در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- مدل های اقلیم تحت شرایط تغییر اقلیم مبتنی بر روش ریزگردانی دینامیکی CORDEX

مدل دینامیکی						
مدل اجراکننده	ریزگردانی	محدوده	گروه	مدل مسیر نمایشگر تمرکز	تفکیک مکانی	
آزمایشگاه دینامیک سیالات ژئوفیزیک-مدل های سیستم زمین ^{۱۲}	آزمایش کاهش آب و هوای هماهنگ منطقه- ای ^۲	شمال آفریقا و خاورمیانه ^۳	rli1p1	RCA4	0.44×0.44	
						مسیرهای نمایشگر تمرکز ^{۴/۵}
						تاریخی ^۶
					ریزگردانی شبکه	
						×

۲-۲-۲- روندیابی

برای نشان دادن روند داده های دما، از آزمون ناپارامتریک کندال و شیب سن در سطح ۰/۹۵ استفاده شد. آزمون ناپارامتری من - کندال ابتدا توسط Mann (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط Kendall (۱۹۷۵) بر پایه رتبه داده ها در یک سری زمانی بسط و توسعه یافت. برای تعیین تصادفی بودن داده ها از آزمون زیر استفاده می شود (عساکره، ۱۳۹۰).

$$T = \frac{4P}{N(n-1)} - 1 \quad (1)$$

که T آماره من-کندال، N تعداد کل سال های آماری مورد استفاده و P مجموع تعداد رتبه های بزرگ تر از ردیف ni که بعد از آن قرار می گیرند است. و در نهایت به منظور سنجش معنی دار بودن آماره T از رابطه زیر استفاده می شود.

$$(T)t = \pm tg \frac{\sqrt{4N+10}}{\sqrt{9N(N-1)}} \quad (2)$$

که در آن N تعداد کل سال های آماری، tg برابر سطح احتمال معنی دار بودن آزمون و (T)t آماره من-کندال است. که tg برابر مقدار بحرانی نمره نرمال یا استاندارد Z یا سطح اطمینان آزمون است و با سطح احتمال آزمون ۹۵ درصد برابر ۱/۹۶ می باشد.

شیب سن در رابطه شماره ۳ که Ft برابر است با معادله خط روند:

1 Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL). Earth System Models (Esm2m)

2 Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (Cordex)

3 Middle east & north Africa (MNA)

4 Representative Concentration Pathways 8.5 (RCP8.5)

5 Representative Concentration Pathways 4.5 (RCP4.5)

6 Historical

$$f(t) = Qt + B \quad (3)$$

که Q ، شیب خط روند و B ، مقدار ثابت است. جهت محاسبه شیب خط روند، ابتدا بایستی شیب بین هر جفت داده مشاهداتی، با استفاده از معادله مربوطه محاسبه گردد (سن^۱، ۱۹۶۸).

۲-۳- استخراج کم فشار بریده

برای شناسایی و مطالعه بر روی کم فشارهای بریده مؤثر در بارش سنگین ایران از داده‌های متوسط روزانه: ارتفاع ژئوپتانسیل، باد مداری (U) و دمای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال بازتحلیل شده ECMWF^۲ سایت اروپا با گام شبکه‌ای $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ درجه‌ای در دوره آماری ۳۳ سال (۱۹۸۶-۲۰۱۸) در منطقه‌ای شامل 0° تا 80° درجه عرض شمالی و 0° تا 80° درجه طول شرقی استفاده شد. شاخص تیبالدی - مولتنی^۳ (۱۹۹۰) در شناسایی خودکار کم فشارهای بریده به صورت الگوریتم در برنامه Matlab کدنویسی شد. در مرحله شناسایی، کم فشارهای بریده مؤثر در بارش سنگین ایران از سایر کم فشارها جداسازی شد. در این پژوهش همچنین کم فشارهای بریده‌ای مورد مطالعه قرار گرفتند که طول عمر آن‌ها دو روز یا بیشتر بودند و از کم فشارهایی که یک روز عمر و ماندگاری داشتند صرف نظر شد. شاخص تیبالدی - مولتنی در شناسایی کم فشارهای بریده با استفاده از رابطه‌های شماره ۲ و ۳ به دست آمد:

$$GHGS = \left[\frac{Z(\Phi_0) - Z(\Phi_s)}{(\Phi_0 - \Phi_s)} \right] \quad (2)$$

$$GHGN = \left[\frac{Z(\Phi_n) - Z(\Phi_0)}{(\Phi_n - \Phi_0)} \right] \quad (3)$$

$$\Phi_n = 80N + \partial. \quad \Phi_0 = 60N + \partial. \quad \Phi_s = 40N + \partial. \quad \partial = -50. \quad 00.50.$$

$$GHGN < -10 \text{ m/deg latitude} \quad (2) \quad , GHGS > 0 \quad (1)$$

بر اساس رابطه‌های شماره ۲ و ۳ به ترتیب، $GHGS$ ^۴ شاخص جنوبی سامانه بندالی، $GHGN$ ^۵ شاخص شمالی سامانه بندالی، Z ارتفاع ژئوپتانسیل بر حسب متر در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و Φ عرض جغرافیایی است. سه عرض جغرافیایی 0° ، 40° ، 80° درجه در شاخص تیبالدی - مولتنی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به دلیل استفاده از داده‌های شبکه‌بندی شده 0.125° درجه از شاخص تیبالدی - مولتنی معادل 4.0° - استفاده شد. برای شناسایی بارش‌های سنگین با توجه به مطالعات انجام شده آستانه‌های متفاوتی مانند مقادیر مطلق، دوره بازگشت و شاخص‌های صدک مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این مطالعه از مقادیر آستانه‌ای مطلق و دوره بازگشت با توجه به ویژگی‌های اقلیمی و

1 Sen

2 European Centre for Medium-Range Weather Forecasts

3 Tibaldi and Molteni

4 geopotential height gradient southern

5 geopotential height gradient northern

بارشی ایران صرف نظر شد، چراکه در هر منطقه از ایران میانگین سالانه بارش متفاوت است. برای مثال در منطقه شمال ایران میانگین بارش نزدیک به ۱۸۰۰ میلی متر است در حالی که در نواحی شرقی به طور متوسط به ۷۰ میلی متر می رسد، لذا رخداد بارش ۲۰ میلی متر برای منطقه اول نرمال و برای منطقه دوم مخرب و موجب سیلاب می شود (دوستکامیان و همکاران، ۱۳۹۵)؛ در اکثر منابع صدک ۹۰ یا ۹۵ ام بارش به عنوان آستانه شناسایی بارش های سنگین به کار برده می شود. با توجه به طبیعت خشک و نیمه خشک ایران و فراوانی کم روزهای بارش بالاتر از آستانه صدک ۹۵ ام (علیچانی^۱، ۲۰۱۱) در این پژوهش از صدک ۹۰ ام بارش هر ایستگاه و حداقل بارش ۱ میلی متر (به منظور جلوگیری از غیرواقعی شدن آستانه برحسب صدک) به عنوان آستانه برای تعیین بارش های سنگین استفاده شد.

۳- یافته ها

۳-۱- روند تغییرات دمایی تراز دریا در طول دوره تاریخی (۱۹۸۶-۲۰۱۸) و آینده (۲۰۲۶-۲۰۹۹) براساس مدل

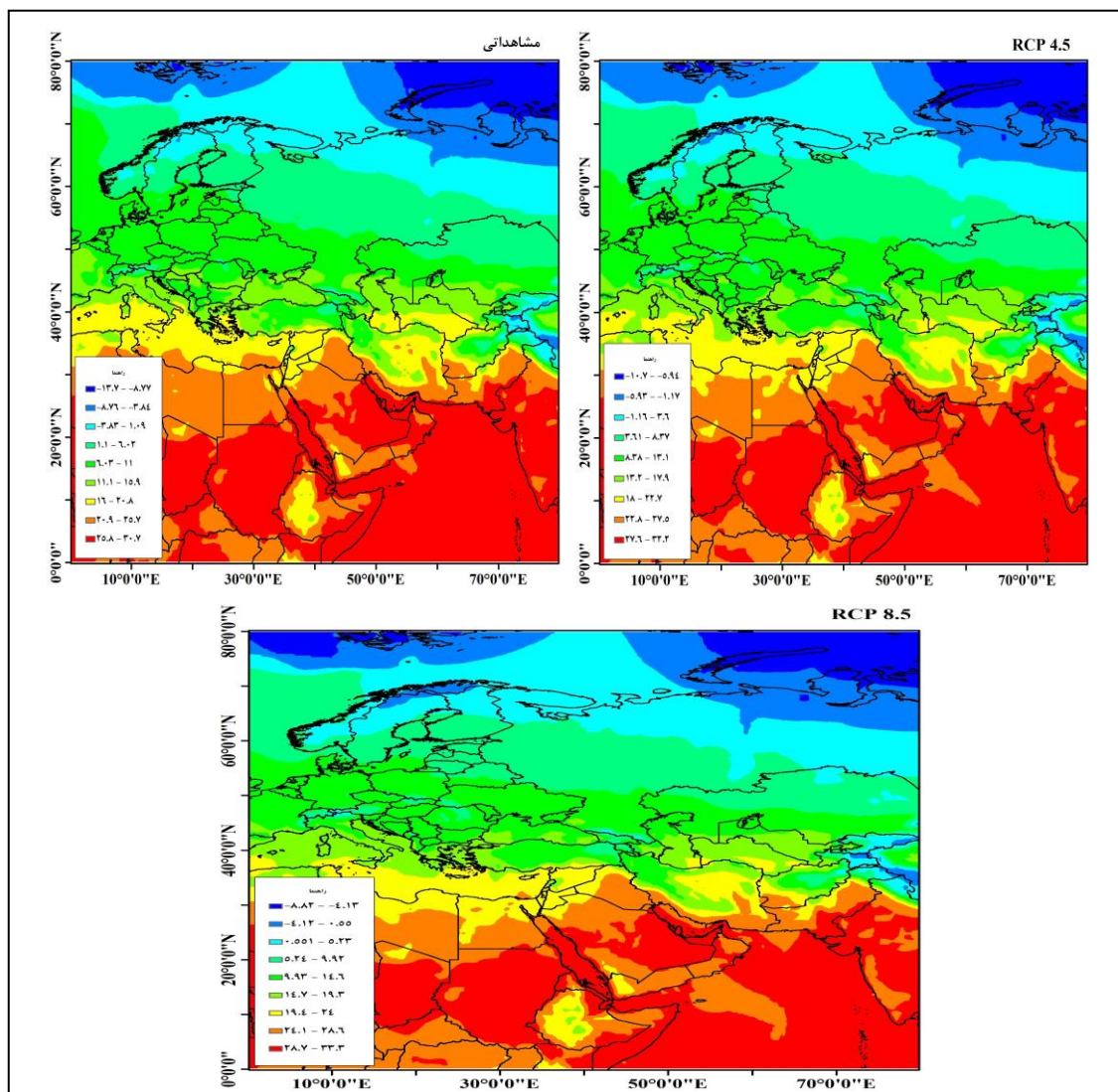
GFDL-ESM2M پروژه CORDEX

تغییرات و ناهنجاری های سالانه دمایی تراز دریا در دوره تاریخی و سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 در سطح منطقه مورد پژوهش در شکل (۲)، نشان داده شده است. میانگین دما در سطح منطقه مورد پژوهش در دوره تاریخی و سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب ۸/۷، ۸/۱۰ و ۳/۱۲ درجه سلسیوس است. مقدار افزایش دما در مناطق کمینه دمایی عرض های بالا در سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب ۳ و ۸/۴ درجه سلسیوس و در مناطق بیشینه دمایی عرض های پایین در سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب ۵/۱ و ۶/۲ درجه سلسیوس است. این تغییرات سالیانه در دوره آینده با توجه به خروجی سناریوها (RCPs) نمایانگر روند افزایشی دما در سطح منطقه است به طوری که روند افزایشی در مناطق کمینه دمایی شدیدتر و در سناریوی RCP8.5 بیشتر و به میزان ۸/۴ درجه سلسیوس) خواهد بود. براساس شکل ۲ در هر دو بازه زمانی تاریخی و آینده و سناریوهای مورد مطالعه، میانگین دمایی ۲۲-۲۷ درجه سلسیوس در قسمت های جنوبی ایران، بخشی از پاکستان، عربستان، عراق و کشورهای واقع در شمال آفریقا دیده می شود که نشان دهنده گسترش دماهای بالای ۲۰ درجه سلسیوس به سمت عرض های بالای ۳۰ درجه شمالی است. نتایج افزایش دما در سطح منطقه پژوهش حاضر با نتایج کار خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۸)، حمزه سرکانی (۱۳۹۷) و بلبائی و همکاران (۱۳۸۸)، تالیارد^۲ (۱۹۸۵) و آلمازویی^۳ و همکاران در سال ۲۰۱۵ مطابقت دارد.

1 Alijani

2 Taljaard

3 Almazori



شکل ۲- تغییرات دمایی در سطح منطقه در دوره آماری تاریخی (۱۹۸۶-۲۰۱۸) و دوره آینده (۲۰۲۶-۲۰۹۹)

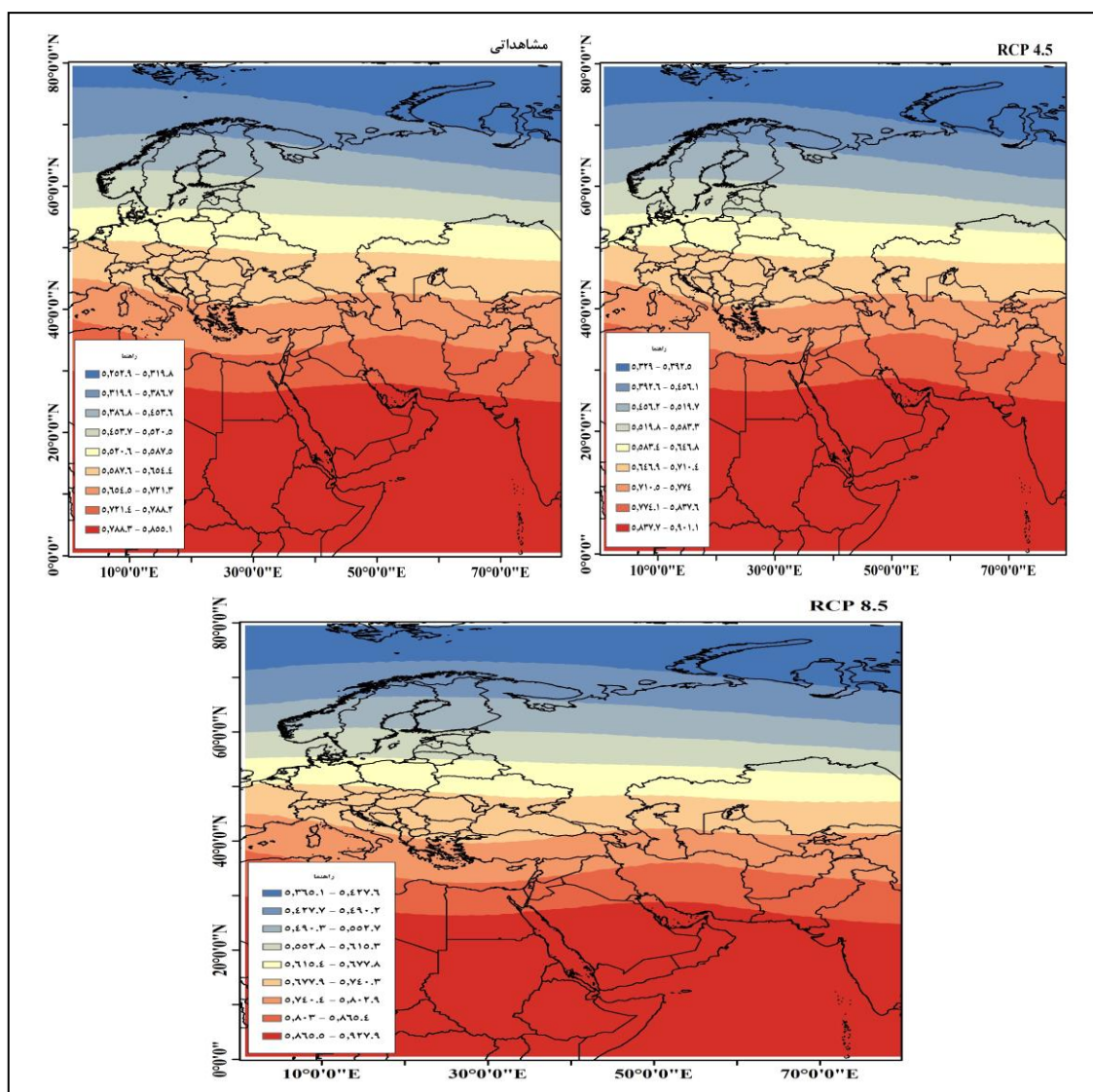
براساس سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5، مدل GFDL-ESM2M پروژه CORDEX

۲-۳ توزیع و تغییرات فشار سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال منطقه در دوره تاریخی (۱۹۸۶-۲۰۱۸) و دوره آینده

(۲۰۲۶-۲۰۹۹) براساس داده‌های تاریخی مدل GFDL-ESM2M

براساس نقشه سالیانه فشار دوره تاریخی و دوره آینده (سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5) در شکل ۳ میانگین فشار سطح منطقه به ترتیب ۵۵۵۴، ۵۶۱۵/۰۵ و ۵۶۷۴/۶ ژئوپتانسیل متر است که حاکی از افزایش میانگین فشار در سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به میزان ۶۱/۵ و ۹۲/۵ ژئوپتانسیل متر نسبت به دوره مشاهداتی است.

در منطقه بیشینه پر ارتفاع عرض‌های پایین میزان متوسط فشار ۵۸۵۵/۱ ژئوپتانسیل متر و برای دوره آینده براساس سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب به میزان ۵۹۰۱/۱ و ۵۹۲۷/۹ ژئوپتانسیل متر است و افزایش فشار در سناریوی RCP8.5 شدیدتر خواهد بود. در شکل ۳ مراکز پر ارتفاع هسته سرد میزان فشار در دوره تاریخی و دوره آینده به ترتیب ۵۲۵۲/۹، ۵۳۲۹ و ۵۳۶۵/۱ ژئوپتانسیل متر است. که در دوره آینده براساس سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب میزان کاهش فشار ۷۷/۹ و ۱۱۲/۸ ژئوپتانسیل متر خواهد بود. نتایج حاصل از شکل برای دوره آینده نشان می‌دهد که ناهنجاری‌های فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در پر ارتفاع عرض‌های بالایی به میزان بیشتری افزایش خواهد یافت. براساس شکل (۳) پراکندگی ناهنجاری‌های فشاری در سطح منطقه پژوهش نشان می‌دهد که در دوره تاریخی پر ارتفاع عرض‌های پایین تا عرض ۲۲ درجه شمالی گسترش دارد. و این مرکز پر ارتفاع و پرفشار جنب‌حاره‌ای در دوره آینده به سمت عرض‌های بالاتر کشیده خواهد شد. حرکت و گسترش آن تا حدود ۲ الی ۳ درجه خواهد بود. که نشان می‌دهد بخش‌های جنوبی ایران را تحت سیطره خود قرار خواهد داد. نتایج پژوهش با کارهای خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۸)، پروین (۱۳۹۶)، دارند (۲۰۱۴)، لو و ریچلر^۱ (۲۰۰۹) مطابقت دارد.

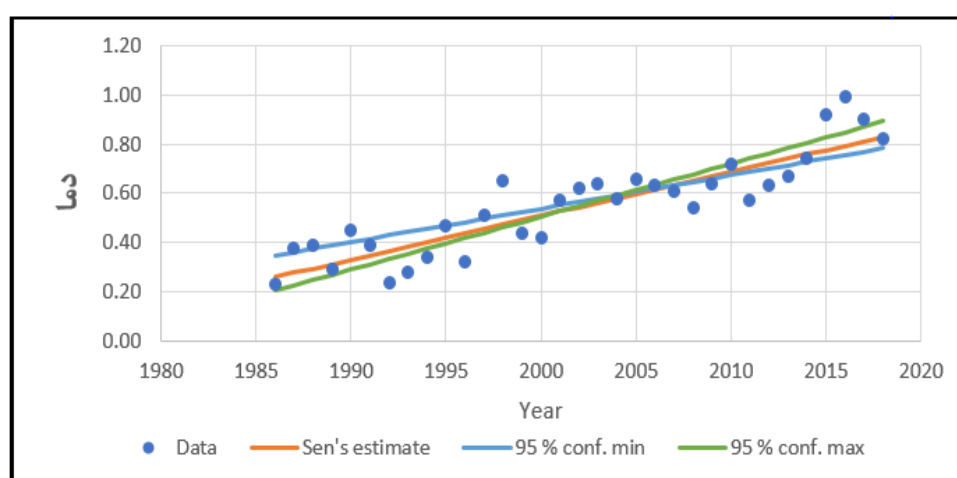


شکل ۳- تغییرات سالیانه فشار تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در دوره آماری تاریخی (۱۹۸۶-۲۰۱۸) و دوره آینده

براساس سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5، مدل GFDL-ESM2M پروژه CORDEX

در شکل (۴) و جدول (۲)، میانگین دمای منطقه پژوهش براساس سری زمانی شیب روند آزمون کندال و شیب سن محاسبه و معنی‌داری این آماره در سطح اطمینان ۹۵٪ بررسی شد. نتایج نشان داد که در طول دوره مورد مطالعه با توجه به اینکه مقدار آماره Z کندال حدود ۵/۷۵ و بیشتر از ۱/۹۶ است، بنابراین روند افزایشی معناداری در میانگین دمای منطقه پژوهش در سطح خطای ۵٪ تأیید شد. بررسی آماره‌ی آزمون شیب سن برای میانگین دمایی منطقه

پژوهش نشان داد که به طور متوسط دما در هر سال حدود $0/018$ افزایش داشته است، ضمن اینکه کمینه و بیشینه افزایش دما در سطح 95% به ترتیب برابر با $0/014$ و $0/021$ سلسیوس بوده و نشان دهنده افزایش نسبتاً شدیدی در میانگین دماهای بیشینه سطح منطقه پژوهش است. همچنین **شکل (۴)** برازش نمودار خط سن بر داده‌های میانگین دمایی را طی دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد. با وجود تغییرات درخور توجه سالانه دما ($0/055$ سلسیوس) که بیشینه آن $0/92$ سلسیوس در سال 2016 و کمینه آن ($0/23$ سلسیوس) در سال 1986 بوده است، به طور کلی منطقه پژوهش روند افزایشی معناداری را در سطح خطای 5 درصد در ناهنجاری دما تجربه کرده است. (**شکل ۴**)



شکل ۴- برازش نمودار خط سن بر سری زمانی داده‌های میانگین افزایشی دما پژوهش $1986-2018$ میلادی (میانگین افزایش داده‌های دمای سطح منطقه پژوهش از سایت مرکز ملی اطلاعات زیست‌محیطی (ncei.noaa.gov) اخذ گردید)

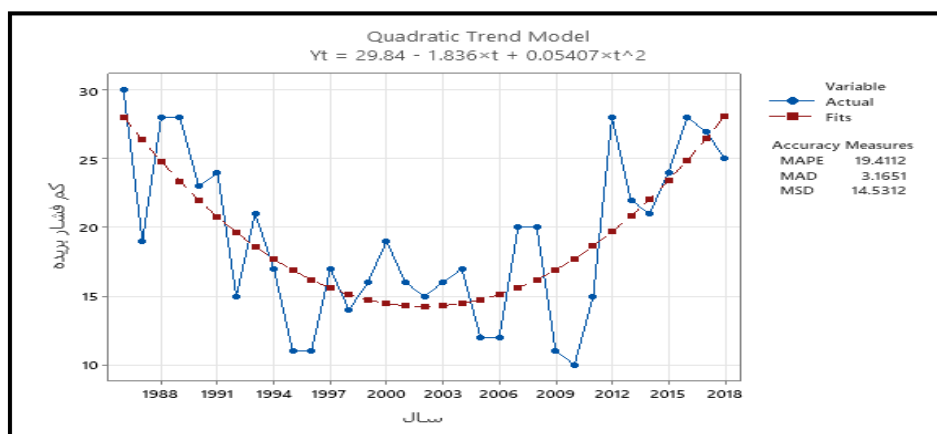
جدول ۲- نتایج حاصل از آزمون سن بررسی ناهنجاری دمای تراز دریا در سطح خطای $0/05$ درصد

پارامتر	دوره	دوره آماری	Z	معناداری در سطح 95%	برآورد شیب سن	کمینه شیب	بیشینه شیب	ثابت شیب خط	کمینه ثابت شیب خط	بیشینه ثابت شیب خط
دما	$1986-2018$	۳۳	$5/75$	+	$0/018$	$0/014$	$0/021$	$0/26$	$0/35$	$0/20$

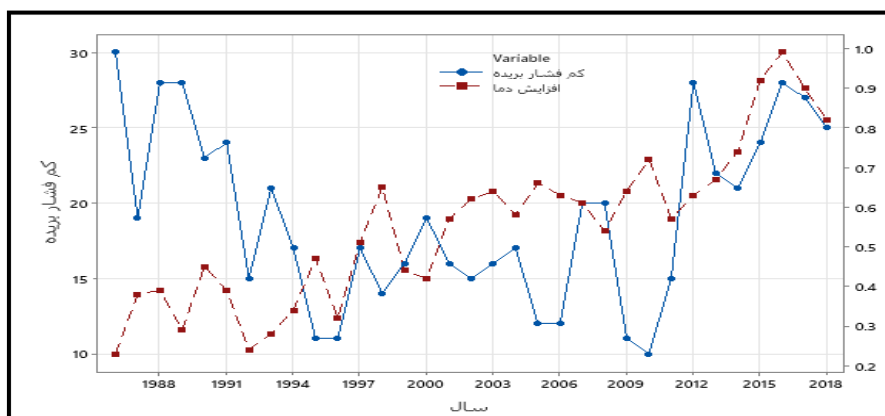
۳-۳- تغییرات دمایی سالیانه و تعداد رخداد کم فشار بریده در طول دوره تاریخی ($1986-2018$)

بر اساس بررسی رابطه بین ناهنجاری دما و فراوانی رخداد کم فشار بریده همبستگی معناداری بین دو متغیر در دوره 33 ساله تأیید نشد. باین وجود در **شکل (۵)**، ناهنجاری‌های افزایش دمایی و تغییرات تعداد رخداد کم فشار بریده مؤثر در بارش سنگین ایران در طول دوره آماری حاکی از وجود کمترین فراوانی رخداد کم فشار بریده، در

سال‌های ۱۹۹۶، ۱۹۹۵ و ۲۰۱۰ (۱۰ رخداد)، ۲۰۰۹ (۱۱ رخداد)، و سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶ (۱۲ رخداد) بوده است. همچنین بیشترین فراوانی رخداد کم فشار بریده، در سال‌های ۱۹۸۶ (۳۰ رخداد) و ۱۹۸۸، ۱۹۸۹، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۵ (۲۸ رخداد) است. لذا در برخی موارد انطباق معکوس بین دو پارامتر دما و فراوانی کم فشارهای بریده مشهود است و با افزایش دما تعداد رخداد کم فشارهای بریده کاهش داشته است. در سال‌های اخیر (یعنی ۲۰۱۵ به بعد) انطباق مستقیم بیشتر بوده و با افزایش دما در سطح منطقه، کاهشی در تعداد رخداد کم فشارهای بریده مشاهده نشده و بالعکس زیاد شده است. که با تحقیقات **مونوز و همکاران^۱ (۲۰۲۰)** که نشان دادند با تغییر اقلیم رخداد کم فشارهای بریده افزایش داشته است مطابقت دارد. برای فراوانی رخداد کم فشارهای بریده در بازه زمانی ۳۳ سال مقادیر آماره استاندارد کندال به میزان ۰/۰۳۱- نشان داد که از نظر آماری روند معنادار تأیید نمی‌شود هرچند تغییرات افزایش و کاهش در فراوانی رخدادها مشهود بوده و تابع منحنی درجه دو انطباق بهتری بر توزیع رخدادهای کم فشار بریده داشته و میزان خطای مدل درجه دو نسبت به مدل‌های خطی و نمایی کمتر است (شکل ۵ و ۶).



شکل ۵- برازش نمودار خط روند درجه دوم بر سری زمانی داده‌های فراوانی رخداد کم فشارهای بریده در منطقه پژوهش ۲۰۱۸-۱۹۸۶ میلادی

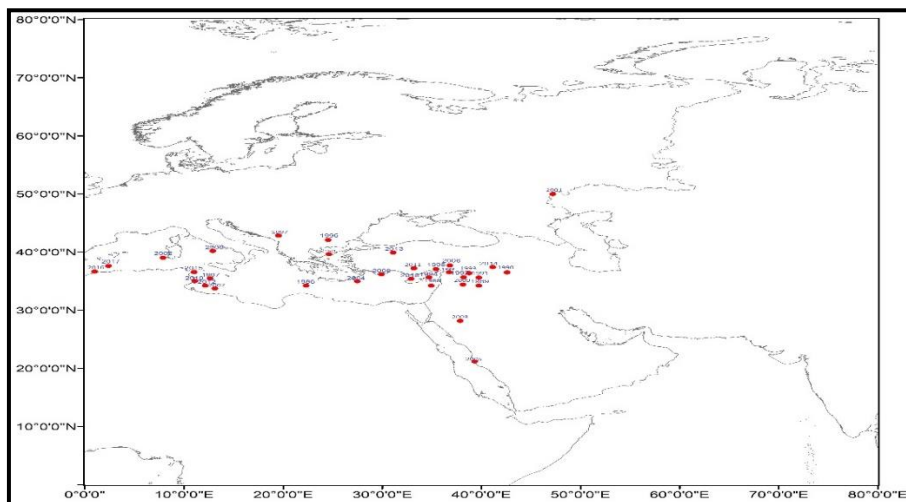


شکل ۶- ناهنجاری میانگین افزایشی دما و تعداد رخداد کم فشار بریده منطقه پژوهش در طول دوره مطالعاتی (۱۹۸۶-۲۰۱۸)

۳-۴- محل شکل‌گیری و مسیر حرکت کم‌فشارهای بریده موثر در بارش سنگین ایران

۳-۴-۱- اثر تغییر اقلیم در محل شکل‌گیری کم‌فشارهای بریده

شکل (۷) اثر تغییر اقلیم بر مکان شکل‌گیری کم‌فشار بریده در پایین‌ترین عرض جغرافیایی در دوره مطالعاتی را نشان می‌دهد. براساس شکل (۷)، محل تشکیل کم‌فشارهای بریده در طول دوره آماری متغیر بوده و دارای نوسان زیادی در محل تشکیل از لحاظ عرض و طول جغرافیایی بوده است. دوره آماری پژوهش به سه دوره ۱۱ سال تقسیم‌بندی شد. نتایج نشان داد که جنوبی‌ترین و شرقی‌ترین محل تشکیل کم‌فشارهای بریده در ۱۱ ساله اول (۱۹۸۶-۱۹۹۶) به‌طور میانگین در عرض جغرافیایی ۳۷/۴۵ درجه شمالی و طول ۳۱/۸۱ شرقی بوده است. در ۱۱ ساله دوم (۲۰۰۷-۱۹۹۷) به‌طور میانگین در عرض ۳۷/۲۷ شمالی و طول ۲۸/۴۵ شرقی و در ۱۱ ساله سوم (۲۰۱۸-۲۰۰۸) کم‌فشارهای بریده به‌طور میانگین در عرض جغرافیایی ۳۷/۲۷ و طول جغرافیایی ۲۱/۷۲ شرقی تشکیل شده‌اند (شکل ۷). با توجه به ناهنجاری در محل تشکیل کم‌فشارهای بریده در طول دوره آماری به نظر می‌رسد که تغییرات محل تشکیل مراکز کم‌فشار بریده در اثر تغییر اقلیم و گرمایش جهانی، منجر به کشیده شدن محل تشکیل مراکز به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر و طول‌های جغرافیایی در جهت غرب شده است. این موضوع می‌تواند در ارتباط با شواهد گسترش پرفشار جنب‌حاره‌ای به سمت عرض‌های بالاتر (لشکری و محمدی، ۱۳۹۴) و در نتیجه، تغییر امتداد کم‌فشارهای بریده در جهت شمالی‌تر و غربی‌تر باشد.

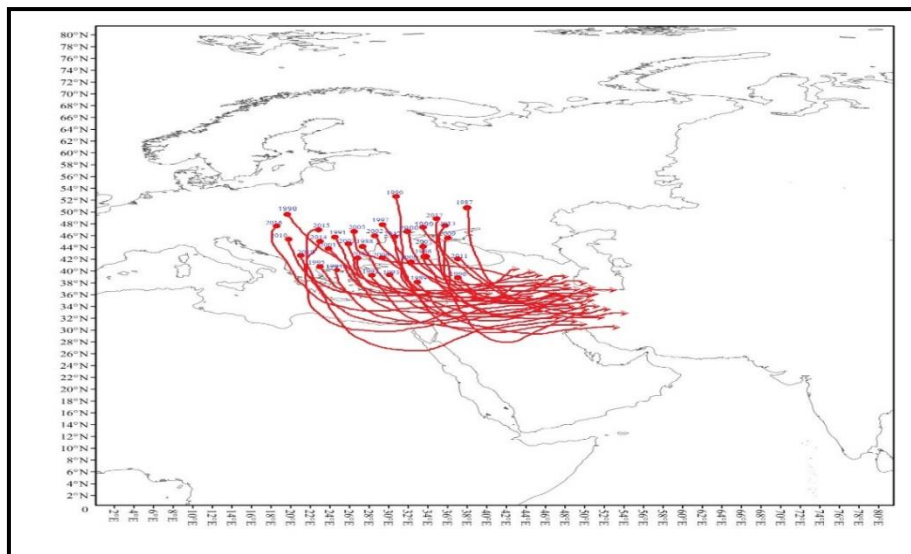


شکل ۷- مکان شکل گیری کم فشار بریده از لحاظ عرض جغرافیایی در طول دوره آماری (۱۹۸۶-۲۰۱۸)

۳-۲- اثر تغییر اقلیم در مسیر حرکت کم فشارهای بریده

محل شکل گیری و مسیر حرکت کم فشارهای بریده در طول دوره آماری (۱۹۸۶-۲۰۱۸) به گونه ای است که در ۱۱ سال اول دوره مطالعاتی (۱۹۸۶-۱۹۹۶)، کم فشارهای بریده معمولاً در روی دریای سیاه، شمال شرق و شرق دریای مدیترانه تشکیل شده و در طول مسیر حرکت خود رطوبت دریای سیاه و دریای مدیترانه را از سمت غرب، جنوب غرب و شمال غرب وارد ایران کرده و باعث اغتشاشات جوی و بارش هایی در سطح منطقه شده اند. در ۱۱ سال دوم (۱۹۹۷-۲۰۰۷)، کم فشارهای بریده عمدتاً در قسمت های شمالی دریای سیاه و همچنین شمال دریای مدیترانه تشکیل شده اند. و مسیر حرکت آنها به سمت غرب که با عبور از روی دریای مدیترانه همراه بوده رطوبت قسمت های مرکزی و شرقی دریای مدیترانه را جذب و در ادامه مسیر حرکت خود از طرف غرب و شمال غرب وارد ایران شده و ایستگاه های غربی و شمال غربی کشور را، تحت تأثیر بارش های سنگین قرار داده اند. در ۱۱ سال سوم (۲۰۰۸-۲۰۱۸)، که افزایش دمای به ویژه در سال های ۲۰۱۶، ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ شدیدتر بوده و نمودار **شکل (۴)** نیز تأییدکننده این افزایش دمایی شدید در سطح منطقه پژوهش است. کم فشارهای بریده عمدتاً در شمال دریای مدیترانه و غرب دریای سیاه تشکیل شده اند و از لحاظ عرض جغرافیایی به سمت عرض های بالا و از لحاظ طول جغرافیایی به سمت غرب کشیده شده اند. و ایستگاه های شمال غرب کشور را بیشتر تحت تأثیر قرار داده اند، و در مواردی محدود و در صورت فراهم بودن شرایط اقلیمی حاکم بر منطقه، با حرکت به سمت عرض های جغرافیایی پایین و عبور از روی دریای سرخ، رطوبت دریای سرخ را جذب و ایستگاه های غرب را متأثر ساخته است. تغییرات محل شکل گیری و مسیر حرکت کم فشارهای بریده نشان داد که در سال های اخیر با افزایش دما، پرفشار جنب حاره به سمت عرض های بالا در قسمت های نیمه جنوبی ایران، عراق، عربستان، بخش هایی از سوریه و ترکیه، و شمال غرب

آفریقا پیش‌روی کرده (لشکری و محمدی، ۱۳۹۴) و در نتیجه محل تشکیل و هم مسیر حرکت کم‌فشارهای بریده به سمت عرض‌های جغرافیایی بالای نقل مکان کرده و به نوعی کمتر در ایستگاه‌های جنوب‌غرب و مرکزی ایران تأثیر گذاشته و بیشترین تأثیرات کم‌فشارهای بریده روی ایستگاه‌های غرب و در سال‌های اخیر عمدتاً در ایستگاه‌های شمال‌غرب ایران بوده است.

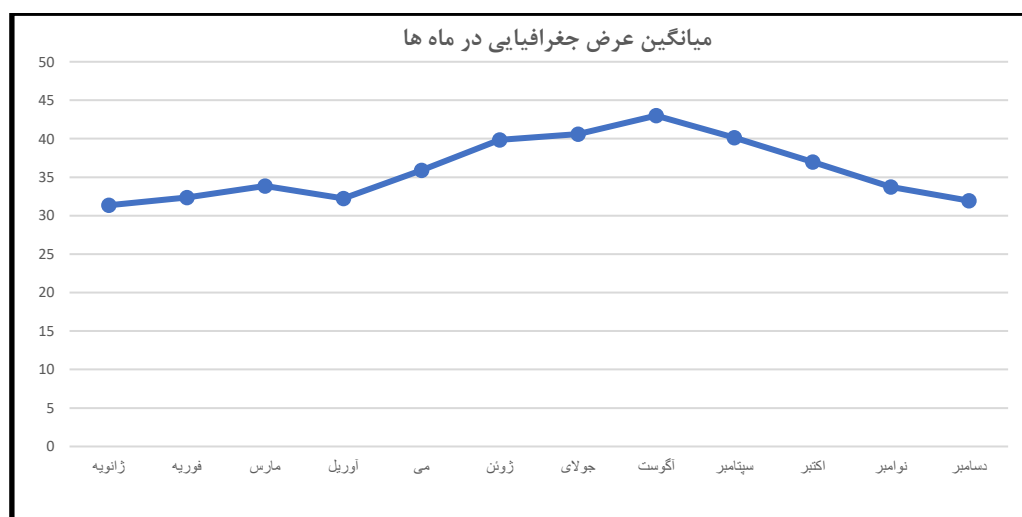


شکل ۸- تغییرات مسیر حرکت کم‌فشارهای بریده در طول دوره آماری (۱۹۸۶-۲۰۱۸)

۳-۴-۳- تغییرات مسیر حرکت کم‌فشارهای بریده در ماه‌های مطالعاتی

شکل (۹) تغییرات مکانی مسیر حرکت کم‌فشارهای بریده در ماه‌های دوره آماری را نشان می‌دهد. براساس نمودار مسیر حرکت کم‌فشارهای بریده در ماه‌های می، ژوئن، جولای و آگوست تغییرات شدیدی داشته و بیشتر به سمت عرض‌های جغرافیایی بالاتر کشیده شده‌اند. با توجه به تغییرات مسیر حرکت کم‌فشارهای بریده براساس شکل (۸)، و تغییرات مراکز فشار براساس شکل (۷)، می‌توان گفت که در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل، هسته پر ارتفاع جنب‌حاره‌ای در روی اقیانوس اطلس شکل گرفته و هنوز گسترش شرق‌سو و بالای روی قابل‌توجهی نداشته است، بنابراین کم‌فشارهای بریده در عرض‌های بین ۳۰ تا ۳۵ درجه به سمت شرق حرکت کرده‌اند و قسمت‌های جنوب‌غرب و غرب ایران را تحت تأثیر قرار داده‌اند. در ماه می گسترش رو به شرق پر ارتفاع جنب‌حاره‌ای افزایش یافته و بخش‌های زیادی از شمال‌غرب قاره آفریقا، عربستان و عراق را فراگرفته و در ماه ژوئن و جولای زبانه‌هایی از پر ارتفاع به نیمه جنوب و جنوب‌غربی ایران رسیده است، بنابراین در ماه‌های می، ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر مسیر حرکت کم‌فشارهای بریده به سمت عرض‌های شمالی جابجا شده و بین عرض‌های ۳۵-۴۰ درجه شمالی قرار

گرفته‌اند. با فرا رسیدن فصل پاییز و عقب‌نشینی زبلنه پر ارتفاع جنب‌حاره‌ای به عرض‌های جغرافیایی پایین، کم‌فشارهای بریده در ماه‌های اکتبر، نوامبر و دسامبر مسیرهای جنوبی‌تر را پیموده و در محدوده عرض‌های بین ۳۰-۳۵ درجه عرض شمالی به سمت غرب و کشور ایران حرکت کرده‌اند.

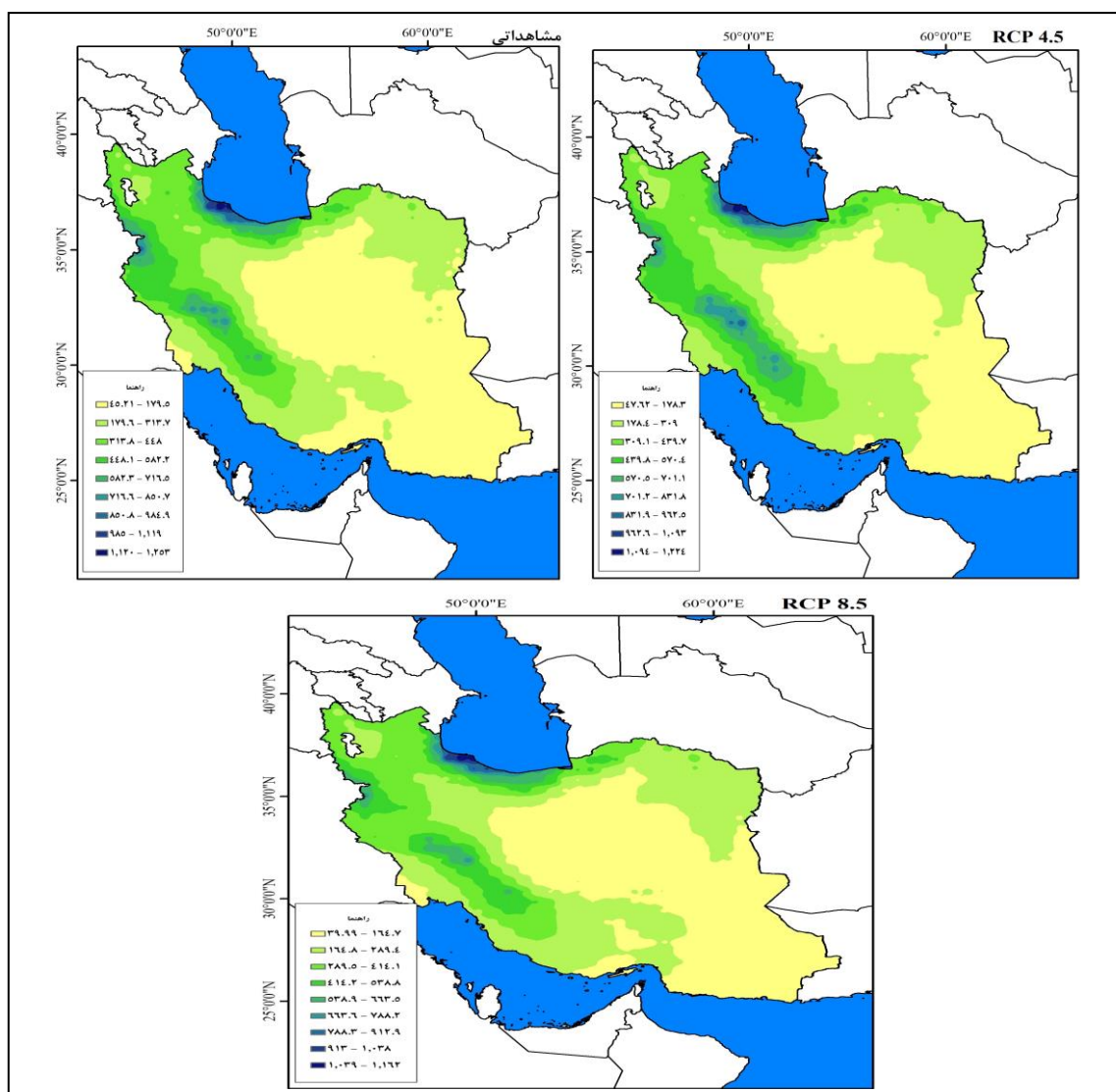


شکل ۹- تغییرات مسیر حرکت کم‌فشارهای بریده از لحاظ عرض جغرافیایی در ماه‌های سال

۳-۵- تغییرات میزان بارش سالانه ایران در دوره مطالعاتی و دوره آینده

میزان بارندگی سالانه برای دوره تاریخی و پیش‌نگری شده برای دوره آینده برای دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 در شکل (۱۰) نشان داده شد. براساس نقشه بارش دوره تاریخی، بیشترین میزان بارش به مقدار ۱۲۵۲ میلی‌متر در قسمت‌های جنوب‌غربی سواحل دریای خزر و کمترین میزان بارش دریافتی در طول دوره مطالعاتی به میزان ۴۵/۲۱ میلی‌متر در نواحی مرکزی، شرقی، جنوب‌شرقی و محدوده خیلی کم در شمال خلیج فارس در استان خوزستان را فرا گرفته است. برای دوره آینده براساس خروجی مدل Cordex در سناریوی RCP4.5 بیشترین میزان بارش دریافتی به مقدار ۱۲۲۴ و کمترین مقدار بارش دریافتی به میزان ۴۷/۶۲ خواهد بود. که نشان می‌دهد مقدار بارش حداقل به میزان ۲/۴۱ میلی‌متر افزایش و در مقابل مقدار بارش حداکثر به میزان ۲۷ میلی‌متر در جنوب‌غرب دریای خزر کاهش خواهد داشت. و در سناریوی RCP8.5 بیشترین میزان بارش دریافتی به مقدار ۱۱۶۲ و کمترین مقدار بارش دریافتی به میزان ۳۹/۹۹ خواهد بود. که نشان‌دهنده کاهش میزان بارش حداقل به مقدار ۵/۲۲ و کاهش بارش حداکثر به میزان ۹۱ میلی‌متر برای دوره آینده خواهد بود. از نظر توزیع مکانی بارش در سناریوی RCP4.5، میانگین بارش (۸۳۱-۹۶۲) میلی‌متر در امتداد زاگرس مرکزی و جنوبی افزایش، ولی در سناریوی RCP8.5 کاهش خواهد داشت. در هر دو سناریو، در زاگرس شمالی میانگین بارش به میانگین (۷۰۱-۸۳۱) میلی‌متر در استان کردستان

کاهش خواهد داشت. همچنین بارش در شرق و شمال دریاچه ارومیه و همچنین بخش‌هایی از استان زنجان و قزوین کاهش خواهد بود. در قسمت‌های شمال شرق (خراسان رضوی و جنوبی)، به علت فعالیت و گسترش سامانه پرفشار سیبری و در جنوب غرب و جنوب ایران به علت تأثیرات بارشی سیستم کم فشار سودانی و دریای سرخ بارش افزایش خواهد داشت. نتایج پژوهش در مورد ناهنجاری‌های بارش در دوره تاریخی و آینده با تحقیقات **بلبائیان و همکاران (۱۳۸۸)**، **دوستان (۱۳۹۸)**، **گوها تاورتا و همکاران (۲۰۱۱)**، **عساکره و همکاران (۱۳۹۰)**، **سید کابلی (۱۳۹۵)** مشابهت داشته است.

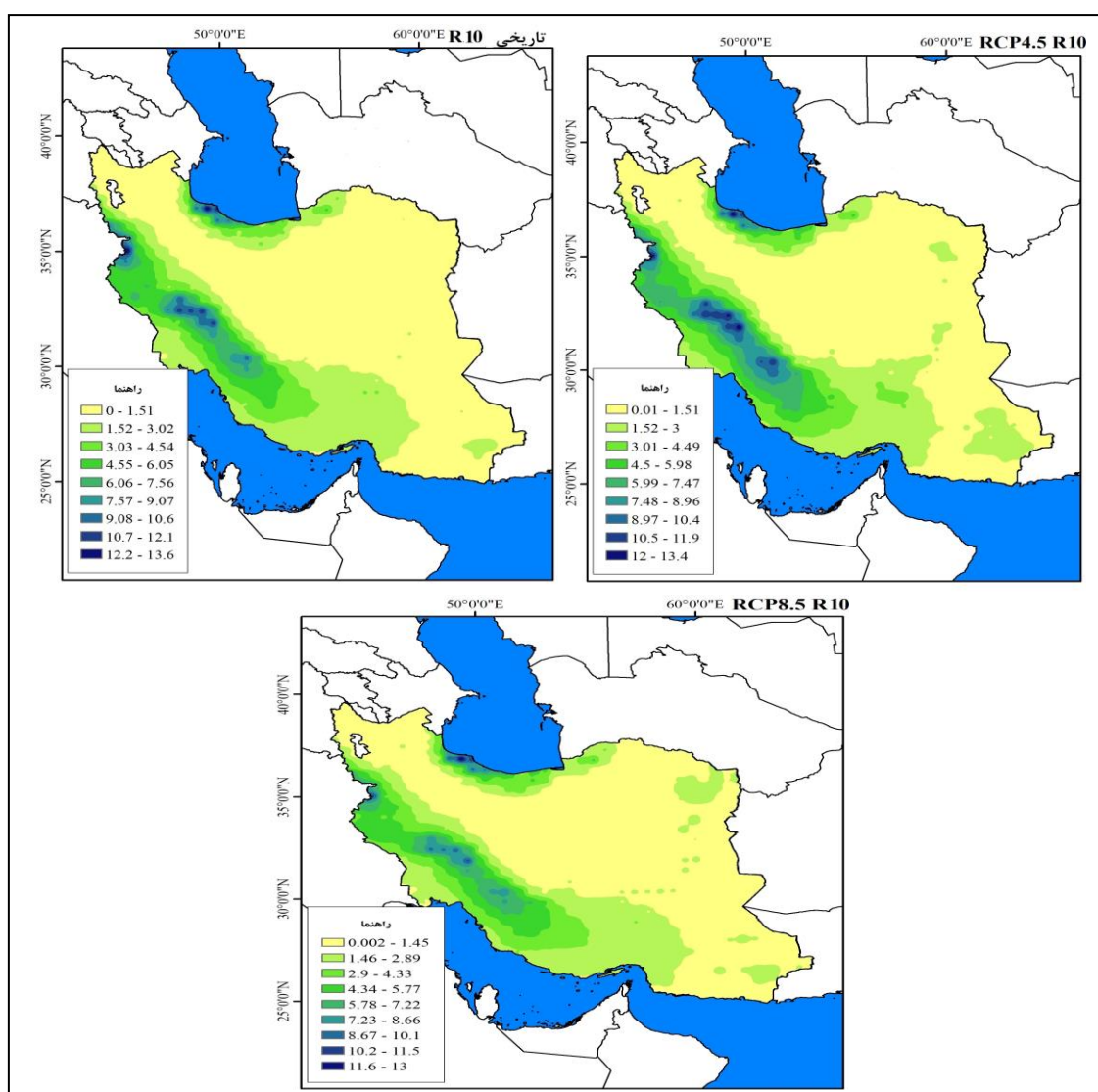


شکل ۱۰- تغییرات میزان بارش سالانه ایران در دوره مطالعاتی (۱۹۸۶-۲۰۱۸) و دوره آینده (۲۰۲۶-۲۰۹۹)

براساس سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5، مدل GFDL-ESM2M پروژه CORDEX

۳-۶- تغییرات میزان بارش سنگین (۱۰ میلی‌متر) در دوره مطالعاتی و دوره آینده

شکل (۱۱) بارش بیش از ۱۰ میلی‌متر دوره تاریخی (۱۹۸۶-۲۰۱۸) و دوره آینده (۲۰۲۶-۲۰۹۹) را نشان داده است. براساس خروجی cordex در سناریوی RCP4.5 در شمال کشور بارش بالای ۱۰ میلی‌متر بر روی البرز مرکزی گسترش خواهد یافت و حتی به دامنه‌های جنوبی البرز کشیده خواهد شد. در آذربایجان فقط در اطراف قله سهند بارش بالای (۵/۵ - ۵/۹۹ میلی‌متر) خواهیم داشت. در غرب و جنوب غرب ایران به علت افزایش فعالیت کم فشار سودانی تاثیرات بارشی در این منطقه محسوس خواهد بود و افزایش بارش‌های سنگین بالای ۱۰ میلی‌متر هم از لحاظ کمیت و هم از لحاظ گستردگی در سطح منطقه قابل توجه خواهد بود. در چند سال اخیر در اثر تغییرات اقلیمی و تاثیری که این عامل روی سیستم‌های جوی و از جمله بارش‌های موسمی داشته است در جنوب شرق و جنوب ایران شاهد افزایش بارش و به ویژه بارش‌های سنگین هستیم. در هر دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 در قسمت جنوب و جنوب شرق در استان‌های هرمزگان، سیستان و بلوچستان، کرمان و فارس میزان و تعداد بارش‌های سنگین و بالای ۱۰ میلی‌متر افزایش خواهند داشت، و این افزایش در استان سیستان و بلوچستان در سطح گسترده‌تر و به صورت محسوس‌تر خواهد بود. در شمال شرق ایران براساس دو سناریوی RCP4.5 و RCP8.5 بارش‌های سنگین در خراسان رضوی و خراسان جنوبی در آینده رخ خواهد داد. که این مسئله نشان می‌دهد که بارش‌های موسمی و فعالیت پرفشار سیبری در صورت فراهم بودن رطوبت لازم (که از طریق سامانه‌های غربی رطوبت به این منطقه از کشور آورده خواهد شد)، باعث رخداد بارش‌های سنگین در این بخش از کشور خواهد شد. نتایج پژوهش حاضر در مورد بارش سنگین با تحقیقات دوستان (۱۳۹۸)، گوهاتا کورتا و همکاران (۲۰۱۱)، خورشید دوست و همکاران (۱۳۹۸)، حجازی زاده و همکاران (۱۳۹۹)، کائو و گانگولی (۲۰۱۱)، رحیمی و همکاران (۲۰۱۸)، وی و همکاران (۲۰۱۸) و رحیمی و فاطمی (۲۰۱۹) مطابقت داشته است.



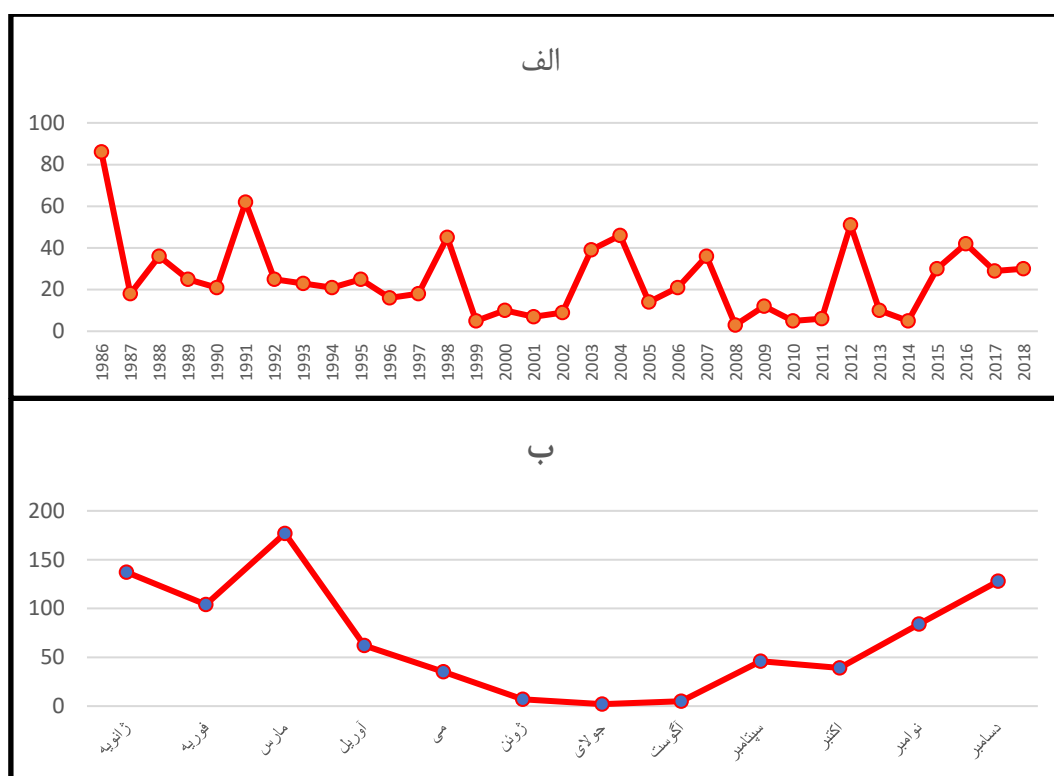
شکل ۱۱- تغییرات میزان بارش سنگین (۱۰ میلی متر) در دوره مطالعاتی (۱۹۸۶-۲۰۱۸) و دوره آینده (۲۰۲۶-۲۰۹۹)

براساس سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5، مدل GFDL-ESM2M پروژه CORDEX

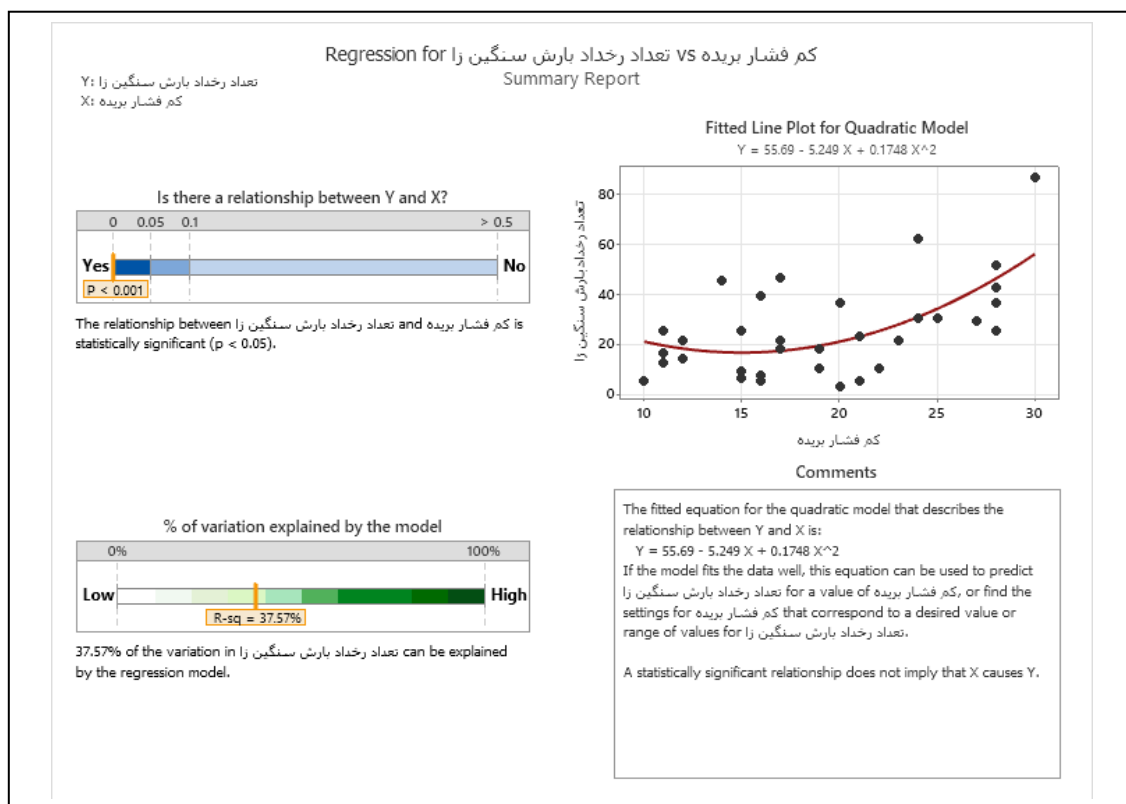
۳-۷- بررسی تعداد رخداد سالانه و ماهانه بارش سنگین حاصل از کم فشار بریده در دوره مطالعاتی (۱۹۸۶-۲۰۱۸)

روند بارش های سنگین حاصل از کم فشارهای بریده در ایستگاه های سینوپتیک مورد پژوهش در طول دوره مطالعاتی نشان داد که با وجود اینکه از نظر آماری روند معناداری در رخداد بارش سنگین در ۳۳ سال تأیید نمی شود اما افت و خیزهایی در رخداد بارش سنگین دیده شد (شکل ۱۲). بررسی رابطه رگرسیون دوجمله ای نشان داد که رابطه مستقیم معناداری بین رخداد کم فشار بریده و بارش سنگین در سطح خطای ۵ درصد تأیید شده است بطوریکه

تغییرات تعداد رخداد کم فشار بریده حدود ۳۷/۵۷ درصد تغییرات رخداد بارش سنگین را تبیین می‌کند (شکل ۱۳). کانون تشکیل و مسیر حرکت کم فشارهای بریده به سمت عرض‌های جغرافیایی بالا کشیده شده و از لحاظ تغییرات فشاری و شدت و قدرت به صورت ضعیف عمل می‌کند (شکل ۱۲ الف). ولی در سال‌های اخیر میزان تأثیر کم فشارهای بریده در بارش سنگین ایستگاه‌های ایران به ویژه ایستگاه‌های شمالی چشم‌گیرتر بوده است و باعث افزایش بارش‌های سنگین شده است. از لحاظ شرایط تأثیر کم فشارهای بریده در بارش‌های سنگین ماهانه، ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر به ترتیب با (۱۳۷، ۱۰۴، ۱۷۷ و ۱۲۸) دارای بیشترین تعداد رخداد بارش و ماه‌های ژوئن (۷)، جولای (۲) و آگوست (۵) دارای کمترین تعداد رخداد و یا تأثیر کمتر کم فشار بریده در رخداد بارش سنگین در طول دوره مطالعاتی بوده است.



شکل ۱۲- الف- تعداد رخداد سالانه کم فشار بریده و ب- فراوانی رخداد ماهانه بارش سنگین حاصل از کم فشار بریده در دوره مطالعاتی (۱۹۸۶-۲۰۱۸)



شکل ۱۳- بررسی رابطه تعداد رخداد بارش سنگین (۱۰ میلی متر) و رخداد کم فشار بریده به روش رگرسیون در دوره تاریخی

۴- نتیجه گیری

در این پژوهش با بررسی تغییرات دمای تراز زمین و فشار تراز سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال با استفاده از مدل GFDL-ESM2M پروژه CORDEX، میانگین دما در سطح منطقه موردپژوهش در دوره تاریخی و آینده تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب ۸/۱۰ و ۳/۱۲ درجه سلسیوس برآورد شد. میانگین دمای (۲۲ - ۲۷) درجه سلسیوس در قسمت‌های جنوبی ایران، بخشی از پاکستان، عربستان، عراق و کشورهای واقع در شمال آفریقا گسترش یافته است. نتایج پژوهش با تحقیق (للیولد^۱ و همکاران، ۲۰۱۶)، که براساس گروهی از مدل‌های CMIP5 تحت شرایط RCP4.5 و RCP8.5 گرمایش آب‌وهوا در فصل تابستان (در ارتباط با تقویت کم‌فشار گرمایی) در خلیج فارس، جنوب آسیا تا دریای مدیترانه را نشان دادند و همچنین تحقیق **جلستروم و همکاران (۲۰۱۸)**، که با استفاده از مدل EURO-CORDEX نشان دادند که تغییرات اقلیمی اروپا در دمای میانگین جهانی،

1 Lelieveld

۱/۵ و ۲ درجه سلسیوس بالاتر از شرایط پیش از صنعتی شدن است مطابقت دارد. ناهنجاری‌های فشار سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در سطح منطقه پژوهش برای دوره تاریخی (۱۹۸۶-۲۰۱۸) و دوره آینده (۲۰۲۶-۲۰۹۹) با سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 حاکی از افزایش میانگین فشار در سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 به میزان ۶۱/۵ و ۹۲/۵ میلی‌بار است. از آنجاکه پرفشار جنب‌حاره‌ای در دوره گرم سال منطقه شمال آفریقا و جنوب‌غرب آسیا را تحت تأثیر قرار داده و زبانه‌ای از آن بر روی ایران پدیدار می‌شود (حلییان، ۱۳۸۸) افزایش فشار در منطقه مورد مطالعه می‌تواند شواهدی از جابجایی پرفشار حاره در اثر تغییر اقلیم در منطقه باشد. فراوانی رخداد کم‌فشار بریده مؤثر در بارش سنگین ایران با توجه به ناهنجاری دما در سطح منطقه که مثبت و افزایشی است، در طول دوره آماری روند کاهشی را نشان می‌دهد. کمترین فراوانی رخداد کم‌فشار بریده در سال‌های ۱۹۹۵ و ۱۹۹۶ به تعداد ۱۰ رخداد، و بیشترین میزان رخداد در سال‌های ۱۹۸۶ با ۳۰ رخداد بوده است. با افزایش دمای هوا و پیش‌روی پرفشار جنب حاره‌ای به سمت عرض‌های بالا، محل تشکیل کم‌فشار بریده در طول دوره آماری به‌ویژه در سال‌های اخیر به سمت عرض‌های بالا کشیده شده است. از نظر تغییرات مسیر حرکت، کم‌فشارهای بریده در ماه‌های می، ژوئن، جولای و آگوست تغییرات شدیدی داشته و بیشتر به سمت عرض‌های جغرافیای بالاتر کشیده شده‌اند. کم‌فشارهای بریده براساس طول عمر به‌ترتیب با عمر متوسط ۳، ۲ و ۴ روز دارای بیشترین تعداد رخداد بوده‌اند. و کم‌فشارهای بریده با عمر بالای ۷ روز خیلی کم و به‌صورت اتفاقی رخ داده‌اند. از لحاظ تغییرات بارش در ایستگاه‌های سینوپتیک ایران در دوره آینده براساس خروجی مدل CORDEX در سناریوی RCP4.5 مقدار بارش حداقل به میزان ۲/۴۱ میلی‌متر افزایش و در مقابل مقدار بارش حداکثر به میزان ۲۷ میلی‌متر در جنوب‌غرب دریای خزر کاهش خواهد داشت. و براساس خروجی مدل CORDEX در سناریوی RCP8.5 کاهش میزان بارش حداقل به مقدار ۵/۲۲ و کاهش بارش حداکثر به میزان ۹۱ میلی‌متر برای دوره آینده خواهد بود. میزان تأثیر کم‌فشار بریده در بارش‌های سنگین کاهش داشته است. و این نشان می‌دهد که تغییرات اقلیمی باعث شده که کانون تشکیل و مسیر حرکت کم‌فشارهای بریده به سمت عرض‌های جغرافیایی بالا کشیده شده و از لحاظ تغییرات فشاری و شدت و قدرت به‌صورت ضعیف عمل کند. ولی در سال‌های اخیر میزان تأثیر کم‌فشارهای بریده در بارش سنگین ایستگاه‌های ایران به‌ویژه ایستگاه‌های شمالی چشم‌گیرتر بوده است و باعث افزایش بارش‌های سنگین شده است. از لحاظ شرایط تأثیر کم‌فشارهای بریده در بارش‌های سنگین ماه‌لنه، ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر به ترتیب با (۱۳۷، ۱۰۴، ۱۷۷ و ۱۲۸) دارای بیشترین تأثیر و ماه‌های ژوئن (۷)، جولای (۲) و آگوست (۵) دارای کمترین تأثیر کم‌فشار بریده در رخداد بارش سنگین در طول دوره مطالعاتی بوده است.

کتابنامه

اشرف، سمیه؛ ۱۳۹۳. *تحلیل همدیدی سامانه‌های سیل زا در حوضه قره‌سو*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه محقق اردبیلی.

امیدوار، کمال؛ الفتی، سعید؛ اقبالی بآبادی، فریبا؛ مرادی، خدیجه؛ ۱۳۹۲. واکاوی ترمودینامیکی بارش‌های سنگین ناشی از پدیده سردچال در نواحی مرکزی و جنوب غرب ایران در بارش ۱۱ آذر ۱۳۸۷. *فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی*، شماره پنجم، بهار ۱۳۹۲، ص ۱-۱۹.

<https://doi.org/10.22067/geo.v2i1.16881>

امیدوار، کمال؛ صفرپور، فرشاد؛ محمودآبادی، مهدی؛ الفتی، سعید؛ ۱۳۸۹. تحلیل همدیدی اثرهای سردچال در وقوع بارش‌های شدید در مرکز و جنوب غرب ایران. *مجله برنامه‌ریزی و آمایش فضا*. دوره ۱۴. شماره ۴، صص ۱۶۱-۱۸۹.

<http://hsmasp.modares.ac.ir/article-21-3422-fa.html>

امیدوار، کمال؛ نارنگی فرد، مهدی؛ محمودآبادی، مهدی؛ فخاری واحد؛ مجتبی؛ ۱۳۹۴. واکاوی ترمودینامیکی و همدید بارش‌های استثنایی بهاره و نقش ارتفاع ابر در رخداد بارش‌ها در شیراز. *جغرافیای سرزمین*. ۱۲(۴۷)، ۹۳-۱۱۱.

https://journals.srbiau.ac.ir/article_9638.html

بابایی فینی، ام السلمه. فرج زاده اصل، منوچهر؛ ۱۳۸۱. الگوهای تغییرات مکانی و زمانی بارش در ایران. *مدرس علوم انسانی*، ۶(۴۷)، ۵۱-۷۰. <https://sid.ir/paper/6948/fa>

باباییان، ایمان؛ نجفی نیک، زهرا؛ زابل عباسی، فاطمه؛ حبیبی نوخندان، مجید؛ ادب، حامد؛ ملبوسی، شراره؛ ۱۳۸۸. ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو. *جغرافیا و توسعه*، ۷(پیاپی ۱۶)، ۱۳۵-۱۵۲.

<https://doi.org/10.22111/gdij.2009.1179>

بلیانی، سعید؛ سلیقه، محمد؛ ۱۳۹۵. تحلیل و استخراج الگوهای جوی منجر به بارش‌های سنگین روزانه منطقه شمال خلیج فارس مورد مطالعه: حوضه‌های آبریز حله و مند. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. ۳(۲)، ۷۹-۹۸.

<http://dx.doi.org/10.18869/acadpub.jsaeh.3.2.79>

پروین، نادر؛ ۱۳۹۶. بررسی مرکز تغییرات تراز میانی جو مؤثر بر روزهای خشک در حوضه آبریز زاب کوچک با استفاده از PCA. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال هفدهم، شماره ۴۶، پاییز ۹۶، صفحه ۲۳ -

<http://dorl.net/dor/20.1001.1.22287736.1396.17.46.6.6.43>

حاجی خانی، نسیم؛ ۱۳۹۷. نقش سردچال‌های جوی عرض‌های میانه در تداوم بارش‌های روزانه غرب ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه رازی.

حجازی زاده، زهرا؛ حلبیان، امیرحسین؛ کربلانی درئی، علیرضا؛ طولابی نژاد، میثم؛ ۱۳۹۹. واکاوی تغییرات مقادیر حدی بارش در گستره ایران زمین. *مخاطرات محیط طبیعی*. جلد ۷، شماره ۲۳، ص ۱۳۵-۱۵۰.

<https://doi.org/10.22111/jneh.2019.29874.1519>

حجازی زاده، زهرا؛ جعفرپور، زین العابدین؛ پروین، نادر؛ ۱۳۸۶. بررسی و شناسایی الگوهای سینوپتیکی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مولد سیلاب های مخرب و فراگیر سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی (علوم جغرافیایی)، جلد ۷، شماره ۱۰. صص ۱۲۵-۱۵۵.

<http://jgs.khu.ac.ir/article-1-545-fa.html>

حلبیان، امیرحسین؛ ۱۳۸۸. تحلیل همید ارتباط پرفشار آזור با دماهای بیشینه ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۹۶. ص ۵۱-۷۸. https://www.sid.ir/fa/VEWSSID/J_PDF/553139010008.pdf

حمزه سرکانی، میترا؛ ۱۳۹۷. بررسی پدیده تغییر اقلیم در منطقه خاورمیانه. پایان نامه کارشناسی ارشد. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشکده مهندسی و فناوری کشاورزی، گروه مهندسی آبیاری و آبادانی. حیدری منفرد، زهرا؛ ۱۳۹۲. تحلیل آماری و سینوپتیکی بارش تگرگ در منطقه شمال غرب ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده ادبیات و علوم انسانی. دانشگاه زنجان.

خورشیددوست، محمدعلی؛ رضایی بنفشه، مجید؛ خرم آبادی، فرحناز؛ رشیدی حسن آبادی، اسماعیل؛ ۱۳۹۸. بررسی تغییرات بارش های حدی در ایران مرکزی، چهارمین کنفرانس معماری، مهندسی عمران، کشاورزی و محیط زیست، <https://civilica.com/doc/1000406>

خوش اخلاق، فرامرز؛ احمدی، نعمت؛ کریمی احمدآباد، مصطفی؛ ۱۳۹۸. واکاوی همید اثر گرمایش جهانی بر روند دمای ترازهای جوّی در ایران. اطلاعات جغرافیایی، ۲۸(۱۰۹)، ۲۱۱-۲۲۲. magiran.com/p1985802 دارند، محمد؛ ۱۳۹۳. شناسایی تغییرات ارتفاع ژئوپتانسیل، تاوایی و فشار تراز دریای الگوهای گردش جوی غالب مؤثر بر اقلیم ایران زمین. پژوهش های جغرافیای طبیعی (پژوهش های جغرافیایی)، ۴۶(۳)، ص ۳۴۹-۳۷۴.

<https://doi.org/10.22059/jphgr.2014.52136>

دوستان، رضا؛ ۱۳۹۸. تحلیلی بر تغییرات بارش در ایران. پژوهش های اقلیم شناسی ۱۳-۲۵. https://clima.irimo.ir/article_113829.html

دوستکامیان، مهدی؛ میر موسوی، حسین؛ ستوده، فاطمه؛ ۱۳۹۵. بررسی و تحلیل الگوی فضایی تغییرات درون دهه ای بارش های سنگین و فوق سنگین ایران، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی پاییز ۱۳۹۵ - شماره ۶۳، ۲۰، ص ۸۶-۶۷. <https://doi.org/10.22108/gep.2017.97958>

راستی، فاطمه؛ امیدوار، کمال؛ ۱۳۹۳. تحلیل همیدی اثر سردچال در وقوع شدیدترین بارش مشهد طی دوره آماری ۴۹ ساله (۱۳۴۰ - ۱۳۸۹). دومین همایش ملی پژوهش های کاربردی در جغرافیا و گردشگری.

<https://civilica.com/doc/413510>

رضایی، حسین؛ ۱۳۹۶. نقش کم فشارهای بریده در بارش ایران. رساله دکتری آب و هواشناسی. دانشکده جغرافیا. دانشگاه تهران.

سیدکابلی، حسام؛ ۱۳۹۵. عدم قطعیت مقادیر شدت-فراوانی بارش های حداکثر در اثر تغییر اقلیم آتی (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی). تحقیقات منابع آب ایران ۱۲ (۱۲)، ۱۰۳-۹۳.

<https://www.virascience.com/article/131355>

شفیعی، شهاب؛ ۱۳۹۵. بررسی آستانه بارش‌های حدی (فرین) و واکاوی همبستگی الگوهای مؤثر بر وقوع آن‌ها در غرب ایران. رساله دکتری آب و هواشناسی (مخاطرات محیطی). پردیس علوم انسانی و اجتماعی. دانشگاه یزد. عساکره، حسین. رزمی، رباب؛ ۱۳۹۰. اقلیم‌شناسی بارش شمال غرب ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۵، ص ۱۵۸ - ۱۳۷. <https://doi.org/10.22111/gdij.2011.514>

عساکره، حسین؛ ۱۳۹۰. مبانی اقلیم‌شناسی آماری. انتشارات دانشگاه زنجان. لشکری، حسن؛ محمدی، زینب؛ ۱۳۹۴. اثر موقعیت استقرار پرفشار جنب حاره ای عربستان بر سامانه های بارشی در جنوب و جنوب غرب ایران. نشریه پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. بهار ۱۳۹۴. شماره ۹۱. ص ۷۳-۹۰.

<https://doi.org/10.22059/jphgr.2015.53679>

ناصری، نرگس؛ ۱۳۹۶. تأثیر سامانه بلاکینگ بر بارش‌های ایران. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده ادبیات و علوم انسانی دکتر علی شریعتی. دانشگاه فردوسی مشهد.

- Abatzoglou, John T. 2016. Contribution of Cutoff Lows to Precipitation across the United States. Journal of applied Meteorology and Climatology Volume55. DOI: <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-15-0255.1>
- Aich V, Akhundzadah N A, Knuerr A, Khoshbeen A J, Hattermann F, Paeth H, Scanlon A, Nora Paton E. 2015. Climate Change in Afghanistan Deduced from Reanalysis and Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX), South Asia Simulations, Climate, Vol 5 (38): pp 1-25.
- Alijani B. 2011. Spatial analysis of the critical temperatures and daily precipitation in Iran. Journal of Geographical Sciences and Applied Research 11(20): 1-29. <http://jgs.khu.ac.ir/article-1-593-fa.html>
- Almazorei, R. E., H. O. Hygen, R. van Dorland, J. Cook, D. Nuccitelli, 2015, Agnotology: Learning from Mistakes, Earth Systems Dynamics, Vol. 4, pp. 451-505.
- Asakereh. H. 2008. Spatio - Temporal Changes of Iran Inland Precipitation during Recent Decades. Geography and Development Iranian Journal. 5(10). pp. 145-164.
- Buckley BW, Leslie LM, Sullivan W, Leplastrier M, Qi L. 2007. A rare East Indian Ocean autumn season tropical cut-off low: impacts and a high-resolution modelling study. Meteorol Atmos Phys 96:61-84.
- Darand, M. 2014. Analysis of variations in extreme temperature and precipitation in Oromieh indices as the signs of climate change. Journal of Water and Soil Conservation, 21(2), 1-29.
- Davies JM. 2006. Tornadoes with cold core 500-mb lows. Wea. Forecasting, 21, 1051-1062, <https://doi.org/10.1175/WAF967.1>
- Davis JC. 1998. Statistics and data Analysis in geology :2nded. New Yourk:John, wily&sons. DOI: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0497.1>
- Favre A, Hewitson B, Tadross M, Lennard C, Mota R. 2012. Relationships Between CutOff Lows and The Semiannual and Southern Oscillations, Climate Dynamics, Vol. 38, pp. 1473-1487
- Ferreira, R.N. Cut-Off Lows and Extreme Precipitation in Eastern Spain: Current and Future Climate. Atmosphere 2021, 12, 835. <https://doi.org/10.3390/atmos 12070835>

- Griffiths M, Reeder MJ, Low DJ, Vincent RA. 1998 Observations of a cut-off low over southern Australia. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 124, 1109–1132, <https://doi.org/10.1002/qj.49712454805>
- Guhathakurta. P. Sreejith. O.P. Menon. P.A. 2011. Impact of climate change on extreme rainfall events and flood risk in india. *Journal of Earth system science*. 120(3). pp. 359-373.
- Hirota NY, Takayabu N, Kato M, Arakane S. 2016. Roles of an atmospheric river and a cutoff low in the extreme precipitation event in Hiroshima on 19 August 2014. *Mon.Wea. Rev.*, 144, <https://doi.org/10.1175/MWR-D-15-0299.1>
- Homar V, Gaya M, Ramis C. 2001. A synoptic and mesoscale diagnosis of a tornado outbreak in the Balearic Islands. *Atmos. Res.*, 56, 31–55, [https://doi.org/10.1016/S0169-8095\(00\)00087-9](https://doi.org/10.1016/S0169-8095(00)00087-9)
- IPCC. 2022. Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change The Working Group III report provides an updated global assessment of climate change mitigation progress and pledges, and examines the sources of global emissions. It explains developments in emission reduction and mitigation efforts, assessing the impact of national climate pledges in relation to long-term emissions goals.
- Kao, S. C., & Ganguly, A. R. 2011. Intensity, duration, and frequency of Precipitation Extremes under 21st-century warming scenarios. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, <https://doi.org/10.1029/2010JD015529>
- Kendall M.G. 1975. Rank Correlation Methods, Griffin, London.
- Kjellström E, Nikulin G, Strandberg G, Christensen OB, Jacob D, Keuler K, Lenderink G, van Meijgaard E, Schär C, Somot S, Sørland SL, Teichmann C, Vautard R. 2018. European climate change at global mean temperature increases of 1.5 and 2° C above pre-industrial conditions as simulated by the EURO-CORDEX regional climate models. *Earth Syst Dyn* 9(2):459–478. <https://doi.org/10.5194/esd-9-459-2018>.
- Lelieveld J, Proestos Y, Hadjinicolaou P, Tanarhte M, Tyrlis E, Zittis G. 2016. Strongly increasing heat extremes in the Middle East and North Africa (MENA) in the 21st century, *Climatic Change*, 137(1-2), 245- 260.
- Lu, J., C. Deser, and T. Reichler., 2009, Cause of the widening of the tropical belt since 1958, *Geophys Research. Letters*, 36, L03803, <https://doi.org/10.1029/2008GL036076>
- Mann, H. B, 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica. Journal of the Econometric Society*, 245-259.
- Mohr S, Coauthors. 2020. The role of large-scale dynamics in an exceptional sequence of severe thunderstorms in Europe May–June 2018. *Wea. Climate Dyn.*, 1, 325–348, <http://dx.doi.org/10.5194/wcd-1-325-2020>
- Munoz, Cristian. Schultz, David. Vaughan, Geraint. 2020. A Midlatitude Climatology and Interannual Variability of 200- and 500-hPa Cut-Off Lows. *American Meteorological Society*. For information regarding reuse of this content and general copyright information, consult the AMS Copyright Policy (www.ametsoc.org/PUBSReuseLicenses). Page(s): ۲۲۰۱–۲۲۲۲
- Nieto R, Gimento L, Torre L, Ribera P, Gallego D, Herrera R, Garcia J, Nunez M, Redano A, Lorente J. 2005. Climatological features of Cutoff Low Systems in the Northern Hemisphere, *Journal of Climate*, Volume 18, PP 3085-3103.
- Palmén E, Newton C. 1969. *Atmospheric Circulation Systems*, Academic Press, <http://n2t.net/ark:/85065/d789173b>
- Porcu F, Carrassi A, Medaglia CM, Prodi F, Mugnai A. 2007. A study on cut-off low vertical structure and precipitation in the Mediterranean region. *Meteorol Atmos Phys* 96:121–140.

- Rahimi, M. , Mohammadian, N. , Vanashi, A. Whan, K., 2018. Trends in Indices of Extreme Temperature and Precipitation in Iran over the Period 1960-2014.
- Rahimi, M., & Fatemi, S. S. 2019. Mean versus Extreme Precipitation Trends in Iran over the Period of 1960–2017. *Pure and Applied Geophysics*, 1-19. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00024-019-02165-9>
- Riley E. Dunlap, Aaron M. McCright 2010. Climate change denial: sources, actors and strategies.” *Routledge handbook of climate change and society*.
- Schumacher RS, Johnson RH. 2008. Mesoscale processes contributing to extreme rainfall in a midlatitude warm-season flash flood. *Mon. Wea. Rev.*, 136, 3964–3986, <https://doi.org/10.1175/2008MWR2471.1>
- Seko HM, Kunii S, Yokota T, Tsuyuki T. 2015. Ensemble experiments using a nested LETKF system to reproduce intense vortices associated with tornadoes of 6 May 2012 in Japan. *Prog. Earth Planet. Sci.*, 2, 42, <https://progearthplanet.sci.springeropen.com/articles/10.1186/s40645-015-0072-3>
- Sen PK. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall’s Tau. *Journal of the American Statistical Association*. 63. Pp 1379-1389.
- Seyed Kaboli. H. 2016 .Uncertainty of extreme rainfall intensity and frequency under future climate change impact: Khorasan-Razavi province. *IR-WRR*. 12(2). pp. 93-103.
- Singleton A, Reason T. 2007. A numerical model study of an intense cutoff low pressure system over South Africa. *Mon. Wea. Rev.*, 135, 1128–1150, <https://doi.org/10.1175/MWR3311.1>
- Taljaard, J. (1985), Cut-off lows in the South African region, South African Weather Bureau Technical Paper14.
- Tibaldi S, Molteni F. 1990. On the operational predictability of blocking. *Tellus*, 42A, 343-365.
- Tsuboki K, Ogura Y. 1999. A potential vorticity analysis of thunderstorm-related cold lows (in Japanese). *Tenki*, 46, 453–459.
- Tsuji, Hiroki Takayabu, Yukarin. 2019. Precipitation Enhancement via the Interplay between Atmospheric Rivers and Cutoff Lows. *American Meteorological Society*. For information regarding reuse of this content and general copyright information, consult the AMS Copyright Policy (www.ametsoc.org/PUBSReuseLicenses). Vol. 147, Iss. 7, (Jul 2019): 2451-2466. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-18-0358.1>
- Warnatzsch EA, Reay DS. 2019. Temperature and precipitation change in Malawi: Evaluation of CORDEX-Africa climate simulations for climate change impact assessments and adaptation planning. *Science of the Total Environment*, 654, 378-392.
- Wei, P., Shi, J., Cui, L., & Zhang, B. (2018). Spatio-temporal characteristics of extreme precipitation in East China from 1961 to 2015. *Meteorologische Zeitschrift*. <http://dx.doi.org/10.1127/metz/2018/0849>
- Zhao S, Sun J. 2007. Study on cutoff low-pressure systems with floods over Northeast Asia. *Meteor. Atmos. Phys.*, 96, 159–180, <https://link.springer.com/article/10.1007/s00703-006-0226-3>.



Determining the Natural Frequency of Behbahan City Soil Using Microtremor Data Analysis

Sasan Motaghed ^{a*}, Amin Nakhlian ^b, Lotfolla Emadali ^a, Nasrollah Eftekhari ^c, Heshmatalla Mahmoudian ^d

^a Assistant Professor in Civil Engineering, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

^b MSc in Structural Engineering, Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

^c Assistant Professor in Civil Engineering, Yasouj University, Choram, Iran

^d MSc in Geography, Center of monitoring Assessment and Prediction of Natural Disasters (MAP), Behbahan Khatam Alanbia University of Technology, Behbahan, Iran

Received: 11 January 2023

Revised: 15 February 2023

Accepted: 16 March 2023

Abstract

Soil deformation can have a major impact on the seismic design inputs of structures. In practice, the soil is always bounded by rocks. In this case, the phenomenon of resonance or beating due to the closeness of the frequency of the structure to the natural frequency of the soil can be very destructive. For this reason, the natural frequency of the soil is considered in the construction regulations in presenting the spectral shape. To determine the natural frequency of soil in Behbahan city, the H/V method based on non-destructive measurement of ambient noise, which is an inexpensive and successful method for evaluating soil properties, was used. After recording microtremor data in 69 stations, H/V analysis was done to estimate the resonance frequency at the points. Then, natural frequency maps of the soil were presented. The results showed that the natural frequency range of soil in Behbahan city is between 0.57 and 5.42 Hz. Therefore, this soil is included in soil types 2 and 3 (standard No. 2800). Moreover, based on the construction information, a resonance-prone areas map was provided. In the central areas, the soil type is mainly type 3. Most of the buildings in this area are low codes, so it requires more precision in future developments. In the northwest and southeast of the city, the period of soil resonance is more than one second; therefore, in the construction of tall buildings in these areas, more strict measures should be taken into account to control the structures.

Keywords: GIS, Local Site Effects, Soil Type, Resonance, H/V Analysis

*Corresponding author: Sasan Motaghed Email: motaghed@bkatu.ac.ir Tel:+989166714358

How to cite this Article: Motaghed, S., Nakhlian, A., Emadali, L., Eftekhari, N., & Mahmoudian, H. (2024). Determining the natural frequency of Behbahan city soil using microtremor data analysis. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4),233-251.

DOI:10.22067/geoeh.2023.80563.1326



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

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

 <https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.80563.1326> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۲۵۱-۲۳۳
مقاله پژوهشی

تعیین فرکانس طبیعی خاک شهر بهبهان با استفاده از تحلیل داده‌های میکروترمور

 ساسان معتقد^۱ - استادیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
امین نخلیان - کارشناس ارشد، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
لطف‌الله عمادعلی - استادیار، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران
نصراله افتخاری - استادیار، دانشکده صنعت و معدن چرام، دانشگاه یاسوج، چرام، ایران
حشمت‌اله محمودیان - کارشناس ارشد جغرافیا، مرکز پایش، ارزیابی و پیش‌بینی بحران‌های ناشی از بلایای طبیعی، دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان، بهبهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۱ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۳۶ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۱۲/۲۵

چکیده

تغییر شکل خاک می‌تواند تأثیر عمده‌ای بر ورودی‌های طراحی لرزه‌ای سازه‌ها داشته باشد. در عمل، خاک اغلب توسط سنگ‌های پیرامونی احاطه شده است. در این حالت، وقوع پدیده تشدید یا تشدید لحظه‌ای به دلیل نزدیک بودن فرکانس سازه به فرکانس طبیعی خاک، می‌تواند اثرات مخربی داشته باشد. از این رو، فرکانس طبیعی خاک در آیین‌نامه‌های ساختمانی در ارائه شکل طیف مورد توجه است. در این مقاله، از روش H/V بر پایه اندازه‌گیری غیر مخرب نوفه‌های محیطی برای تعیین فرکانس طبیعی خاک شهر بهبهان استفاده شده است. این روش روشی ارزان و موفق برای ارزیابی خصوصیات خاک است. بعد از ثبت داده‌های میکروترمور در ۶۹ ایستگاه، تحلیل H/V برای برآورد فرکانس تشدید نقاط برداشت شده انجام گردید. سپس نقشه‌های فرکانس طبیعی خاک ارائه گردید. نتایج نشان می‌دهد محدوده فرکانس طبیعی خاک در شهر بهبهان در بازه ۰/۵۷ تا ۵/۴۲ هرتز است. این نوع خاک در محدوده خاک نوع ۲ و ۳

Email: motaghed@bkatu.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۶۶۷۱۴۳۵۸

نحوه ارجاع به این مقاله:

معتقد، ساسان؛ نخلیان، امین؛ عمادعلی، لطف‌الله؛ افتخاری، نصرالله؛ محمودیان، حشمت‌الله. (۱۴۰۲). تعیین فرکانس طبیعی خاک شهر بهبهان با استفاده از تحلیل داده‌های میکروترمور. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. ۱۲(۴). صص ۲۵۱-۲۳۳

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.80563.1326>

(استاندارد ۲۸۰۰) قرار می‌گیرد. همچنین بر اساس اطلاعات ساخت‌وساز در پهنه شهر بهبهان، نقشه مناطق مستعد تشدید ارائه شده است.

کلیدواژه‌ها: سیستم اطلاعات جغرافیایی، اثرات محلی ساختگاه، نوع خاک، تشدید، تحلیل H/V.

۱- مقدمه

اثرات محلی پارامترهای زمین‌شناسی بر لرزش زمین، پارامتر مهمی در مهندسی زلزله است (محمدیان، ۱۳۹۹). اولین بار، محققین ژاپنی رابطه‌ای در حوزه فرکانس برای نسبت حرکت سطح به موج فرودی با فرض مانایی امواج برشی عمودی SH ارائه کردند (سزاوا^۱، ۱۹۳۰؛ کانای^۲، ۱۹۵۷). آن‌ها با فرض رفتار ویسکو الاستیک، پریودهای طبیعی خاک (T_n) را برای یک و دو لایه افقی با سرعت ثابت ارائه کردند:

$$T_n = \frac{4H}{V_s(2n-1)} \quad (1)$$

در این رابطه، n نشان دهنده مد ارتعاش، H عمق خاک و V_s سرعت موج برشی در خاک است. به این ترتیب، طیف‌های فوریه زلزله، قله‌هایی در فرکانس‌های طبیعی خاک دارند که معمولاً در نتیجه بزرگ‌نمایی امواج برشی هلنا توسط خاک است.

در ۱۹ سپتامبر ۱۹۸۵، زمین‌لرزه‌ای با بزرگای $M_s = 8.1$ مکزیک را لرزاند. مرکز آن زلزله در اقیانوس آرام در نزدیکی ایالت میچوآکان قرار داشت. این زلزله در ۴۰۰ کیلومتر دورتر از مرکز و در شهر مکزیکوسیتی، باعث بروز خسارات بسیاری گردیده و باعث فرو ریختن ساختمان‌های مرتفع مدرن گردید (روزنبلوت و ملی^۳، ۱۹۸۶). این در حالی است که در فواصل نزدیک‌تر به مرکز زلزله، حجم خسارات قابل توجه نبود. بررسی اثرات این زلزله نشان داد که در طراحی لرزه‌ای سازه‌های مقاوم در برابر زلزله، تغییر شکل خاک باید در نظر گرفته شود؛ زیرا در مواردی که خاک مستعد تشدید است، این امر به‌طور قابل توجهی بر پاسخ لرزه‌ای سازه‌ها تأثیر می‌گذارد (پاپ و کولار^۴، ۲۰۱۸). مطالعات عددی نشان می‌دهد که نادیده گرفتن پدیده تشدید، ممکن است به‌طور قابل توجهی پاسخ‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. روش‌های طراحی لرزه‌ای موجود - که اطلاعات شتاب‌نگاشت‌های حرکت نیرومند زمین را شامل می‌شوند - به‌ندرت می‌توانند تفاوت‌های بین اندازه‌گیری‌های شتاب‌نگاری و پیش‌بینی‌های نظری را که معمولاً ناشی از تأثیر شرایط محلی خاک است، در نظر بگیرند (پاپ و کولار، ۲۰۱۸).

به‌طور کلی، پاسخ ساختگاه را می‌توان از رکوردهای ابزاری با حذف اثرات منبع و مسیر از سری‌های زمانی ثبت شده برآورد نمود، با این فرض که اثرات مسیر برای رکوردهای روی سنگ بستر و روی خاک سطح مجاور یکسان

1 Sezawa

2 Kanai

3 Rosenblueth and Meli

4 Pap and Kollár

است (صفاری و همکاران، ۱۴۰۱). هنگامی که رکورد حرکت زمین در سنگ بستر در دسترس نباشد، می توان از تکنیک های ساده سازی شده که فقط به رکوردهایی در لایه های بالایی نیاز دارد، استفاده کرد.

در این زمینه پرکاربردترین روش ها، روش ساختگاه مرجع^۱ (بورچرت^۲، ۱۹۷۰) و تکنیک تابع گیرنده^۳ لرزه ای (لرمو و چاوز گارسیا^۴، ۱۹۹۴؛ لانگستن^۵، ۱۹۷۷). بر اساس مقادیر نسبت طیفی هستند. این روش ها را می توان برای انواع مختلف داده ها از جمله اندازه گیری های میکروترومور^۶، رکوردهای لرزه ای ضعیف^۷ یا شتاب نگاشت های حرکت نیرومند زمین^۸ استفاده کرد. اخیراً، تحلیل های نوفه^۹ به دلیل ارزان بودن و قابلیت اجرای سریع در مناطق وسیع به روشی بسیار جذاب در مطالعات ریزپهنه بندی تبدیل شده اند. به منظور برآورد پاسخ های ساختگاه، در مطالعات مختلف رکورد نوفه به پنج روش استفاده شده است: (۱) طیف مطلق^{۱۰}، (۲) نسبت طیفی مبتنی بر ساختگاه مرجع^{۱۱} (لرمو و چاوز گارسیا^۴، ۱۹۹۴)، (۳) نسبت H/V (ناکامورا^{۱۳}، ۱۹۸۹ و ۲۰۰۰؛ گاواسه و همکاران^{۱۴}، ۲۰۱۹)، (۴) وارونگی ساختار سرعت از طریق رکوردهای آرلیه و (۵) تحلیل فاز اتوکورلوگرام یک طرفه مؤلفه های افقی^{۱۵} (تکنیک روش طیفی فاز فوریه (FPSM) (پاپ و کولار^{۱۶}، ۲۰۱۸).

در ایران، مسئله تعیین فرکانس طبیعی خاک مورد توجه محققین بسیاری بوده است. در این زمینه، ادیب (۱۳۹۵) طبقه بندی ساختگاه بر مبنای فرکانس طبیعی را با استفاده از داده های لرزه ای برای شهر اردکان انجام داد. البته بیشتر تحقیقات بر استفاده از رکوردهای بالای لایه متمرکز بوده است. به عنوان مثال، فلاحتی و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از اندازه گیری های میکروترومور، فرکانس غالب و طبقه بندی ساختگاه را در شمال غرب ایران گزارش کردند. کمک پناه و همکاران^{۱۷} (۲۰۰۲) اثرات ساختگاهی را در شرق ایران طبقه بندی نمودند. حکیمی و همکاران (۱۳۹۷) اندازه گیری میکروترومور را برای تعیین فرکانس طبیعی خاک شهر زنجان مورد استفاده قرار دادند. لامعی و همکاران (۱۳۹۴) مشخصات خاک را برای کرمانشاه ارائه داده اند.

1 reference site method

2 Borchardt

3 receiver function technique

4 Lermo and Chávez-García

5 Langston

6 microtremor

7 weak seismicity recordings

8 strong motion accelerograms

9 noise

10 absolute spectra

11 spectral ratio with respect to a reference site

12 Lermo, & Chávez-García

13 Nakamura

14 Kawase et al.

15 analysing the phase of the one-sided autocorrelogram of the horizontal component

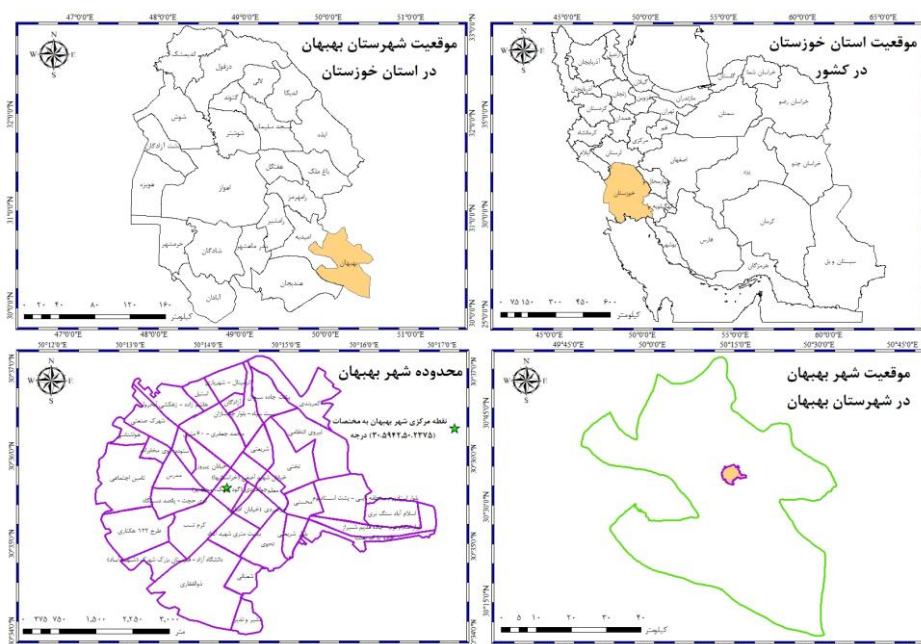
16 Pap and Kollár

17 Komak Panah et al.

توسعه فرآیند تعیین فرکانس طبیعی خاک در کل پهنه سرزمینی می‌تواند به ارائه نقشه جامع فرکانس در آیین‌نامه‌های ساختمانی و لرزه‌ای (هاند استلندارد ۲۸۰۰) کمک کرده و نقش مؤثری را در طراحی بهینه لرزه‌ای سازه‌ها ایفا نماید (محمدیان، ۱۳۹۹). در این تحقیق، بر اساس برداشت جامع میکروترمو ر منطقه لرزه‌خیز بهبهان، فرکانس طبیعی خاک با استفاده از روش ناکامورا محاسبه شده است. برای این منظور، از داده‌های میکروترمو ر اندازه‌گیری شده در تعداد ۶۹ ایستگاه در سطح شهر استفاده شده است. علاوه بر این، به منظور صحت سنجی نتایج، اطلاعات یک گمانه ژئوتکنیک در سطح شهر با نتایج به دست آمده از تحلیل مقایسه شده است.

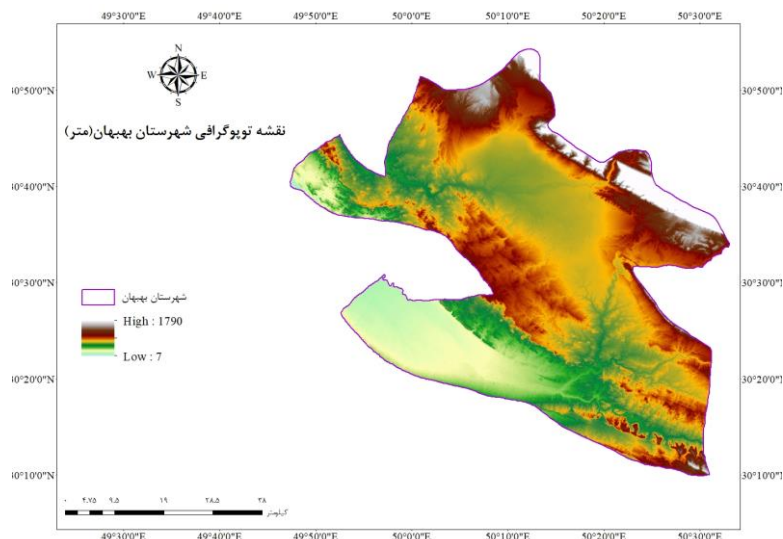
۲- منطقه مورد مطالعه

شهرستان بهبهان در جنوب شرقی استان خوزستان و در فاصله ۲۰۰ کیلومتری از مرکز استان در دامنه جنوبی رشته‌کوه‌های زاگرس بین دو منطقه نفتون آجاری و گچساران قرار گرفته است. این شهرستان در طول جغرافیایی $50^{\circ} 16'$ شرقی و عرض جغرافیایی $30^{\circ} 35'$ شمالی در ارتفاع متوسط ۳۲۰ متری از سطح مبنای ارتفاعی (MSL) واقع شده است. بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵، جمعیت شهر بهبهان ۱۲۲۶۰۴ نفر برآورد شده است. وسعت منطقه شهری بهبهان، ۲۲/۳ کیلومترمربع است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی بهبهان

شکل ۲ نقشه توپوگرافی شهر بهبهان را نشان می‌دهد. نقشه پروفیل شیب زمین منطقه مورد مطالعه، نشان دهنده تغییرات شیب زمین در جهت جنوب غربی به شمال شرقی (جهت حرکت صفحات تکتونیکی در منطقه) است.



شکل ۲- نقشه تغییرات ارتفاعی شهرستان بهبهان

در شمال دشت بهبهان بخشی از رشته‌کوه زاگرس به نام کوه خاییز قرار دارد. ارتفاع بلندترین نقاط در این قسمت، ۱۶۸۵ متر بر فراز تنگ شیخ و ۲۱۰۰ متر در کوه حاتم است. در جنوب دشت بهبهان، کوه‌های پازنان و دریز کوه با حداکثر ارتفاع ۶۰۰ متر، در غرب کوه ورزرد با ارتفاع ۷۸۵ متر و در شرق کوه رمه چر با حداکثر ارتفاع ۷۰۰ متر واقع شده است. غالب سازندهای تشکیل دهنده قسمت کوهستانی مربوط به دوران سوم زمین‌شناسی و قسمت دشت مربوط به دوران کواترنری یا دوره چهارم زمین‌شناسی است. دو رودخانه پر آب مارون و خیرآباد از نزدیکی این شهر عبور می‌کنند. در این شهر سه سد، دو پالایشگاه گاز، دو نیروگاه برق و یک کارخانه سیمان قرار دارد. اشیاء به دست آمده در کشفیات باستان‌شناسی شهر قدیمی بهبهان (ارجان) قدمتی در حد هزاره دوم پیش از میلاد مسیح دارند.

ارجان شهری بزرگ و پر رونق با باغ و بوستان‌های بسیار بوده است که به تدریج رو به ویرانی می‌رود. عوامل متعددی در ویرانی ارجان و رکود آن مؤثر بوده‌اند که مهم‌ترین آن‌ها وقوع زلزله‌های بی‌درپی قرن پنجم هجری قمری در سال‌های ۴۴۵ و ۴۷۸ هجری قمری است. این زلزله‌ها موجب شکسته شدن سد ارجان و مختل شدن امور زراعی و کشاورزی و تخریب دیوار دفاعی شهر شد. به دنبال حوادث مذکور، آبادی بهبهان که به فاصله کمی (حدود ۸

کیلومتر) از ارجان قرار داشت به تدریج پذیرای مردم ارجان گردید و سرانجام در قرن هشتم هجری قمری جایگزین ارجان شد.

لرزه خیزی ایران به طور عمده ناشی از همگرایی صفحات اوراسیا و عربستان است. [زعفرانی و همکاران^۱ \(۲۰۱۵\)](#) با اصلاح منطقه بندی لرزه‌ای [نوروزی^۲ \(۱۹۷۶\)](#) که در آن ایران را به ۲۳ منطقه تقسیم کرده بود، ایران را به ۱۵ ایالت لرزه‌خیز تقسیم کردند. بر اساس این تقسیم‌بندی، بهبهان در ایالت شماره ۵ (یعنی ایالت زاگرس) قرار دارد. در این ایالت، نرخ لرزه‌خیزی ۶۴۷، مقدار b برابر با ۰/۸۹ و حداکثر بزرگای زلزله ۷/۳ (بر حسب بزرگای گشتاوری) است. ایالت زاگرس، لرزه‌خیزی بسیار بالایی داشته و زلزله‌خیزترین منطقه ایران است. بیش از ۵۰ درصد کل زلزله‌های ایران در گستره زاگرس روی داده است ([میرزایی و همکاران^۳، ۱۹۸۸](#)). متوسط ضخامت پوسته در محدوده راندگی زاگرس برابر ۵۰ کیلومتر است. ضخامت به سوی جنوب غرب به تدریج افزایش می‌یابد، به گونه‌ای که در زاگرس مرتفع (حاشیه شمال شرقی زاگرس) این ضخامت برابر ۵۵ کیلومتر یا بیشتر است. از طرف دیگر، در شمال خلیج فارس و در تپه‌ماهورهای زاگرس (مانند شهر بهبهان) مقداران ضخامت به حدود ۳۵ کیلومتر می‌رسد ([بربریان^۴، ۱۹۸۱](#)). بر اساس ویرایش چهارم آیین‌نامه طراحی ساختمان‌ها در برابر زلزله (استاندارد ۲۸۰۰ ایران) بهبهان در منطقه خطر نسبی زیاد واقع شده است، بنابراین شتاب پایه $0.3g$ برای این منطقه توصیه شده است. با این توضیحات و شواهد، مشخص می‌شود که شهر بهبهان در منطقه‌ای با پتانسیل رخداد زلزله‌های خسارت‌بار قرار دارد. به همین جهت، انجام مطالعات شرایط محلی خاک ساختگاه در این منطقه ضروری به نظر می‌رسد.

۳- روش شناسی

تکنیک بدون ساختگاه مرجع^۵، که به نسبت طیفی مؤلفه‌های افقی و عمودی (H/V) سیگنال ثبت شده در سطح زمین نیاز دارد، به طور گسترده‌ای در تعیین پاسخ‌های ساختگاه استفاده شده است (غفران و اتکینسون^۶؛ نتایج نشان می‌دهد که این تکنیک تخمین قابل‌اعتمادی از فرکانس‌های اصلی تشدید رسوبات نرم ارائه می‌دهد. باین وجود، این روش اطلاعات مربوط به هارمونیک‌های بالاتر را ارائه نمی‌کند و ضرایب بزرگ‌نمایی به دست آمده عموماً کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده با تکنیک‌های دیگر است ([بیندی و همکاران^۷، ۲۰۰۰](#)؛ [ثابت^۸، ۲۰۱۹](#)؛ [واسلو و همکاران^۹](#)،

1 Zafarani et al.

2 nowroozi

3 Mirzaei, et al

4 Berberian

5 non-reference site technique

6 Ghofran and Atkinson

7 Bindi et al.

8 Thabet

9 Vassallo et al.

۲۰۲۲). در این روش، طیف مؤلفه‌های شمالی-جنوبی و شرقی-غربی برای به دست آوردن طیف مؤلفه‌های افقی به روش ریشه دوم میانگین مجذور ادغام می‌شوند. سپس نسبت‌های طیفی بین مؤلفه‌های افقی و عمودی (H/V) محاسبه شده و در نهایت، نسبت H/V ساختگاه با محاسبه میانگین حسابی همه نسبت‌های طیفی محاسبه شده، برآورد می‌شود. در این تحقیق از اپلیکیشن MiTA محصول شرکت دانش‌بنیان "ایده تحقیق نوآوری کلور نوفه" برای برداشت داده‌های میکروترومور استفاده شده است. این اپلیکیشن از قابلیت سنسورهای حساس گوشی‌های هوشمند برای نوفه‌های محیطی استفاده می‌کند. برای کاهش اثر نوفه‌های گذرا مانند حرکت وسایل نقلیه، اندازه‌گیری‌ها در شب یا ساعات آرام روز انجام شد. همچنین برای حفاظت لرزه‌نگار از باد و کاهش اثر آن، دستگاه در زیر یک جعبه قرار داده شد. در مراحل برداشت داده‌ها، تمامی نکات ارائه شده در دستورالعمل برداشت نوفه‌های محیطی پروژه سیزمه^۱ (۲۰۰۵) رعایت شد. به‌عنوان نمونه، تلاش گردید که ابزار روی خاک نرم، خاک اشباع از آب و همچنین بستر قلوه‌سنگی قرار نگیرد، ابزار همواره روی سطح هموار و افقی قرار داشته و باری نیز بر آن اعمال نشد. در تمامی برداشت‌ها سعی بر این بود که محل برداشت نوفه در نزدیکی بزرگراه‌ها، خیابان‌ها و ماشین‌آلات ساختمانی، سازه‌های زیرزمینی مانند پارکینگ‌ها و غیره قرار نداشته باشد. برای پردازش داده‌ها از نرم‌افزار ژئوپسی^۲ استفاده شده است (www.Geopsy.org). به این منظور در هر ایستگاه، سری زمانی به پنجره‌هایی با طول معین تقسیم می‌شود. سپس با اعمال فیلتر میان‌گذر، فرکانس‌های نامطلوب حذف می‌شوند (ولا و همکاران^۳، ۲۰۱۳).

برای حذف نوفه‌های گذرای ناشی از منابعی مانند راه رفتن انسان‌ها، ترافیک در معابر مجاور ایستگاه‌ها، ماشین‌آلات، فعالیت کارخانه‌ها و غیره از الگوریتم Anti-triggering روی نوفه فیلتر شده استفاده شده است. سپس با حذف اثر نشت طیفی، هموارسازی و تعیین روند کلی تغییرات طیفی انجام می‌شود. به‌منظور محاسبه نسبت H/V، سری‌های زمانی با تابع کسینوس ۵ درصد پردازش شده‌اند. FFT برای هر جزء محاسبه شد و طیف‌ها با پنجره هانینگ^۴ با پهنای باند ثابت در مقیاس فرکانس لگاریتمی هموار شده‌اند. تصحیح پاسخ ابزاری نیز انجام شده است. بر اساس این محاسبات، نسبت طیفی ناکامورا محاسبه و میانگین و انحراف معیار داده شده است.

۴- داده‌ها و نتایج

در این تحقیق، در ۷۹ نقطه از شهر بهبهان نوفه‌های محیطی برداشت شد. شکل ۵ موقعیت ایستگاه‌های برداشت در سطح شهر را نشان می‌دهد. ایستگاه‌ها در فواصل تقریباً ۵۰۰ متری نسبت به یکدیگر روی پنج مقطع در امتداد تقریبی شمالی-جنوبی شهر قرار دارند. موقعیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری به‌گونه‌ای انتخاب شده است که کل محدوده

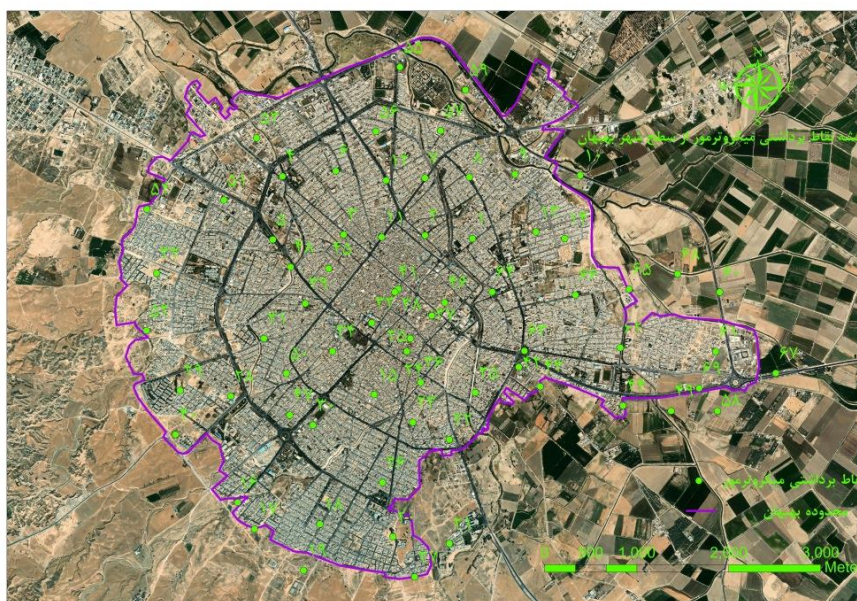
1 SESAME

2 geopsy

3 Vella et al

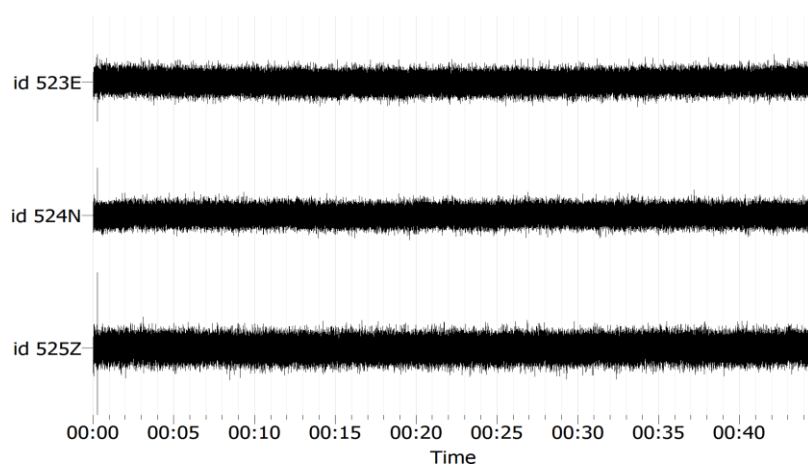
4 Hanning window

ساخت‌وساز شهر را پوشش دهند. از ۷۹ نقطه برداشت شده، ۵ نقطه به دلیل مناسب نبودن برداشت‌ها و ۵ نقطه دیگر به دلیل اینکه در محدوده‌ی مسکونی شهر بهبهان نبودند، در محاسبات لحاظ نشده و پردازش بر روی ۶۹ نقطه باقیمانده صورت گرفته است. اطلاعات تکمیلی مربوط به داده‌های برداشت شده در **جدول پ ۱** (در پیوست) ارائه شده است.

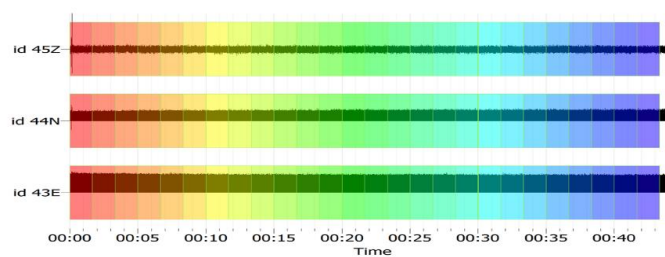


شکل ۳- توزیع نقاط برداشت شده برای محاسبات میکروترمو ر شهر بهبهان

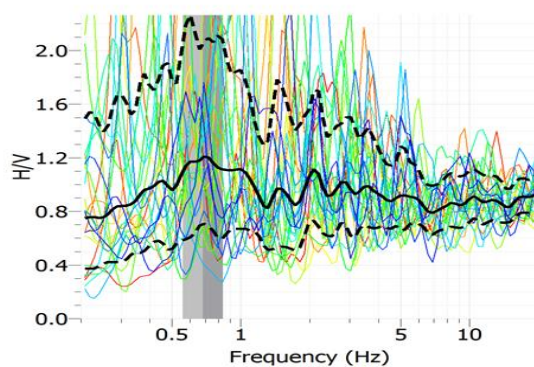
شکل ۴ نمونه‌ای از میکروترمو رهای سه مؤلفه‌ای ثبت شده (در نقطه ۴۱) را که شامل مؤلفه‌های شرقی-غربی (E)، شمالی-جنوبی (N) و قائم (Z) است، نشان می‌دهد. **شکل ۵** نشان دهنده انتخاب پنجره‌های زمانی مناسب روی لرزه‌نگاشت سه مؤلفه‌ای در نقطه ۴۱ است. برای هر نقطه برداشت شده، سه منحنی H/V مشخص شد. به‌عنوان مثال برای نقطه شماره ۴۱، همان‌گونه که در **شکل ۶** نشان داده شده است، خطوط سیاه‌رنگ منحنی‌های میانگین، ۱۶ درصد و ۸۴ درصد را نشان می‌دهد. بر اساس این اطلاعات، فرکانس طبیعی خاک در این ایستگاه بین ۰/۵ تا ۰/۸ برآورد می‌شود.



شکل ۴- نمونه‌ای از میکروترموورهای سه مؤلفه‌ای ثبت شده برای نقطه ۴۱

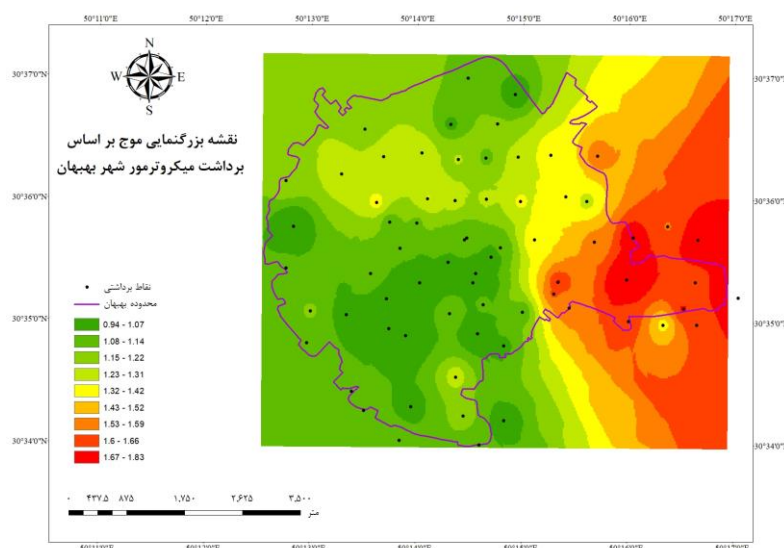


شکل ۵- انتخاب پنجره‌های زمانی مناسب روی لرزه‌نگاشت سه مؤلفه‌ای در نقطه ۴۱



شکل ۶- نسبت طیفی مؤلفه‌های افقی به قائم (H/V) برای نقطه ۴۱

این عملیات برای تمام ایستگاه‌های اندازه‌گیری تکرار و بر اساس آن نقشه‌های ماکزیمم دامنه H/V (نقشه بزرگنمایی موج)، فرکانس طبیعی خاک، خطوط منحنی میزان پر بود غلب خاک تهیه شده و نوع خاک بر اساس استاندارد ۲۸۰۰، محاسبه شده است. این نتایج به ترتیب در شکل‌های ۹ الی ۱۳ دیده می‌شود.



شکل ۷- نقشه بزرگنمایی موج بر اساس برداشت میکروترمور شهر بهبهان

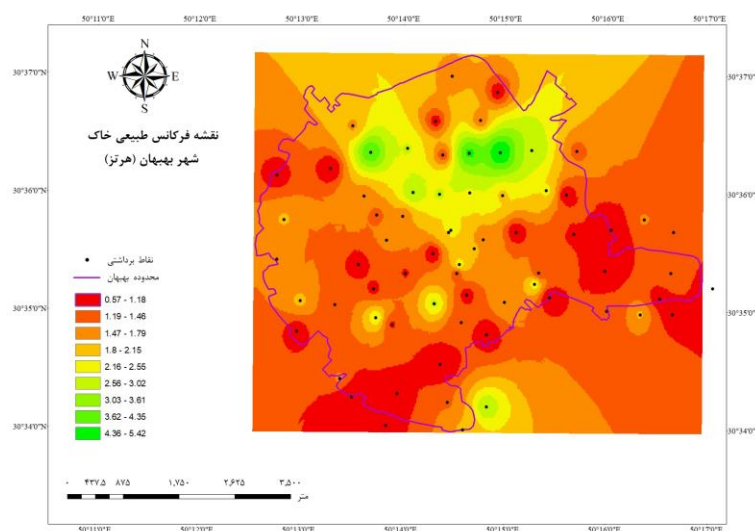
نقشه بزرگنمایی موج نشان می‌دهد که بخش شرقی شهر بزرگنمایی حدود ۲ برابری در امواج را نشان می‌دهد. تقویت حرکات لرزه‌ای عمدتاً در نهشته‌های آبرفتی رخ می‌دهد که ویژگی‌های آن‌ها (هندسه و سرعت موج) فرآیند تقویت را کنترل می‌کند (Semblat, et al., 2003). ممکن است پراکندگی موج قبل از توجهی نیز در اطراف تغییرات شدید توپوگرافی مانند تاج‌ها یا شیب‌های تند تپه‌ها یافت شود. چنین پدیده‌هایی را اثرات توپوگرافی ساختمانی می‌نامند (Chávez-García, et al., 1996). تقویت امواج لرزه‌ای در حوضه‌های آبرفتی به‌طور کلی بزرگ‌تر از آن چیزی است که در مورد بی‌نظمی‌های توپوگرافی مشاهده و برآورد شده است. این پدیده‌ها می‌توانند حرکت لرزه‌ای حادثه را تقویت کرده و پیامدهای آن را بر سازه‌ها و ساختمان‌ها افزایش دهند.

ایستگاه اندازه‌گیری ۴۱ نقطه‌ای است که اطلاعات گمانه اکتشافی در فاصله کمتر از ۵ متر برای آن در دسترس است. گمانه‌زنی با ماشین حفاری به روش دورانی در خردادماه سال ۱۳۸۹ انجام شده است. بر اساس گزارش ژئوتکنیک، خاک دست‌خورده عمدتاً رسی و به میزان محدودی دانه‌ای است. عمق گمانه ۱۵ متر، عمق آب حدود ۵ متر و عمق خاک دست ریز ۴۰ سانتی‌متر گزارش شده است. اعداد SPT در جدول ۱ داده شده است. در جدول مقدار $\bar{N}_{1(60)} = 46.1$ است.

جدول ۱- اعداد SPT از گمانه اکتشافی (عمق ۱۵ متر)

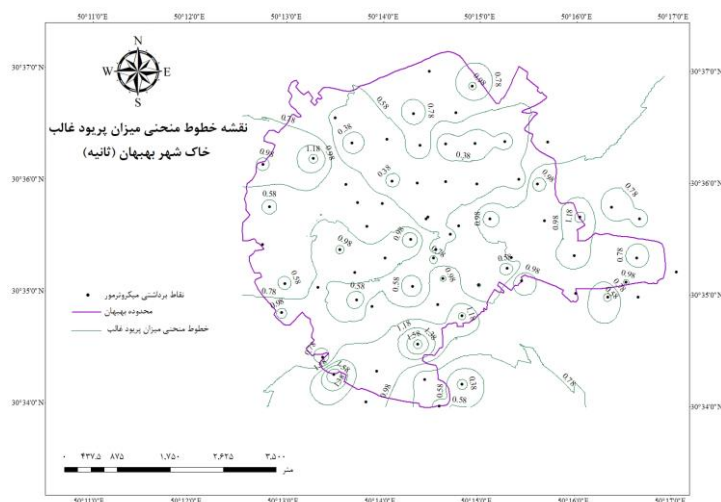
عمق (متر)	۰	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲	۱۴
$SPT(\bar{N}_{1(60)})$	۴۵		۴۳		۵۰	۴۳	۵۰	۴۲
								۵۰

بر اساس ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ و مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان، خاک نوع ۲ به صورت «خاک خیلی متراکم یا سنگ سست، شامل - شن و ماسه خیلی متراکم، رس بسیار سخت با ضخامت بیشتر از ۳۰ متر که مشخصات مکانیکی آن با افزایش عمق به تدریج بهبود یابد یا سنگ های آذرین و رسوبی سست، مانند توف و یا سنگ متورق و یا کاملاً هوازده» و با $\bar{N}_{1(60)} > 50$ توصیف شده است (استاندارد ۲۸۰۰، ۱۳۹۸).



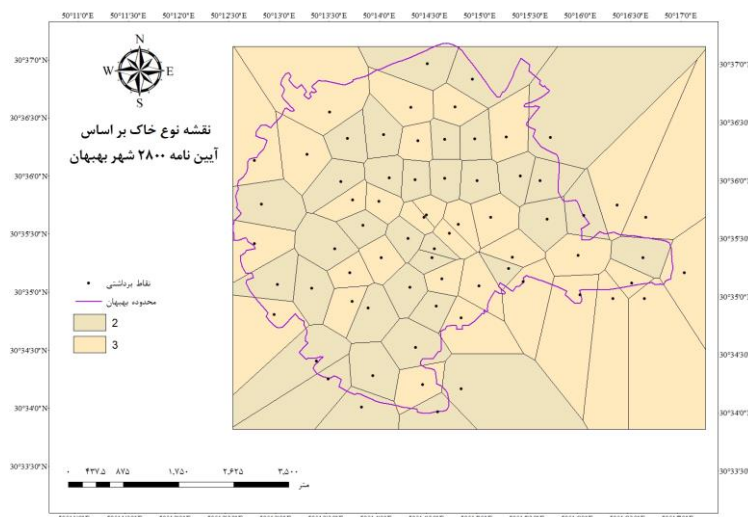
شکل ۸- نقشه فرکانس طبیعی خاک شهر بهبهان (هرتز)

به این ترتیب نقطه مورد نظر خواصی بین خاک ۲ و ۳ و نزدیک به خاک نوع ۲ دارد. بر اساس گزارش گمانه، خاک نوع ۲ است. بر این اساس، نتایج دو روش همخوانی مناسبی دارند. نقشه فرکانس طبیعی خاک نشان می دهد که فرکانس طبیعی خاک در محدوده ۰/۵۷ تا ۵/۴۲ هرتز قرار دارد. هرچه فرکانس تشدید بیشتر باشد، عمق رسوبات بیشتر است. بر اساس نقشه بزرگنمایی موج، ضخامت رسوبات نرم در شرق شهر بهبهان نسبت به جنوب آن کمتر است.



شکل ۹- نقشه خطوط منحنی میزان پرپود غالب خاک شهر بهبهان (ثانیه)

پرپود غالب خاک نیز نشان می‌دهد که پرپود طبیعی خاک بین ۰/۱۸ تا ۱/۷۵ ثانیه قرار دارد. با توجه به انتشار امواج زلزله از محیط خاک، تقویت یا تضعیف آن‌ها عمدتاً به پرپود طبیعی رسوبات بستگی دارد. پرپود اصلی رسوبات به ضخامت، سختی و چگالی آن بستگی دارد. از آنجایی که ویژگی‌های حرکت ورودی تا حد زیادی بر رفتار دینامیکی سازه‌ها تأثیر می‌گذارد، کمی‌سازی آن‌ها مسئله‌ای ضروری در مهندسی زلزله است.



شکل ۱۰- نقشه نوع خاک به روش پلیگون بندی تیسن بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰ شهر بهبهان

حال با مشخص شدن وضعیت خاک، بررسی اطلاعات ساختمانی می‌تواند مفید باشد. اطلاعات تهیه شده از سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان خوزستان شامل اطلاعات جمعیت، نوع اسکلت (فلزی، بتنی و سایر) و نوع مصالح (آجر و آهن، آجر و چوب، بلوک سیمانی، تمام آجر یا سنگ و آجر، تمام چوب، خشت و چوب، خشت و گل و سایر) که به صورت بلوکی می‌باشند، در این پروژه مورد استفاده قرار گرفته است. این اطلاعات به صورت خلاصه در **جدول شماره ۲** و **شکل ۱۱** نشان داده شده‌اند. این اطلاعات در محیط GIS فراخوانی شده و پس از تصحیح و یکسان‌سازی سیستم‌های مختصات و سیستم تصویر، لایه‌های مختلف مورد نظر از این اطلاعات تهیه گردید.

جدول ۲- نوع اسکلت و مصالح بکار رفته در ساختمان‌های بافت قدیم شهر بهبهان

مصالح								اسکلت		
سایر	خشت و گل	خشت و چوب	تمام چوب	تمام آجر یا سنگ و آجر	بلوک سیمانی	آجر و چوب	آجر و آهن	سایر	بتن	فولاد
۵۴	۲۹	۹	۱	۴۳۳	۵۰	۸۵	۱۶۴۶	۱۷۸۴	۲۱۹	۳۰۴



شکل ۱۱- نقشه اسکلت ساختمان‌های بافت قدیم شهر بهبهان

اگر فرکانس ارتعاش زمین با فرکانس طبیعی ساختمان به هم نزدیک شوند، به علت بالا رفتن احتمال تشدید، ساختمان بیشترین دامنه نوسان و شدیدترین خسارت را تجربه خواهد کرد. از نقشه فرکانس طبیعی خاک و پریرود غالب خاک شهر بهبهان می‌توان برای مشخص کردن تعداد طبقات مجاز ساختمان‌ها در نقشه‌های توسعه شهری استفاده نمود. نقشه نوع خاک بر اساس آیین‌نامه ۲۸۰۰، خاک‌های نوع دو و سه را برای شهر بهبهان نشان داده که قسمت‌های بیشتر شهر دارای خاک نوع دو می‌باشند.

در نهایت لازم به یادآوری است که روش کلاسیک برای ارزیابی خطر لرزه‌ای برای یک سازه سطحی شامل تشخیص مشخصه خطر لرزه‌ای و در مرحله دوم تجزیه و تحلیل آسیب‌پذیری سازه است (یاریان و کرمی، ۱۳۹۸). باین‌حال، در شرایطی که کل منطقه شهری با خطر لرزه‌ای مواجه است، شبکه‌ای از سازه‌های سطحی ممکن است بر حرکت میدان آزاد تأثیر بگذارد. مشاهدات زلزله ۱۹۸۵ مکزیک نشان داد که ساختار شهر می‌تواند بر فرکانس ساختگاه مؤثر باشد. این پدیده که شامل تعامل بین شهر و حوضه رسوبی است، تعامل ساختگاه-شهر (SCD) نامیده می‌شود (خام و همکاران، ۲۰۰۳). در این تحقیق، به‌طور طبیعی این مسئله در اندازه‌گیری‌ها لحاظ شده است.

۵- نتیجه‌گیری

تعیین فرکانس طبیعی خاک با استفاده از میکروترمورها روشی تأیید شده و کم‌هزینه است. نسبت مؤلفه افقی (H) و عمودی (V) میکروترموور اثرات منبع را حذف می‌کند و اثرات ناشی از مسیر موج را افزایش می‌دهد. اساساً نسبت H/V با گذشت زمان در همان محل بدون تغییر باقی می‌ماند و تخمین خوبی از فرکانس اساسی زیر خاک نرم ارائه می‌کند. وجود حداکثر دامنه در فرکانس خاص در منحنی H/V نشان‌دهنده وجود یک لایه سفت است که عمق آن را می‌توان با دانستن V_s لایه‌های رسوبی فوقانی ارزیابی کرد. تغییرات فضایی فرکانس حداکثر H/V با ناهمگنی‌های جانبی ساختار رسوبی مرتبط است. در این مقاله با استفاده از برداشت میکروترموور وضعیت خاک محلی شهر بهبهان تعیین شده است. فرکانس طبیعی خاک در محدوده ۰/۵۷ تا ۵/۴۲ هرتز و پریرود طبیعی خاک بین ۰/۱۸ تا ۱/۷۵ ثانیه قرار دارد. بر این اساس، خاک مناطق مختلف شهر متشکل از خاک‌های نوع ۲ و نوع ۳ است. در مناطق مرکزی، جنس خاک عمدتاً از نوع ۳ می‌باشد که با توجه ما قبل آیین‌نامه بودن ساخت اغلب ساختمان‌ها در این منطقه، نیاز به توجه دارد. البته با توجه به کوتاه مرتبه بودن اغلب ساختمان‌ها در این منطقه، احتمال تشدید لحظه‌ای متفی است. در شمال غرب و جنوب شرق شهر، پریرود تشدید خاک بالای یک ثانیه است؛ بنابراین در ساخت ساختمان‌های بلند در این مناطق باید تمهیدات لازم را به‌منظور جلوگیری از بروز تشدید در سازه‌های آن‌ها لحاظ کرد. همچنین، بزرگنمایی موج در بخش شرقی شهر حدود ۲ برابر بخش غربی بوده و این مسئله در توسعه ساختار شهری باید موردتوجه قرار گیرد.

سپاسگزاری

بخشی از این پژوهش با حمایت شرکت پالایش گاز بیدبلند انجام شده است. کلیه پردازش‌ها با استفاده از امکانات مرکز پایش، ارزیابی و پیش‌بینی بحران‌های ناشی از بلایای طبیعی (MAP Center) دانشگاه صنعتی خاتم‌الانبیاء بهبهان صورت گرفته است؛ از این‌رو نهایت سپاس خود را از ایشان اعلام می‌داریم. ضمناً کلیه نقشه‌های تهیه شده در سایت مرکز به آدرس khrisk.ir قابل دسترسی است.

کتابنامه

- ادیب، احمد؛ ۱۳۹۵. طبقه‌بندی ساختگاه بر مبنای فرکانس طبیعی مبتنی بر داده‌های لرزه‌ای و پیشنهاد استفاده از آن در آئین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله ایران، مطالعه موردی شهر اردکان. فیزیک زمین و فضا، ۴۲(۱)، ۷۵-۸۸. <https://doi.org/10.22059/jesphys.2016.54998>
- حکیمی، بهشته؛ معصومی، زهره؛ قدس، عبدالرضا؛ اعتماد سعید، نجمه؛ ۱۳۹۷. مطالعه اثر ساختگاه مبتنی بر HVSIR مایکروترمو در شهر زنجان (ایران). مجله ژئوفیزیک ایران، ۱۲(۴)، ۱۱۵-۱۳۹. https://www.ijgeophysics.ir/article_82770.html
- صفاری، امیر؛ کیانی، سارا؛ عباس زاده، امیرعلی؛ ۱۴۰۱. پتانسیل سنجی مناطق آسیب پذیر در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: شهر رودهن). جغرافیا و مخاطرات محیطی. <https://doi.org/10.22067/geoh.2022.73710.1249>
- فلاحی، عبدالحسین؛ سمائی، مقداد؛ کارشی، جعفر؛ ۱۳۹۸. تعیین فرکانس غالب و طبقه‌بندی ساختگاه در تعدادی از ایستگاه‌های شتابنگاری شمال غرب ایران، با استفاده از اندازه‌گیری میکروتریمورها. فصلنامه علمی علوم زمین، ۲۸(۱۱۲)، ۲۱۷-۲۲۶. <https://doi.org/10.22071/gsj.2018.94986.1218>
- لامعی، مجید؛ عشایری، ایمان؛ بیگلری، مهنوش؛ کدیور، محمدمبین؛ ۱۳۹۴. شناسایی سیستم دینامیکی خاک-سازه با استفاده از آزمایش ارتعاش محیطی (مطالعه موردی: پایه مسیر روزمینی قطار شهری کرمانشاه)، فصلنامه علوم و مهندسی زلزله، ۲(۳)، ۱-۱۳. http://www.bese.ir/article_240271.html
- محمدیان، میلاد؛ ۱۳۹۹. تحلیل خطر احتمالی ریسک محور زمین لرزه بندر سیراف. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۹(۲)، ۶۱-۸۲. <https://doi.org/10.22067/geo.v9i2.85303>
- یاریان، پیمان؛ کرمی، محمدرضا؛ ۱۳۹۸. ارزیابی و عدم قطعیت آسیب‌پذیری شهرها ناشی از زلزله با مدل FAHP (نمونه موردی: شهر سنندج). جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۳(۱)، ۱۱۵-۲۰۳. <https://doi.org/10.22067/geo.v0i0.81921>

Berberian, M., 1981. Active faulting and tectonics of Iran: in: Zagros-Hindukush-Himalaya Geodynamic evolution, Gupta, H. K. and Delany, F. M. (eds.), Am. Geophys. Union and Geol. Soc. Am., Geodyn. Ser., 3, 33-69. <https://doi.org/10.1029/GD003p0033>

- Bindi, D., Parolai, S., Spallarossa, D. and Cattaneo, M., 2000. Site effects by H/V ratio: comparison of two different procedures," J. Earthq. Engrg. 4, 97{113.<https://doi.org/10.1080/13632460009350364>
- Borcherdt, R. D., 1970. Effects of local geology on ground motion near San Francisco Bay. Bulletin of the Seismological Society of America, 60(1), 29-61.<https://doi.org/10.1785/BSSA0600010029>
- Chávez-García, F. J., Sánchez, L. R., & Hatzfeld, D., 1996. Topographic site effects and HVSR. A comparison between observations and theory. Bulletin of the Seismological Society of America, 86(5), 1559-1573.<https://doi.org/10.1785/BSSA0860051559>
- European Commission., (2005), User guideline for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibration: Measurement, processing and interpretation, Res. Gen. Dir. Proj. EVG1-CT-2000-00026 SESAME, Rep. D23.12, 62 pp., Brussels. <http://SESAME-fp5.obs.ujf-grenoble.fr>
- Ghofrani, H., & Atkinson, G. M., 2014. Site condition evaluation using horizontal-to-vertical response spectral ratios of earthquakes in the NGA-West 2 and Japanese databases. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 67, 30-43. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2014.08.015>
- Kanai K. The requisite conditions for the predominant vibration of ground. Bull Earthquake Res Inst 1957;35:457–70. <https://www.semanticscholar.org/paper/4bddbee33f3ab6f9bf8a0b1d7b1971c8b63b6e6d>
- Kawase, H., Nagashima, F., Nakano, K., & Mori, Y., 2019. Direct evaluation of S-wave amplification factors from microtremor H/V ratios: Double empirical corrections to “Nakamura” method. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 126, 105067.<https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.01.049>
- Kham, M., Semblat, J. F., Bard, P. Y., & Gueguen, P., 2003, April. Seismic interaction between a building network and a sedimentary basin. In EGS-AGU-EUG Joint Assembly (p. 3679).<https://www.researchgate.net/publication/235623210>
- Komak Panah, A., Hafezi Moghaddas, N., Ghayamghamian, M., Motosaka, M., Jafari, M., & Uromieh, A., 2002. Site Effect Classification in East-Central of Iran. Journal of Seismology and Earthquake Engineering, 4(1), 37-46.http://www.jsee.ir/article_240468.html
- Langston, C. A., 1977. The effect of planar dipping structure on source and receiver responses for constant ray parameter. Bulletin of the Seismological Society of America, 67(4), 1029-1050.<https://doi.org/10.1785/BSSA0670041029>
- Lermo, J., & Chávez-García, F. J. 1993. Site effect evaluation using spectral ratios with only one station. Bulletin of the seismological society of America, 83(5), 1574-1594. Lermo, J., & Chávez-García, F. J., 1994. Are microtremors useful in site response evaluation?. Bulletin of the seismological society of America, 84(5), 1350-1364. <https://doi.org/10.1785/BSSA0840051350>
- Mirzaei, N., Gao, M., Chen, Y. T., (1998), Seismic source regionalization for seismic zoning of Iran: major seismotectonic provinces. J. Earthquake prediction Research, 7, 465-495. Nakamura, Yutaka., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. Railway Technical Research Institute, Quarterly Reports 30.1. https://www.researchgate.net/profile/Noorbakhsh-Mirzaei/publication/290796328_
- Nakamura, Y., Sato, T., & Nishinaga, M., 2000, November. Local site effect of Kobe based on microtremor measurement. In Proceeding of the Sixth International Conference on Seismic Zonation EERI, Palm Springs California. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=4b1a8cc5872deefd1582cab13bd66149352bacff>

- Nowroozi AA., 1976. Seismotectonic provinces of Iran. *Bull Seismol Soc Am* 66:1249–1276
- Pap, Z. B., & Kollár, L. P., 2018. Effect of resonance in soil-structure interaction for finite soil layers. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 62(3), 676-684. <https://doi.org/10.3311/PPci.11960>
- Rosenblueth, E., & Meli, R., 1986. The 1985 mexico earthquake. *Concrete international*, 8(5), 23-34. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1433-9_5
- Semblat, J. F., Duval, A. M., & Dangla, P., 2003. Modal superposition method for the analysis of seismic-wave amplification. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 93(3), 1144-1153. <https://doi.org/10.1785/0120000087>
- Sezawa K., 1930. Possibility of the free—oscillations of the surface layer excited by the seismic waves. *Bull Earthquake Res Inst*;13:1–12. [https://doi.org/10.1016/S0074-6142\(05\)80005-1](https://doi.org/10.1016/S0074-6142(05)80005-1)
- Thabet, M., 2019. Site-specific relationships between bedrock depth and HVSR fundamental resonance frequency using KiK-NET data from Japan. *Pure and Applied Geophysics*, 176(11), 4809-4831. <https://doi.org/10.1007/s00024-019-02256-7>
- Vassallo, M., Cultrera, G., Di Giulio, G., Cara, F., & Milana, G., 2022. Peak frequency changes from HV spectral ratios in Central Italy: Effects of strong motions and seasonality over 12 years of observations. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, e2021JB023848. <https://doi.org/10.1029/2021JB023848>
- Vella, A., Galea, P., & D'Amico, S., 2013. Site frequency response characterisation of the Maltese islands based on ambient noise H/V ratios. *Engineering geology*, 163, 89-100. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2013.06.006>
- Zafarani, H., Ghafoori, S. M. M., Adlparvar, M. R., Rajaeian, P., & Hasankhani, A., 2015. Application of time-and magnitude-predictable model for long-term earthquake prediction in Iran. *Natural Hazards*, 78(1), 155-178. [https://doi.org/10.1016/0031-9201\(94\)90068-X](https://doi.org/10.1016/0031-9201(94)90068-X)

پیوست

جدول پ ۱: اطلاعات مربوط به داده‌های برداشت شده در ایستگاه‌ها

Point	Date & Time	latitude	longitude	Frequency (Hz)	Amplitude	Duration (min)	Complete
1	2021-02-20	30.5997286	50.2496739	2.08	1.32	30	Y
2	2021-02-20	30.6000216	50.2443011	2.53	1.23	30	Y
3	2021-02-20	30.6000345	50.2350836	3.06	1.31	30	Y
4	2021-02-20	30.6056954	50.2281031	4.25	1.26	30	Y
5	2021-02-20	30.5995002	50.2270648	1.6	1.34	30	Y
6	2021-02-20	30.6062655	50.2341461	2.57	1.27	30	Y
7	2021-02-20	30.6056416	50.2442474	4.55	1.12	30	Y
8	2021-02-21	30.6057487	50.2492787	5.43	1.25	30	Y
9	2021-02-21	30.6060651	50.2544468	3	1.38	30	Y
10	2021-02-21	30.6059953	50.2618252	1.39	1.58	30	Y
11	2021-02-21	30.5998144	50.2393797	2.59	1.25	30	Y
12	2021-02-21	30.6053791	50.2398556	1.28	1.22	30	Y
13	2021-02-21	30.6004246	50.2568612	2.23	1.34	30	Y
14	2021-02-21	30.5997946	50.2601216	0.94	1.27	30	Y
15	2021-02-23	30.5843876	50.2386658	0.88	1.12	45	Y
16	2021-02-24	30.5737228	50.2232802	0.54	1.14	45	Y
17	2021-02-25	30.5711262	50.2252114	0.57	1.09	45	Y
18	2021-02-26	30.5716521	50.2326143	0.91	1.02	45	Y
19	2021-02-26	30.5671084	50.2308065	1	1.13	45	Y
20	2021-02-26	30.5704558	50.2408916	0.72	1.04	45	Y
21	2021-02-26	—	—	1.8	1.1	38	N
22	2021-02-26	30.5698335	50.2472913	0.49	1.25	45	Y
23	2021-02-26	30.5800204	50.2472109	0.25	1	45	Y
24	2021-02-26	30.5816782	50.2430481	0.66	1	45	Y
25	2021-02-26	30.5886338	50.2423118	0.66	1.12	46	Y
26	2021-02-26	30.5898945	50.2427086	0.69	1.05	45	Y
27	2021-02-27	30.5757666	50.2396685	0.61	1.26	45	Y
28	2021-02-27	30.5665451	50.2433865	0.69	1.24	45	Y
29	2021-02-28	—	—	—	—	0	N
30	2021-02-28	30.5841351	50.2224112	0.52	1.03	45	Y
31	2021-02-28	30.58465	50.2166766	1.86	1.15	45	Y
32	2021-03-01	30.5813509	50.2317452	0.69	0.96	45	Y
33	2021-03-01	30.5897999	50.2261394	0.86	1.23	45	Y
34	2021-03-01	30.5961245	50.2139352	0.7	0.96	45	Y
35	2021-03-02	30.5913985	50.2383323	0.85	1.06	45	Y
36	2021-03-02	30.5885875	50.2339071	0.66	0.93	45	Y
37	2021-03-03	30.5846447	50.2501184	0.78	1.04	45	Y

Point	Date & Time	latitude	longitude	Frequency (Hz)	Amplitude	Duration (min)	Complete
38	2021-03-03	30.5855977	50.2439218	0.61	1.04	45	Y
39	2021-03-04	30.5921549	50.2451295	0.88	1	45	Y
40	2021-03-04	30.5947353	50.2413067	2.38	1.09	45	Y
41	2021-03-05	30.4942059	50.2160382	0.54	1.14	45	Y
42	2021-03-06	30.5932541	50.2307908	0.58	1.05	45	Y
43	2021-03-06	30.5803384	50.21619	0.63	1.17	45	Y
44	2021-03-06	30.5944449	50.2409186	0.68	1.2	45	Y
45	2021-03-07	30.587182	50.2550059	2.35	1.6	45	Y
46	2021-03-07	30.5852737	50.2574559	0.86	1.58	45	Y
47	2021-03-07	30.5834557	50.2668426	1.24	1.62	45	Y
48	2021-03-07	30.5966928	50.233413	1.54	1.13	45	Y
49	2021-03-07	30.5934385	50.2465885	0.67	1.16	45	Y
50	2021-03-07	30.5823128	50.2291108	0.62	1.07	45	Y
51	2021-03-08	—	—	1.49	1.16	16	N
52	2021-03-08	—	—	2.88	1.15	8	N
53	2021-03-08	30.5968305	50.2290985	1.35	1.1	45	Y
54	2021-03-08	—	—	1.66	1.1	43	N
55	2021-03-08	30.5829676	50.2723063	1.82	1.39	45	Y
56	2021-03-08	30.586389	50.2286955	0.74	1.03	45	Y
57	2021-03-10	30.6033311	50.2214883	0.82	1.3	45	Y
58	2021-03-10	30.5904881	50.2128097	0.34	1.08	45	Y
59	2021-03-11	30.6121801	50.2042794	0.68	1.14	45	Y
60	2021-03-11	30.6094498	50.2251417	0.47	1.13	45	Y
61	2021-03-11	30.602401	50.2127713	0.41	1.2	45	Y
62	2021-03-12	30.6164879	50.2413363	0.87	1.15	45	Y
63	2021-03-12	30.6101577	50.2386546	1.05	1.05	45	Y
64	2021-03-13	30.610281	50.2459826	1.53	1.14	45	Y
65	2021-03-13	30.5829904	50.2775472	1.05	1.6	45	Y
66	2021-03-13	30.6142898	50.2487617	1	0.99	45	Y
67	2021-03-13	30.5946364	50.2777139	1.3	1.72	45	Y
68	2021-03-14	30.5888125	50.2773165	1.43	1.64	45	Y
69	2021-03-14	30.5891309	50.2665106	0.91	1.83	45	Y
70	2021-03-15	30.5887645	50.2556479	1.19	1.66	45	Y
71	2021-03-15	30.5945158	50.2519527	0.91	1.38	45	Y
72	2021-03-15	30.5948718	50.2674538	0.82	1.71	45	Y
73	2021-03-15	30.5942707	50.2613816	1.14	1.54	45	Y
74	2021-03-15	30.5867399	50.2841309	0.98	1.81	45	Y
75	2021-03-15	30.5963976	50.2729249	1.49	1.59	45	Y
76	2021-03-17	30.5852143	50.2754628	1.01	1.66	45	Y
77	2021-03-21	30.6839884	50.2829819	2.29	1.1	45	Y
78	2021-03-22	30.668512	50.3469568	1.44	1.05	45	Y



Zoning Land Surfaces of Shahroud Basin against the Occurrence of Landslides Using the Shannon Model



Gholam Hassan Jafari ^{a*}, Rouhollah Khodaei ^b

^a Associate Professor in Geomorphology, University of Zanjan, Zanjan, Iran

^b MA in Geomorphology, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: 19 February 2022

Revised: 19 May 2022

Accepted: 29 May 2022

Abstract

Mass movements of materials are divided into slip, flow and creep, among of which landslides always cause heavy financial and economic losses worldwide. In this study, based on the analysis of landslides in Shahroud Basin, effective vectors were rated. Using ArcGIS software, the spatial distribution of 183 landslides in Shahroud basin was analyzed and interpreted in fault, waterway, road, lithology, slope, aspect, precipitation amount and height. According to the effect of different vectors, and the spatial distribution of landslides in Shahroud basin, points were scored and entropy matrix was adjusted for them and landslide occurrence in Shahroud basin was zoned. Based on the results of applying Shannon entropy model in Shahroud basin for landslide zoning in terms of landslides, high-risk zones accounted for 41.79% and an average of 52.76% of the basin area. The adaptation of landslide risk zones of Shahroud basin shows the concentration of 74.86% of landslides on slopes of 10-40°, 64.97% in marl, conglomerate, and basalt lithologies, 87.97% at altitudes 2123-823m, 85.79% in semi-arid and temperate rainfall classes (685-315mm) on land surfaces with slope in the western direction, 55.74% at a distance of 0-300m from the river, a distance of 0-500m from the fault and at a distance of 1000-500m from the road. The concentration of danger and landslide zones in the two central parts of Taleghan subspecies and after the joining of Alamut and Taleghan rivers and the formation of Shahroud River is more than other areas. Such changes in landslide distribution due to nonlinear compliance of this geomorphological event are influential factors. The occurrence of landslides is a function of the interaction between factors rather than their abstract effects.

Keywords: Landslide, Shahroud, Shannon Entropy, Alamut, Taleghan

*.Corresponding author: Gholam Hassan Jafari Email: jafarihas@znu.ac.ir Tel:+989177519227

How to cite this Article: Kazemi, H., & Shariati, R. (2022). Analysis of subsidence status in Hamedan urban area using radar and satellite images. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 253-274.

DOI:10.22067/geoh.2022.75401.1183



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

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

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75401.1183>

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۲۷۴-۲۵۳

مقاله پژوهشی

پهنه بندی سطوح ارضی حوضه شاهرود در مقابل وقوع زمین لغزش به کمک مدل شانون

غلام حسن جعفری^۱ - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

روح اله خدایی - کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۳۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۲/۲۹ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۳/۸

چکیده

جابه‌جایی مواد یکی از رخداد های سطوح ارضی شایع است؛ برای کاهش خطرات ناشی از چنین حرکتی، شناخت دقیق مکان‌های در معرض خطر بسیار مؤثر است؛ یکی از مشکلات چنین رخداد هایی، عدم توانایی محقق در شناخت تمام و کامل عوامل مؤثر بر آن‌هاست و حتی در صورت شناخت، میانگین های عوامل، ناشناخته باقی می‌ماند. در این بررسی تلاش شده است بر اساس تحلیل موقعیت زمین لغزش های حوضه شاهرود، به عوامل مؤثر امتیاز داده شود. با استفاده از نرم افزار ArcGIS، موقعیت مکانی ۱۸۳ زمین لغزش نقطه ای حوضه شاهرود، با توجه به عوامل خطی گسل، آبراهه و جاده و عوامل سطحی لیتولوژی، شیب، جهت شیب، مقدار بارش و ارتفاع، تحلیل و تفسیر گردید؛ ماتریس آنتروپی برای آن‌ها تنظیم و سطوح ارضی حوضه شاهرود از نظر رخداد زمین لغزش، به کمک مدل شانون پهنه بندی گردید. بر اساس نتایج کاربرد مدل آنتروپی شانون، پهنه های پرخطر ۴۱/۷۹٪ و متوسط ۵۲/۷۶٪ از مساحت حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. انطباق زمین لغزش های رخداد با عوامل مؤثر بر زمین لغزش، تمرکز ۷۴/۸۶ درصد از زمین لغزش ها در شیب های ۴۰-۱۰ درصد، ۶۴/۹۷ درصدی آن‌ها در لیتولوژی های مارن - سیلتستون، کنگلومرا و بازالت، ۸۷/۹۷ درصدی آن‌ها در ارتفاع بین ۲۱۶۹-۸۲۳ متر، ۸۵/۷۹ درصدی آن‌ها در طبقات بارشی نیمه خشک و معتدل (۳۱۵-۶۸۵ میلی متر) در سطوح ارضی با شیبی

Email: jafarihas@znu.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۷۷۵۱۹۲۲۷

نحوه ارجاع به این مقاله:

جعفری، غلام حسن؛ خدایی، روح اله. (۱۴۰۲). پهنه بندی سطوح ارضی حوضه شاهرود در مقابل وقوع زمین لغزش به کمک مدل

شانون. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۲(۴). صص ۲۷۴-۲۵۳

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75401.1183>

در جهت غربی، ۵۵/۷۴ درصدی آن‌ها در فاصله ۳۰۰-۰ متر از رودخانه و ۵۰۰-۰ متری از گسل و در فاصله ۱۰۰۰-۵۰۰ متر از جاده را مورد تأیید قرار می‌دهد. چنین تغییراتی در توزیع زمین‌لغزش ناشی از تبعیت غیرخطی این رخداد ژئومورفولوژیکی از عوامل اثرگذار است؛ وقوع زمین‌لغزش تابعی از برهمکنش بین عوامل است تا اثرگذاری آن‌ها به صورت مجرد و انتزاعی.

کلیدواژه‌ها: زمین لغزش، شاهرود، مدل آنتروپی شانون، الموت، طالقان.

۱- مقدمه

دامنه‌های پوشیده از مواد رسی یا خاک ضخیم، اگر کاملاً خیس و مرطوب گردد، به‌صورت توده‌ای از ناحیه بالای دامنه جدا شده و در طول دامنه، به‌صورت یک زبانه گلی و یا جریانی از مواد گل‌آلود جابه‌جا می‌شود (خیام، ۱۳۸۹). این‌گونه حرکات توده‌ای مواد روی دامنه به سه طبقه لغزشی، جریانی و خزشی تقسیم می‌شود. در لغزش کامل (ویژه) سرعت حرکت مواد در همه نقاط از بالا تا پایین یکسان و از نوع انتقالی است. در جریان کامل (خالص) سرعت حرکت مواد در بخش بالایی توده جریانی بیشتر از بخش زیرین و از نوع انتقالی است ولی در خزش (جابه‌جایی)، حرکت مواد به‌صورت قائم است (مقیم و همکاران، ۱۳۸۷). زمین لغزش از جمله حرکات دامنه‌ای است که تحت تأثیر عوامل مختلفی رخ می‌دهد؛ این رخداد ژئومورفولوژیکی در سطح جهان، موجب مرگ‌ومیر سالانه هزاران نفر و خسارت‌های سنگین مالی و اقتصادی به مناطق مسکونی می‌شود (محمدخان، ۱۳۹۳). در تحلیل فضایی رخدادهای ژئومورفولوژیک، عوامل متعددی نقش دارند؛ فرم‌ها به‌عنوان برون‌داد فرایندها نه تنها تحت تأثیر عوامل مختلف قرار دارند، بلکه به‌شدت متأثر از میانکنش‌های هر یک از آن‌ها هستند. برای درک اثرگذاری میانکنش‌ها در رخدادهای ژئومورفولوژیک، نباید در شناسایی پدیده، تأثیر یک یا چند عنصر شناخته‌شده را بیشتر از سایر عناصر دانست؛ و اصل و اساس شناخت هر پدیده را به چگونگی ظهور آن قرار داد؛ در وقوع بسیاری از رخدادهای ژئومورفیک میانکنش‌های متعددی دخالت دارند که شناخت دقیق همه آن‌ها مقدور نیست؛ معمولاً محققان با هر تحقیق، سعی می‌کنند واقعیت پدیدار را به حقیقت نزدیک‌تر کنند.

از آنجاکه پیش‌بینی زمان وقوع زمین‌لغزش‌ها مشکل است، شناسایی مناطق حساس به زمین‌لغزش و پهنه‌بندی این مناطق بر اساس پتانسیل خطر ناشی از بروز این پدیده، اهمیت خاصی دارد (مصفاوی و همکاران، ۱۳۸۸)؛ در همین راستا کنستانتین^۱ و همکاران (۲۰۱۱) به ارزیابی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از تجزیه و تحلیل آماری دومتغیره و شاخص آنتروپی در حوضه سیبکیو (رومانی) پرداختند. در این مطالعه لایه حساسیت به زمین‌لغزش، بر اساس پارامترهای اثرگذار بر وقوع آن (زاویه شیب، جهت شیب، انحناء، سنگ‌شناسی و کاربری زمین) تهیه گردید. لایه حساسیت به پنج طبقه تقسیم شد که مناطق با حساسیت زمین‌لغزش بسیار کم تا بسیار زیاد را نشان می‌دهد.

پورقاسمی و همکاران (۲۰۱۲)، در ارزیابی حساسیت به زمین لغزش، پارامترهای مشتق شده از داده‌های سنجش از دور قسمت شرقی استان گلستان از شهرستان کلاله را با استفاده از آنتروپی شانون در ArcGIS، مورد مطالعه قرار دادند. برای اعتبارسنجی مدل، نتایج تجزیه و تحلیل‌ها را با مکان زمین لغزش‌های رخ داده در سطح زمین مقایسه شد. علاوه بر این، منحنی‌های ویژگی‌های عملیاتی گیرنده (ROC) برای نقشه‌های حساسیت زمین لغزش ترسیم شد و مساحت زیر مقادیر منحنی محاسبه شد. نتایج تأیید صحت ۸۲/۵ درصد را نشان داد. باتوجه به نتایج ارزیابی AUC (منطقه زیر منحنی)، نقشه تولید شده ویژگی‌های رضایت بخشی را نشان داد. شادمان رودپوشتی و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از روش ترکیبی توابع فازی و آنتروپی شانون مبتنی بر GIS به ارزیابی نقشه حساسیت زمین لغزش (LSM) در منطقه ایذه خوزستان پرداختند. عملکرد روش ترکیبی پیشنهادی نسبت به رویکردهای ارزیابی چندمعیاره با استفاده از یک طرح ذهنی، در مقایسه با استفاده از همان مجموعه داده‌ها، از طریق ارزیابی چندمعیاره فازی توسعه یافته، برتری داشت. ژائو^۱ و همکاران (۲۰۱۷) بر اساس آنتروپی شانون، فرآیند سلسله مراتب تحلیلی (AHP) و روش جامع فازی را در شهرستان ژنان از استان شان‌آنشی برای ارزیابی حساسیت زمین لغزش استفاده نمودند. نتایج نشان داد مدل پیشنهادی حساسیت به زمین لغزش می‌تواند به تهیه نقشه‌های حساس تر و دقیق تر کمک کند که نه تنها از اطلاعات حاصل از داده‌های اصلی بهره می‌برد، بلکه دانش یک متخصص و نظرات تصمیم گیرندگان را نیز منعکس می‌کند. مقیمی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی فرسایش در حوضه‌ی آبخیز رودخانه شور فدामी (استان فارس) با روش توصیفی - تحلیلی بر پایه آنتروپی به این نتیجه رسیدند که فرسایش زیادی در قسمت‌های مختلف آبخیز تحت تأثیر شیب ایجاد می‌شود و در بین سازندهای زمین‌شناسی، سازندهای سست کواترنری فرسایش بیشتری می‌یابد. مقیمی و همکاران (۱۳۹۱)، خطر وقوع زمین لغزش را در تاقدیس نثار زاگرس شمال غربی با استفاده از مدل آنتروپی، روش‌های میدانی و کتابخانه‌ای پهنه‌بندی نمودند. نتایج دال بر این است که مدل آنتروپی کارایی مطلوبی در برآورد میزان خطر رخداد زمین لغزش دارد و ارتفاع، شیب، فاصله از گسل، جهت شیب و لیتولوژی به ترتیب بیشترین نقش را در رخداد زمین لغزش دارند. فلاح و همکاران (۱۳۹۸) در پهنه‌بندی احتمال وقوع زمین لغزش، در منطقه رودبار الموت شرقی استان قزوین، با استفاده از مدل‌های آنتروپی شانون و ارزش اطلاعات در محیط ArcGIS دریافتند که هر دو مدل آنتروپی شانون و ارزش اطلاعات در برآورد پهنه‌های خطر متوسط، زیاد و خیلی زیاد می‌تواند مناطق مستعد زمین لغزش را به خوبی شناسایی کند؛ مقدار شاخص احتمال تجربی این عملکرد ۸۶ درصد است؛ البته در برآورد پهنه‌های خطر زیاد و خیلی زیاد، مدل ارزش اطلاعات در مقایسه با مدل آنتروپی شانون از قابلیت بهتری برخوردار بود. دارابی شاهماری و همکاران (۱۳۹۸)، حساسیت زمین لغزش ارتفاعات شهرستان دالاهو را با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک و شاخص آنتروپی برآورد نمودند. نتایج اعتبارسنجی نشان می‌دهد شاخص مدل آنتروپی

($AUC=0.86$) در برآورد حساسیت زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه نسبت به مدل رگرسیون لجستیک ($AUC=0.80$) از صحت بیشتر و در نتیجه قابلیت اعتماد بالاتری برخوردار است. **روستایی و همکاران (۱۳۹۹)**، پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوضه آبریز طالقان با استفاده از شاخص آنتروپی شانون بررسی نمودند، در این تحقیق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ASAR از سنجنده ENVISAT در سال‌های ۲۰۰۳ الی ۲۰۰۹ و بازدیدهای صحرایی ۱۷ پهنه لغزشی به صورت انتخابی شناسایی و نقشه پراکنش زمین لغزش‌های منطقه مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار ArcGIS تهیه گردید. عوامل مؤثر با استفاده از شاخص آنتروپی نشان داد که فاصله از رودخانه بیشترین تأثیر را بر وقوع زمین لغزش حوضه و عوامل شاخص رطوبت، زمین‌شناسی و شاخص موقعیت توپوگرافی کمترین تأثیر را داشته‌اند. **فیض اله پور و همکاران (۱۴۰۰)**، خطر زمین لغزش را در حوضه آبریز طالقان با استفاده از مدل آنتروپی شانون پهنه‌بندی نمودند. عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش به عنوان متغیرهای مستقل و پهنه‌های لغزشی به عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شده است. پس از محاسبه شاخص آنتروپی شانون مشخص شد، ۸۶ درصد از مساحت زمین لغزش‌ها در سه رده خطر متوسط، پرخطر و خیلی پرخطر قرار دارند.

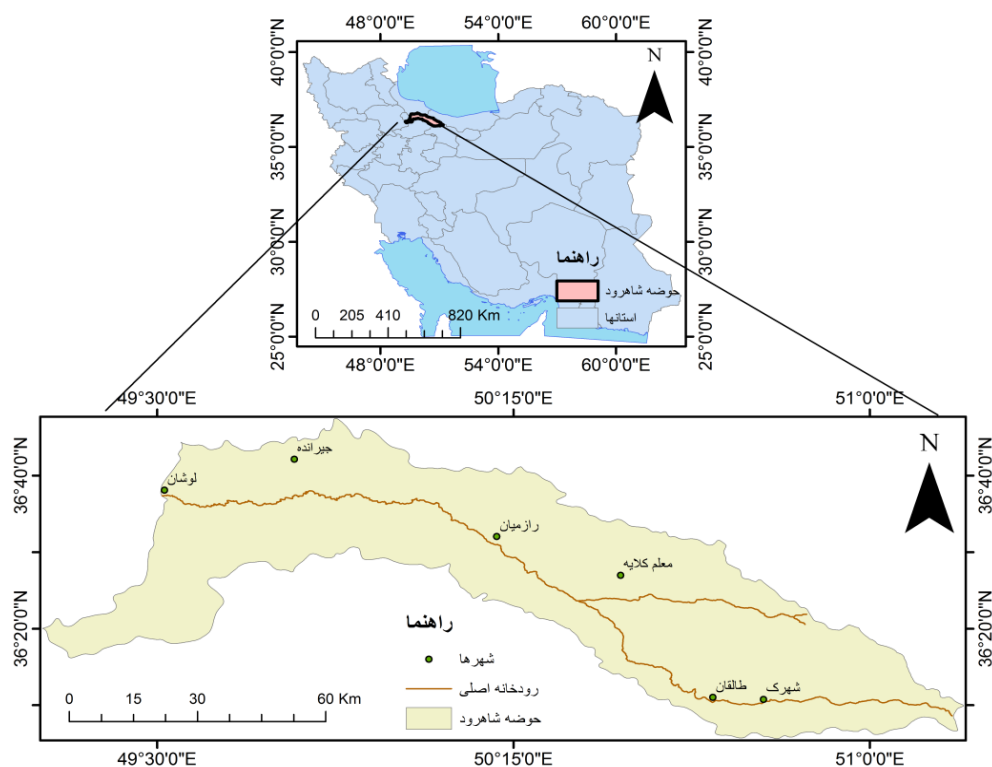
وقوع هر رخدادی در طبیعت به علل و عوامل متعددی وابسته است؛ محققان سعی می‌کنند باتوجه به فضای وقوع هر رخداد، شرایط وقوع رخداد را شناسایی و رفتار آینده عوامل اثرگذار طبیعی را در ارتباط با وقوع آن رخداد پیش‌بینی نمایند؛ غافل از اینکه هیچ معرفت قطعی و ثابتی در مورد رخداد پدیده‌ها وجود ندارد؛ واقعیت فقط بر حسب فهم تأویل و دریافت محقق، دست‌یافتنی می‌شود و به قول ویتگنشتاین محقق آزاد است تا تصوراتش را بر پدیدار تحمیل نماید (**راس، ۱۳۸۹**). در چنین صورتی محقق بیشتر تمایل دارد به چیزهایی توجه کند که در نگاه اول یا حتی دقیق ولی سطحی‌نگر، ذهنش را درگیر می‌کند (**رولف، ۱۳۹۴**) فرایندها تحت تأثیر شرایط خاصی تجلی می‌یابند و در شرایط مختلف محیطی، از فرایند واحد، فرم‌های متفاوتی پدیدار می‌شود؛ به گونه‌ای که تحلیل شرایط برخاسته از رخداد از خود فرایند مهم‌تر می‌گردد که معمولاً در ساختارشناسی رخداد واجد اهمیت است و در غالب تحقیقات علمی مورد غفلت واقع می‌شود. نگاه انتزاعی و مجرد محقق علوم زمین به رخداد، منجر به جدایی پدیدار از شرایط محیطی گردیده و با تجزیه و تحلیل عوامل مؤثر بر رخداد، نتیجه‌ای گرفته می‌شود فارغ از وابستگی‌های فضایی- زمانی رخداد؛ و اینگونه تحلیل می‌شود که پدیدار در هر مکان و زمان در صورت فراهم بودن عوامل، به وقوع می‌پیوندد غافل از اینکه همه عوامل مطرح شده در چنین مواردی فقط شروط لازم برای وقوع رخداد را فراهم می‌آورند نه شروط کافی و تامه را. در این روش چنین انگاشته می‌شد که اجزاء به گونه‌ای پیشگویی پذیر و بر پایه‌ی علیت فاعلی رفتار می‌کنند و اهمیت میانکنش بین اجزاء نادیده گرفته می‌شود؛ در صورتی که سرشت هر جزء، میانکنش بین اجزا را در پی دارد. برای پهنه بندی سطوح ارضی از نظر وقوع زمین لغزش، غالباً از عواملی همچون زاویه شیب، جهت شیب، سنگ‌شناسی، ارتفاع، فاصله از گسل و کاربری زمین استفاده شده است؛ متغیرهای وابسته به

هریک از عوامل، با توجه به توزیع فضایی زمین لغزش‌ها، اولویت بندی می‌شوند. در بسیاری از موارد، مبنای امتیازدهی به متغیرهای عوامل مؤثر بر زمین لغزش، این تصور را بوجود می‌آورد که با تناسب افزایش یا کاهش متغیر وابسته به عوامل، مقدار اثرگذاری نیز کاهش یا افزایش می‌یابد؛ در صورتی که در عمل امکان امتیاز یک متغیر در بعضی از مقادیر عامل، روند صعودی داشته باشد و در برخی مقادیر دیگر، سیر نزولی به خود بگیرد؛ چه‌بسا این روند، بازه‌های مختلف متغیر، چندین بار دستخوش تغییر شود. این مقاله، با توجه به عملکرد شاخص آنتروپی شانون، در پهنه بندی سطوح ارضی حوضه شاهرود در مقابل خطر زمین لغزش قصد دارد اثرگذاری عوامل اثرگذار را در متغیرهای مختلف وابسته با آن مورد بررسی قرار دهد. این بررسی شرایطی را فراهم می‌آورد تا بتوان به عوامل مؤثر در زمین لغزش در حوضه شاهرود به گونه‌ای توجه کرد که تا کنون منجر به وقوع زمین لغزش شده‌اند تا نگاه یک جانبه و تئوریک.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

رودخانه شاهرود با مساحت ۴۸۴۵ کیلومتر مربع و طول ۱۲۵ کیلومتر به‌عنوان یکی از شاخه‌های اصلی سفیدرود از به هم پیوستن دو رودخانه الموت و طالقان (در شرق حوضه با طول ۴۹ و ۸۰ کیلومتر)، در ۱۱ کیلومتری جنوب آبادی شهرک، در محلی به نام شیرکوه تشکیل شده است (قهرمانی و ثروتی، ۱۳۸۷؛ پاسبان و همکاران، ۱۳۹۶). سفیدرود از به هم پیوستن شاهرود و قزل‌اوزن در نزدیکی سد منجیل به وجود می‌آید. حوضه شاهرود که بخش اصلی آن در استان قزوین واقع شده، استان‌های البرز، زنجان، گیلان و مازندران را نیز در برمی‌گیرد. حوضه شاهرود با وسعت ۴۸۷۱ کیلومترمربع، در عرض‌های جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۴۷ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۱۱ دقیقه طول شرقی گسترده شده است (شرکت آب منطقه‌ای استان قزوین) (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه شاهرود

طول این رودخانه از سرچشمه طالقانرود تا خروجی حوضه شاهرود، ۲۰۴ کیلومتر و از سرچشمه الموترود تا خروجی حوضه شاهرود، ۱۵۷/۵ کیلومتر می‌باشد. این حوضه کوهستانی با دینامیک بالای فرسایش رودخانه‌ای و آبی، سالانه مقدار زیادی رسوب از سطح حوضه منفک گشته و به نواحی پایین دست حمل و نهایتاً در مخزن سد سفید رود و در سطح اراضی انباشته می‌شود (قهرمانی و ثروتی، ۱۳۸۷: ۴۶). ارتفاع وزنی حوضه ۲۳۰۹ متر و از نظر توپوگرافی منطقه کوهستانی و ناهموار است (خسروی و همکاران، ۱۳۹۱: ۳۴۳). حوضه شاهرود به دو بخش الموت شرقی (به مرکز معلم کلایه) و الموت غربی (به مرکز رازمیان) تقسیم می‌شود. واحدهای زمین شناسی حوضه آبریز مورد نظر در بخش شرقی و بالادست، عمدتاً آوارهای میوسن، در بخش میانی ترکیبی از واحدهای آتشفشانی ائوسن و برخی سازندهای مزوزوئیک و در پایین دست حوضه، واحدهای آتشفشانی ائوسن می‌باشد (آنلز و همکاران، ۱۹۷۵).

۲-۲- روش انجام پژوهش

در این مقاله که نتیجه یک پژوهش کاربردی است سطوح ارضی حوضه شاهرود با کمک روش‌های کتابخانه‌ای، بازدیدهای میدانی و مدل‌سازی، در مقابل رخداد زمین‌لغزش به بهترین شکل ممکن پهنه بندی شده است. نقشه‌های

توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ و تصاویر گوگل ارث منطقه، به‌عنوان ابزار اصلی، کمک زیادی به شناسایی مقدار اثرگذاری عوامل مؤثر در زمین‌لغزش نمود. با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS10.3، توزیع فضایی ۱۸۳ زمین‌لغزش حوضه شاهرود، استخراج شده از سایت علوم زمین، با توجه به عوامل خطی گسل، آبراهه، جاده و عوامل سطحی لیتولوژی، شیب، جهت شیب، مقدار بارش و ارتفاع، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. لایه‌های اطلاعاتی موردنیاز (شیب، جهت شیب، لیتولوژی، طبقات ارتفاعی، فاصله از رودخانه، فاصله از جاده، فاصله از گسل و بارش) به‌عنوان عوامل اثرگذار بر وقوع زمین‌لغزش، در محیط ArcGIS10.3 تهیه شد؛ مدت بارش و نوع آن، برف یا باران، از عوامل تأثیرگذار بر روی حرکات دامنه‌ای است. دوره بارشی بر اساس دوره ۳۰ ساله از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ از سازمان وزارت نیرو (شرکت مدیریت منابع آب ایران)، دفتر مطالعات پایه منابع آب اخذ و مورد استفاده قرار گرفت. سپس موقعیت مکانی ۱۸۳ زمین‌لغزش، در هرکدام از لایه‌های استخراجی به‌صورت جداگانه بررسی و مقر آن‌ها شناسایی و استخراج گردید؛ نتایج توزیع مکانی زمین‌لغزش‌ها، امتیازدهی به عوامل مختلف را بر اساس اثرگذاری آن‌ها در بازه‌های متفاوت به همراه داشت؛ با امتیاز دهی به عوامل مختلف اثرگذار در متغیرهای مختلف و پردازش آن‌ها، در نرم‌افزار ArcGIS10.3، از لایه وکتوری به لایه رستری تبدیل گردیدند. برای داده‌های استخراجی از لایه‌های مختلف، بر اساس منابع اسنادی امتیاز داده شد و بعد از طبقه‌بندی لایه‌ها، ماتریس آنتروپی شانون برای آن‌ها تنظیم گردید. ماتریس تصمیم‌گیری حاوی اطلاعاتی است که مدل آنتروپی می‌تواند به‌عنوان معیاری برای ارزیابی آن به کار رود (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۱). با محاسبه ماتریس آنتروپی و وزن کل عوامل مؤثر بر وقوع زمین‌لغزش (هشت عامل) W_j ، میزان H_j ، به‌عنوان ضریب وقوع خطر زمین‌لغزش به دست آمد و رخداد زمین‌لغزش حوضه شاهرود، بر اساس مدل شانون پهنه‌بندی گردید. مراحل روش تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) به ترتیب ذیل می‌باشد:

تشکیل ماتریس تصمیم (ستون‌ها عوامل مؤثر در زمین‌لغزش، سطرها تعداد زمین‌لغزش) و محاسبه وزن معیارها بر اساس روابط (۱، ۲، ۳، ۴ و ۵):

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum x_{ij}} \quad (\text{رابطه ۱})$$

نرمال‌سازی ماتریس تصمیم (رابطه ۲):

$$E_j = -h \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij} \quad j=1 \dots \quad (\text{رابطه ۲})$$

محاسبه آنتروپی هر شاخص (رابطه ۳):

$$h = \frac{1}{\ln(m)} \quad (\text{رابطه ۳})$$

محاسبه انحراف شاخص (رابطه ۴):

$$dj=1-Ej \quad (\text{رابطه ۴})$$

محاسبه وزن معیارها (رابطه ۵):

$$Wj = \frac{1-ej}{\sum_{j=1}^m (1-ej)} \quad (\text{رابطه ۵})$$

پس از محاسبه وزن کلی (Wj)، پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از رابطه زیر ارزیابی می‌شود (رابطه ۶).

$$Hj = \sum_{i=1}^m Wj \times Xij \quad (\text{رابطه ۶})$$

در رابطه ۶ (Hj) ضریب رخداد زمین‌لغزش، (Wj) وزن نهایی تمام عوامل، (Xij) وزن هر یک از عوامل است (شاه زیدی، ۱۳۹۸: ۴۳).

۳- نتایج و بحث

بررسی مکانی عوامل اثرگذار بر زمین‌لغزش با استفاده از لایه زمین‌لغزش‌های شناخته شده، لازمه کاربرد مدل آنتروپی شانون است؛ به این منظور ابتدا توزیع زمین‌لغزش‌های حوضه شاهرود، در لایه‌ی مربوط به هر یک از عوامل اثرگذار بر زمین‌لغزش بررسی شده است؛ بررسی لایه نوع لیتولوژی در رخداد زمین‌لغزش‌های حوضه شاهرود، دال بر این است که ۴۰/۹۳، ۲۴/۰۴، ۱۲/۰۲ و ۱۱/۴۷ درصد از زمین‌لغزش‌ها به ترتیب در لیتولوژی مارن، بازالت، ماسه سنگ، توف سبز و آندزیت، و مجموعاً ۱۰/۸۹ درصد رسوبات آبرفتی، گابرو، کنگلومرا، گچ، سنگ آهک و دیوریت، رخ داده است (جدول ۱). هم‌جواری لیتولوژی مارن و کنگلومرا، به علت حساسیت مارن، شرایط وقوع زمین‌لغزش را بسیار مساعد نموده است؛ به گونه‌ای که اکثر زمین‌لغزش‌های رخ داده در لیتولوژی مارن در مجاورت کنگلومرا بوده است (شکل ۵ الف).

جدول ۱- رخداد زمین‌لغزش با توجه به لیتولوژی در حوضه شاهرود

لیتولوژی	مارن، کنگلومرا	بازالت	ماسه سنگ	توف سبز	آندزیت	رسوبات آبرفتی	گابرو	کنگلومرا	گچ	سنگ آهک	دیوریت
تعداد لغزش	۷۵	۴۴	۲۲	۲۱	۷	۵	۱	۳	۲	۲	۱
درصد لغزش	۴۰/۹۳	۲۴/۰۴	۱۲/۰۲	۱۱/۴۷	۳/۸۲	۲/۸۳	۰/۵۴	۱/۶۳	۱/۰۹	۰/۵۴	۰/۵۴

جهت شیب به علت اثرگذاری بر زاویه ارتفاع خورشیدی و در نتیجه مقدار جذب انرژی خورشید، نگهداری رطوبت خاک و حفظ پوشش گیاهی (معیری و همکاران، ۲۰۱۱)، به طور غیرمستقیم بر وقوع زمین لغزش اثر می‌گذارد. سطوح ارضی با شیب رو به شمال، به دلیل بهره‌مندی کمتر از نور خورشید، دمای پایین‌تر، تبخیر کمتر و رطوبت بیشتر خاک (احمدی، ۱۳۹۱) شرایط وقوع زمین لغزش را مساعدتر می‌نمایند. برای بررسی اثرگذاری جهت شیب بر زمین لغزش، سطوح ارضی از نظر جهت شیب در ۸ گروه شمالی (۰-۲۲/۵، ۰-۳۳۷/۵)، شمال شرقی (۲۲/۵-۶۷/۵)، شرقی (۶۷/۵-۱۱۲/۵)، جنوب شرقی (۱۱۲/۵-۱۵۷/۵)، جنوبی (۱۵۷/۵-۲۰۲/۵)، جنوب غربی (۲۰۲/۵-۲۴۷/۵)، غربی (۲۴۷/۵-۲۹۲/۵) و شمال غربی (۲۹۲/۵-۳۳۷/۵) درجه آزمون (تقسیم گردید (شکل ۲ و ۵ ب) و تکرار زمین لغزش‌ها در جهات مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. جهات اکثر زمین لغزش‌های رخ داده در لیتولوژی‌های یکسان، تقریباً وضعیت قرینه‌ای با یکدیگر داشته‌اند، برای مثال تعداد زمین لغزش‌های رخ داده در لیتولوژی مارن، در شرق و غرب حوضه طالقان مساوی است (جدول ۲).



شکل ۲- رخداد زمین لغزش در سطوح ارضی با جهت‌های شیب مختلف (N شمال، S جنوب، E شرق و W غرب)

میانگین ارتفاع وزنی حوضه ۲۳۰۸/۸ است. توزیع زمین لغزش‌های رخ داده حوضه شاهرود، در ۹ طبقه ارتفاعی بررسی گردید (شکل ۵ پ)؛ ۸۸ درصد زمین لغزش‌ها در محدوده ارتفاعی ۲۱۶۹-۸۶۳ رخ داده است (جدول ۳).

جدول ۲- رخ داد زمین لغزش باتوجه به جهت های شیب در حوضه شاهرود

لیتولوژی	شمال	شمال شرق	شرق	جنوب شرق	جنوب	جنوب غرب	غرب	شمال غرب
مارن-شاهرود	۵	۹	۵	۵	۴	۱۲	۱۰	۸
مارن-طالقان	۳	-	۵	۲	۱	-	۵	۱
بازالت	۴	۷	۵	۴	۶	۴	۱۰	۴
ماسه سنگ	۲	۵	۴	۲	۳	۱	-	۵
توف سبز	۲	-	۳	۸	۱	۲	۱	۴
آندزیت	۱	۱	-	۱	-	۲	۱	۱
رسوبات آبرفتی	-	۱	-	-	۱	-	۳	-
گابرو	-	-	-	۱	-	-	-	-
کنگلومرا	-	۱	-	۱	-	-	۱	-
گچ	۱	-	-	۱	-	-	-	-
سنگ آهک	-	۱	۱	-	-	-	-	-
دیوریت	-	-	۱	-	-	-	-	-
جمع کل	۱۸	۲۵	۲۴	۲۵	۱۶	۲۱	۳۱	۲۳

جدول ۳- رخ داد زمین لغزش در طبقات ارتفاعی حوضه شاهرود

رتبه مساحت	درصد مساحت	مساحت	تعداد لغزش	درصد لغزش	تعداد لغزش	طبقات ارتفاع
۸	۶/۵	۳۱۶/۰۹	۷	۱/۰۹	۲	۳۱۹_۸۶۳
۵	۱۱/۹۹	۵۸۳/۳۷	۴	۱۹/۱۲	۳۵	۸۶۳_۱۲۳۲
۲	۱۵/۳۲	۷۴۵/۵۱	۳	۲۱/۸۶	۴۰	۱۲۳۲_۱۵۶۳
۳	۱۴/۹	۷۲۴/۶۷	۲	۲۲/۹۵	۴۲	۱۵۶۳_۱۸۶۷
۱	۱۶/۱۲	۷۸۴/۲۹	۱	۲۴/۰۴	۴۴	۱۸۶۷_۲۱۶۹
۴	۱۲/۰۴	۵۸۵/۵۲	۵	۸/۷۴	۱۶	۲۱۶۹_۲۵۰۷
۶	۱۰/۷۲	۵۲۱/۳۲	۶	۱/۶۴	۳	۲۵۰۷_۲۸۸۴
۷	۸/۵۲	۴۱۴/۰۶	۸	۰/۵۵	۱	۲۸۸۴_۳۳۲۱
۹	۳/۹	۱۸۹/۵۹	-	-	-	۳۳۲۱_۴۳۲۱

تعداد زمین لغزش های رخ داده به تفکیک لیتولوژی هایی که تعداد قابل ملاحظه ای زمین لغزش در آنها رخ داده بود، در طبقات شیبی مختلف و مجموع زمین لغزش در هر طبقه شیبی به تعداد و درصد مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۴). بیشترین زمین لغزش در سطوح ارضی با شیب بین ۱۰ تا ۲۰ درصد به وقوع پیوسته است و کمترین زمین لغزش در سطوح ارضی با شیب ۶۰-۴۰ درصد اتفاق افتاده است. در اغلب لیتولوژی ها، تراکم زمین لغزش ها در سطوح

ارضی در محدوده شیب ۱۰-۲۰ درصد رخ داده‌اند؛ فقط در جنس بازالت تراکم زمین لغزش در شیب ۲۰-۴۰ درصد است (شکل ۵ ج).

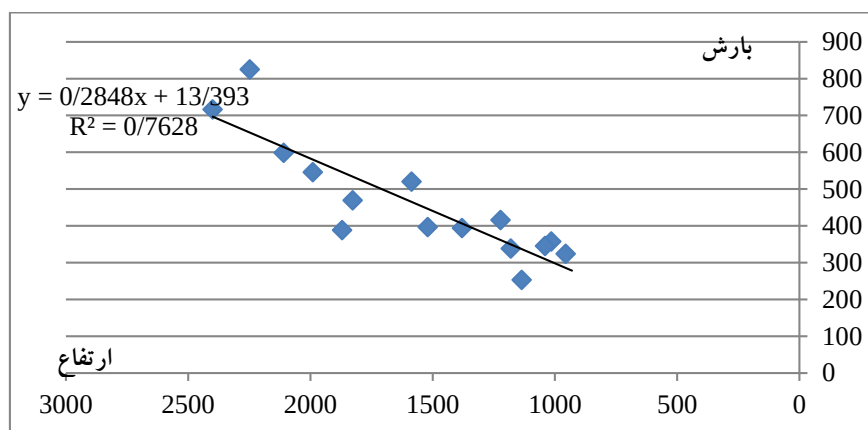
جدول ۴- رخ داد زمین لغزش به تفکیک لیتولوژی‌های غالب در طبقات شیب حوضه شاهرود

طبقات شیب	۰-۵	۵-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۴۰	۴۰-۶۰	>۶۰
مارن و کنگلومرا	۷	۱۷	۳۷	۱۳	۱	-
بازالت	۴	۵	۱۵	۱۹	-	-
ماسه سنگ	-	۳	۱۳	۸	-	-
توف سبز	۱	۲	۱۳	۵	-	-
زمین لغزش	۱۴	۳۱	۸۹	۴۸	۱	-
درصد زمین لغزش (%)	۷/۶۵	۱۶/۹۴	۴۸/۶۳	۲۶/۲۳	۰/۵۵	-

ارتفاع، نقش حیاتی در تغییر فضای هیدرولوژیکی (رطوبت خاک، جریان آب‌های زیرزمینی) و ثبات شیب دارد (قنواتی، ۱۳۹۸)؛ برای بررسی اثر بارش بر رخداد زمین لغزش، در نرم‌افزار اکسل بین ارتفاع و میزان بارش ایستگاه‌ها، رابطه رگرسیونی برآورد گردید (شکل ۳). با استفاده از رابطه (۷) با ضریب تبیین ($R^2=0.7628$) و DEM منطقه در نرم‌افزار ArcGIS10.3 ارتفاع لایه بارشی منطقه استخراج گردید (شکل ۵ ت).

$$y=0.2848x+13.393$$

رابطه (۷)



شکل ۳- نمودار ترسیمی رگرسیونی در اکسل (رابطه ارتفاع و بارش)

برای بررسی اثرگذاری تغییرات بارش بر زمین لغزش، سطوح ارضی حوضه شاهرود با استفاده از طبقه‌بندی لیتینی اسکی، پهنه‌بندی گردید (جدول ۵).

بررسی توزیع زمین لغزش‌ها در واحد سطح اقلیم‌های مختلف بارشی، دال بر این است در محدوده اقلیمی معتدل نیمه‌خشک و معتدل با بارش ۶۸۵-۴۵۰ میلیمتر بیشترین زمین لغزش رخ داده است (به ترتیب ۶۰ و ۴۰ زمین لغزش)؛ دقت در توزیع زمین لغزش در واحد سطح (کیلومتر مربع)، دال بر آن است که در هر ۱۴ کیلومترمربع از اقلیم نیمه‌خشک (بارش ۳۱۵-۲۵۰ میلیمتر)، سپس در هر ۱۶ کیلومترمربع از اقلیم معتدل (بارش ۵۶۵-۴۵۰ میلیمتر) و بالاخره در سطوح ارضی با اقلیم معتدل نیمه‌خشک در هر ۱۹ کیلومترمربع یک زمین لغزش رخ داده است.

جدول ۵- طبقات بارش بر اساس طبقه‌بندی لیتین اسکی (داودی، ۱۳۹۲)

نام عنصر	نام طبقه	محدوده طبقه اصلی	محدوده طبقه فرعی	تعریف	زمین لغزش	مساحت	تراکم	درصد مساحت
بارش به میلیمتر	خشک	$P < 250$	۰-۸۰	خیلی خشک	-	-	-	-
			۸۰-۱۷۰	خشک	-	۷۲/۱۴	-	۱/۴۸
			۱۷۰-۲۵۰	خشک ضعیف	۱	۲۰۶/۲۴	۲۰۶/۲۴	۴/۲۴
	نیمه‌خشک	$250 \leq P < 450$	۲۵۰-۳۱۵	نیمه‌خشک نسبتاً خشک	۱۸	۳۲۴/۳۶	۱۸	۶/۶۷
			۳۱۵-۳۸۵	نیمه‌خشک	۳۰	۴۳۳/۶	۱۴	۸/۹۱
			۳۸۵-۴۵۰	نیمه‌خشک معتدل	۲۷	۵۳۵/۴۲	۱۹	۱۱/۰۱
	معتدل	$450 \leq P < 800$	۴۵۰-۵۶۵	معتدل نیمه‌خشک	۶۰	۹۸۳/۳۹	۱۶	۲۰/۲۲
			۵۶۵-۶۸۵	معتدل	۴۰	۹۶۱/۷۸	۲۴	۱۹/۷۷
			۶۸۵-۸۰۰	معتدل نیمه مرطوب	۵	۵۸۳/۴۷	۱۰۷	۱۱/۹۹
	نیمه مرطوب	$800 \leq P < 1350$	۸۰۰-۹۸۰	نیمه مرطوب خفیف	۲	۶۱۳/۵	۳۰۶	۱۲/۶
			۹۸۰-۱۱۶۵	نیمه مرطوب	-	۱۴۸/۴۷	-	۳/۰۵
			۱۱۶۵-۱۳۵۰	نیمه مرطوب نسبتاً مرطوب	-	۲/۰۶	-	۰/۰۴

جاده یکی از عوامل تحریک‌کننده دامنه‌ها برای رخداد زمین لغزش، توسط انسان احداث می‌شود که هم به‌صورت جاده و ریل آهن قابل بررسی است. فاصله زمین لغزش‌ها نسبت به جاده در ۷ طبقه، ۰-۱۰۰، ۱۰۰-۲۰۰، ۲۰۰-۳۰۰، ۳۰۰-۴۰۰، ۴۰۰-۵۰۰، ۵۰۰-۱۰۰۰ و ۱۰۰۰ متر مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۶ و شکل ۵ ث).

جدول ۶- رخداد زمین لغزش با توجه به فاصله از جاده در حوضه شاهرود

فاصله از جاده	۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۴۰۰	۴۰۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	>۱۰۰۰
تعداد لغزش	۳۰	۲۵	۱۵	۲۴	۱۴	۴۱	۳۴
درصد لغزش	٪۱۶	٪۱۴	٪۸	٪۱۳	٪۸	٪۲۲	٪۱۹

گسل نیز منجر به اختلاف ارتفاع می‌شود؛ هرچقدر اختلاف ارتفاع ناشی از گسل بیشتر و فاصله از گسل کمتر باشد، تأثیر آن بیشتر خواهد شد؛ باتوجه به ایجاد شکستگی در لایه‌ها، وجود گسیختگی و خرد شدن توده‌های سنگی، سیستمی از درزه‌ها و شکاف‌ها در مسیر گسل ایجاد می‌شود و در نتیجه با افزایش نفوذ آب به داخل زمین، مقاومت برشی دامنه کاهش می‌یابد و بستر مناسب برای لغزش فراهم می‌گردد (صفاری، ۱۳۹۵). برای بررسی اثرگذاری گسل بر زمین لغزش، بافرهایی با فواصل ۵۰۰ متری از گسل‌های منطقه استخراج و تحلیل گردید. به دلیل اثر کمتر فاصله از گسل بر زمین لغزش‌های حوضه شاهرود، نسبت به اثرگذاری فاصله از دو عامل خطی قبلی، فاصله از گسل با اختلاف ۵۰۰ متری طبقه‌بندی و ارزیابی گردید. از اعداد جدول (۷) برمی‌آید که هرچند در تعداد زمین لغزش‌های رخ داده تا فاصله ۱۵۰۰ متری از گسل کاهش قابل‌تأملی دیده می‌شود ولی از فاصله ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متری افزایش و از فاصله به بعد تغییرات چندان قابل‌توجه‌ای در تعداد زمین لغزش‌ها دیده نمی‌شود (شکل ۵ ح).

جدول ۷- رخ داد زمین لغزش باتوجه به فاصله از گسل در حوضه شاهرود

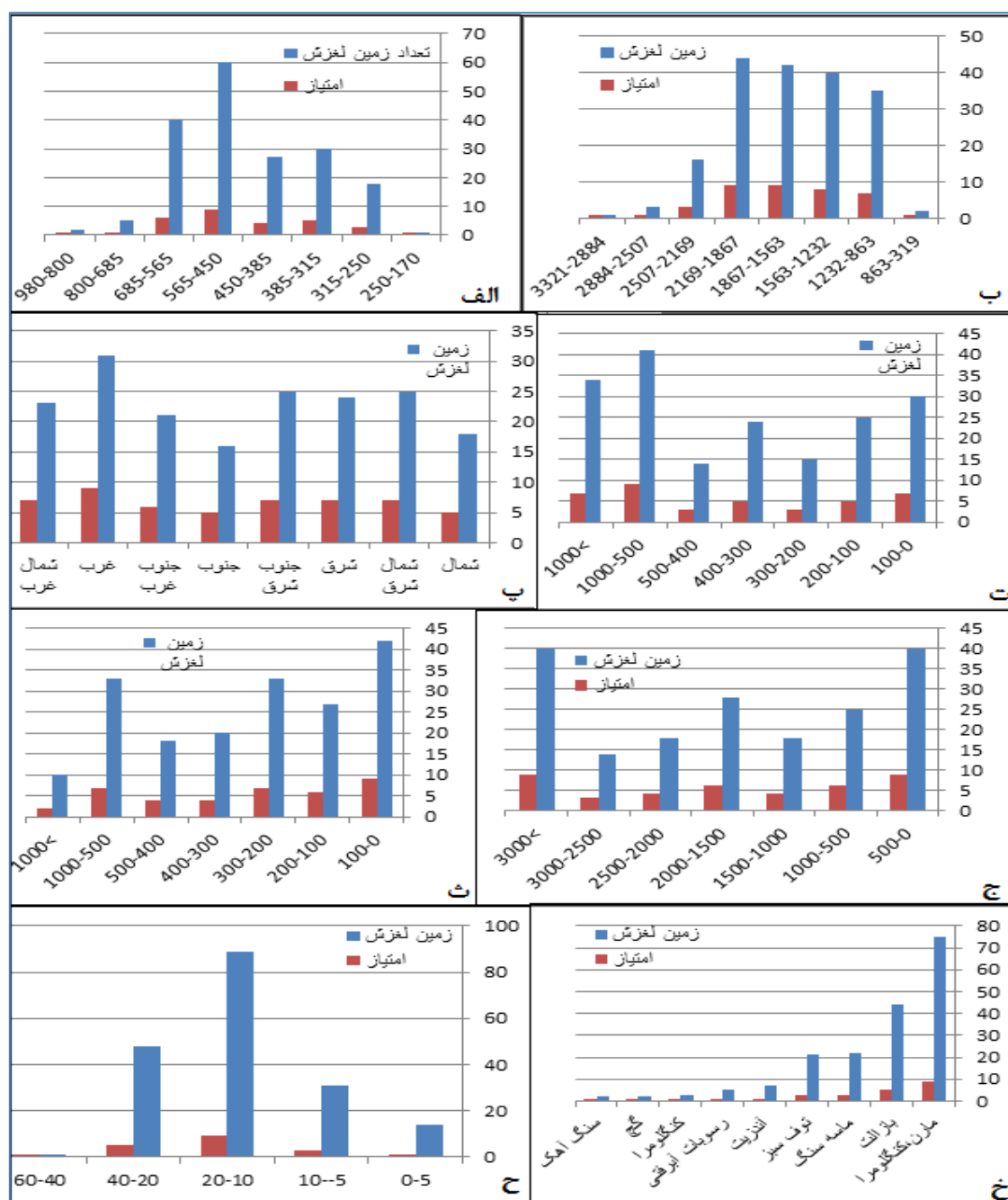
فاصله از گسل	۰-۵۰۰	۱۰۰۰-۵۰۰	۱۵۰۰-۱۰۰۰	۲۰۰۰-۱۵۰۰	۲۵۰۰-۲۰۰۰	۳۰۰۰-۲۵۰۰	>۳۰۰۰
تعداد لغزش	۴۰	۲۵	۱۸	۲۸	۱۸	۱۴	۴۰
درصد لغزش	٪۲۲	٪۱۴	٪۱۰	٪۱۵	٪۱۰	٪۸	٪۲۲

رودخانه نقش منفی در پایداری یک دامنه از طریق برش فرسایش، اشباع دامنه‌ها و افزایش نفوذ آب دارد (قنوتی، ۱۳۹۸). فواصل از رودخانه در ۷ طبقه کلاسه‌بندی شد (جدول ۸). هرچقدر فاصله از رودخانه کمتر و شرایط شیب و جنس زمین مساعدتر باشد، بستر ایجاد زمین لغزش، مساعدتر می‌گردد (شکل ۵ خ).

جدول ۸- رخداد زمین لغزش باتوجه به فاصله از رودخانه در حوضه شاهرود

فاصله از رودخانه	۰-۱۰۰	۱۰۰-۲۰۰	۲۰۰-۳۰۰	۳۰۰-۴۰۰	۴۰۰-۵۰۰	۵۰۰-۱۰۰۰	>۱۰۰۰
تعداد لغزش	۴۲	۲۷	۳۳	۲۰	۱۸	۳۳	۱۰
درصد لغزش	٪۲۳	٪۱۵	٪۱۸	٪۱۱	٪۱۰	٪۱۸	٪۵

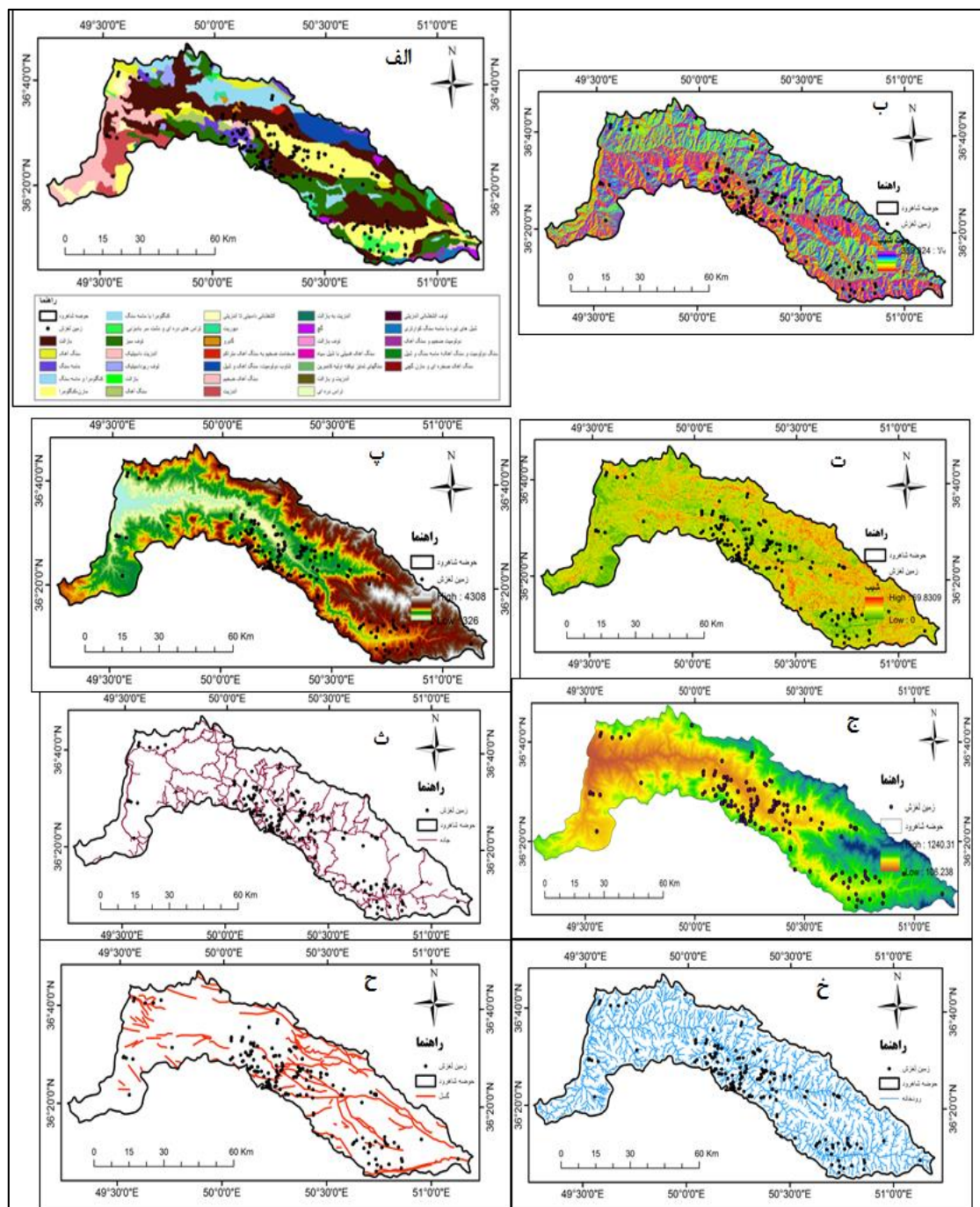
با استفاده از یافته‌های ناشی از ارزیابی عوامل مختلف، به هر بازه از متغیرهای وابسته به عوامل مختلف اثرگذار (شیب، جهت شیب، ارتفاع، فاصله از جاده، فاصله از رودخانه، فاصله از گسل، بارش و نوع لیتولوژی)، امتیازی بین ۱ تا ۹ داده شد (شکل ۴)؛ و با توجه به امتیازهای اختصاص داده شده به هر عامل، لایه‌های اطلاعاتی زمین لغزش برای اجراء در مدل آنتروپی شانون استخراج گردید (برای بعضی از عوامل که لایه به صورت وکتوری بود به رستر تبدیل گردید) (شکل ۵).



شکل ۴- امتیاز اختصاص یافته به هر یک از عوامل هشت گانه مؤثر در زمین لغزش حوضه شاهرود. الف) بارش.

ب) ارتفاع. پ) جهت های جغرافیایی. ت) فاصله از جاده. ث) فاصله از رودخانه. ج) فاصله از گسل. ح)

طبقات شیب. خ) لیتولوژی.



شکل ۵- عوامل مؤثر در زمین لغزش حوضه‌ی شاهرود (الف. لیتولوژی، ب. جهت شیب، پ. ارتفاع، ت. شیب، ج. بارش، فاصله از ت. جاده، ح. گسل، خ. رودخانه)

پس از تبدیل معیارها به عدد صحیح و تشکیل ماتریس اولیه، مقدار P_{ij} با استفاده از رابطه (۱) و مقدار K از رابطه (۳) به دست آمده است و برای محاسبه E_j برای هر عامل از رابطه (۲) استفاده شده است (جدول ۹). در رابطه (۲)، (E_j) از توزیع احتمال (P_i) بر اساس سازوکار آماری محاسبه شده و مقدار آن در صورت تساوی (P_i) ها با یکدیگر، بیشترین مقدار ممکن خواهد بود (اصغریور، ۱۳۸۵). در گام بعدی عدم اطمینان یا درجه انحراف هر معیار (D_j) که از کسر مقدار (E_j) از عدد ۱ حاصل می شود (رابطه ۴) برآورد گردید. سرانجام با استفاده از رابطه (۶) وزن هر یک از عوامل زمین لغزش در ماتریس آنتروپی (W_j) محاسبه گردید (محمدخان، ۱۳۹۳). عواملی که بیشترین تأثیر را بر وقوع زمین لغزش داشته اند به ترتیب مربوط به لیتولوژی (۲۵/۹) و شیب (۲۰/۱) است. همان طور که از جدول (۱۰) بر می آید لیتولوژی مارن و کنگلومرا بیشترین تأثیر را بر وقوع زمین لغزش ها داشته است. عوامل دیگر به تنهایی در رخداد زمین لغزش مؤثر نیستند و در ترکیب با عوامل دیگر و با برهمکنش با هم منجر به وقوع زمین لغزش شده اند.

جدول ۹- شاخص های محاسبه شده برای عوامل مؤثر در زمین لغزش

شاخص ها	شیب	جهت شیب	ارتفاع	فاصله از جاده	فاصله از رود	فاصله از گسل	بارش	لیتولوژی
E_j	۰/۹۷۷۰۲۶	۰/۹۹۶۸۶۵	۰/۹۹۰۶۰۲	۰/۹۸۹۷۱۹	۰/۹۸۹۷۲۴	۰/۹۸۹۱۹۴	۰/۹۸۳۵۸۸	۰/۹۷۰۹۳۴
D_j	۰/۰۲۲۹۷۴	۰/۰۰۳۱۳۵	۰/۰۰۹۳۹۸	۰/۰۱۰۲۸۱	۰/۰۱۰۲۷۶	۰/۰۱۰۸۱	۰/۰۱۶۴۱۲	۰/۰۲۹۰۶۶
W_j	۰/۲۰۴۴۸۹	۰/۰۲۷۹	۰/۰۸۳۶۵۵	۰/۰۹۱۵۰۸	۰/۰۹۱۴۶۵	۰/۰۹۶۱۸۵	۰/۱۴۶۰۸	۰/۳۵۸۷۱۸

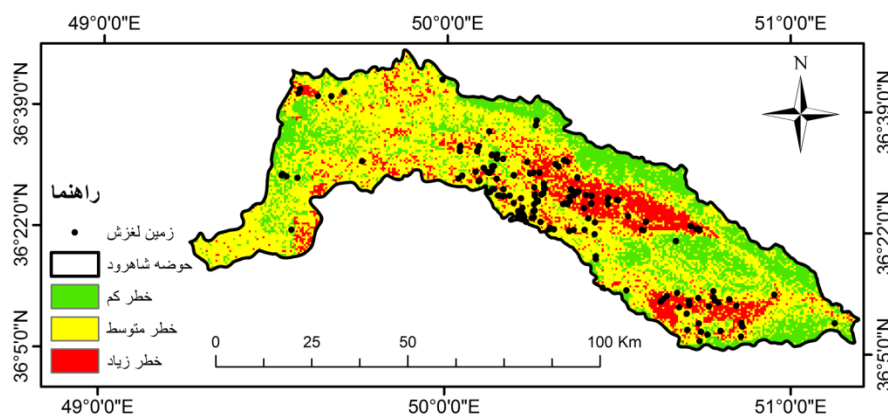
جدول ۱۰- درصد تأثیر عوامل مؤثر در زمین لغزش ها

عوامل مؤثر	شیب	جهت شیب	ارتفاع	فاصله از جاده	فاصله از رود	فاصله از گسل	بارش	لیتولوژی
درصد تأثیر	۲۰/۱	۲/۸	۸/۴	۹/۲	۹/۲	۹/۷	۱۴/۷	۲۵/۹

بعد از امتیازدهی و استخراج لایه های رستری، امتیاز داده شده از طریق رابطه (۸) بر روی لایه ها در ArcGIS اعمال گردید و نقشه نهایی خطر زمین لغزش حوضه شاهرود استخراج گردید (شکل ۶).

$$H_j = (S \times 0.2) + (L \times 0.26) + (E \times 0.08) + (DR \times 0.09) + (A \times 0.02) + (R \times 0.15) + (Df \times 0.09) + (Dr \times 0.09) \quad (8)$$

در رابطه (۸)، S : شیب، L : لیتولوژی، E : ارتفاع، DR : فاصله از رودخانه، A : جهت جغرافیایی، R : بارش، Df : فاصله از گسل، Dr : فاصله از جاده می باشد.



شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش حوضه شاهرود

بر اساس شکل (۶) وضعیت سطوح ارضی در پهنه‌های مختلف از نظر خطر زمین‌لغزش مشخص گردید و توزیع سطوح حوضه شاهرود از این نظر برآورد شد (جدول ۱۱).

جدول ۱۱- مساحت و درصد پهنه‌های خطر زمین‌لغزش حوضه شاهرود

منطقه	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد مساحت	تعداد زمین‌لغزش	درصد زمین‌لغزش
کم خطر	۲۶۳/۴۷	۵/۴۴	۴	۲/۱۹
خطر متوسط	۲۵۵۳/۸	۵۲/۷۶	۴۲	۲۲/۹۵
پرخطر	۲۰۲۲/۸۵	۴۱/۷۹	۱۳۷	۷۴/۸۶
مجموع	۴۸۴۰/۱۳	۱۰۰	۱۸۳	۱۰۰

بر اساس جدول (۱۱) که خلاصه‌ای از کاربرد مدل آنروپی شانون در پهنه‌بندی سطوح ارضی حوضه شاهرود از نظر زمین‌لغزش است، پهنه‌های پرخطر ۴۱/۷۹٪ و متوسط ۵۲/۷۶٪ از مساحت حوضه را به خود اختصاص داده‌اند. ترکیب لایه‌های هشت‌گانه اثرگذار، مورفولوژی منطقه و توزیع زمین‌لغزش‌های رخ داده در حوضه شاهرود دال بر تراکم پهنه‌های خطر و زمین‌لغزش در دو قسمت مختلف حوضه است: یکی در مرکز زیرحوضه طالقان جایی که گسترش حوضه به‌گونه‌ای بوده که درگذشته طبق یافته‌های (صمدزاده، ۱۳۹۸) به‌صورت حوضه آبریز بسته بوده و دریاچه طالقان نام داشته و در شرایط کنونی نیز با احداث سد طالقان نقش دریاچه سد را اعمال می‌نماید و دیگری بعد از پیوستن حوضه الموت با طالقان و شکل‌گیری رودخانه شاهرود است که نقش زمین‌لغزش‌ها را در وحدت سرشاخه‌های اصلی و شکل‌گیری شاهرود نشان می‌دهد؛ چرا که در هر دو منطقه عرض حوضه‌ها گسترش پیدا می‌کند و حریم اثرگذاری رودخانه‌ها بیشتر شده است. تمرکز زمین‌لغزش در دامنه‌های جنوبی این مناطق بیشتر شده

و محل فرود خط الرأس ارتفاعات شمالی قزوین، شکل گرفته و ارتباط بین حوضه شاهرود با قزوین و دیگر ساکنان ایران مرکزی، از طریق چندین گردنه فراهم شده است. اثرگذاری بردارهای مختلف مؤثر بر زمین لغزش در حوضه شاهرود به گونه ای است که باتوجه به تراکم زمین لغزش های رخ داده و پهنه بندی خطر زمین لغزش به روش شانون، می توان چنین اذعان نمود که یکی از مهم ترین عوامل تغییردهنده لندفرم های حوضه، در طی کوترنری، زمین لغزش و حرکات دامنه ای بوده است.

۴- جمع بندی

زمین لغزش یکی از این رخداد های ژئومورفولوژیکی است که شناخت دقیق آن مورد توجه محققان مختلف علوم زمین و بخصوص ژئومورفولوژیست ها است؛ عوامل متعددی زمین لغزش را تحت تأثیر قرار می دهند که باتوجه به بردار فضا - زمان، نقش علت لازمه و کامله، در هر موقعیت زمانی و مکانی، به یکی از آن ها بیشتر معطوف می شود. گسل، آبراهه، جاده لیتولوژی، شیب، جهت شیب، مقدار بارش و ارتفاع عواملی هستند که در وقوع زمین لغزش های حوضه شاهرود این مقاله مورد بررسی قرار گرفتند. توزیع زمین لغزش در لیتولوژی های مارن، کنگلومرا، ماسه سنگ، توف سبز و بازالت، دال بر این است که تراکم زمین لغزش ها بیشتر از میزان حساسیت لیتولوژی در مقابل فرسایش تبعیت می نماید؛ وقوع زمین لغزش در لیتولوژی های مقاوم تر، ناشی از میانکشی عوامل دیگر اثرگذار با عامل لیتولوژی است. بیشترین زمین لغزش ها در مناطق پرخطر پهنه بندی شانون، در لیتولوژی های مارن، کنگلومرا و بازالت (۶۴/۹۷ درصد از زمین لغزش ها) رخ داده اند. مناطق پرخطر لیتولوژی مارن در حوضه طالقان در اطراف رودخانه اصلی و در حوضه شاهرود و الموت نیز علاوه بر اطراف رودخانه های اصلی، در قسمت آبگیر سرشاخه ها، از محل خروج از سینوزیته کوهستان تا محل ریزشگاه به رودخانه اصلی رخ داده اند. همچنین مناطق لیتولوژی بازالت در ادغام با مناطق پرخطر در حوضه طالقان، الموت و شاهرود، اغلب در مجاورت لیتولوژی مارن رخ داده اند. اکثر زمین لغزش ها در لیتولوژی بازالت در مکانی رخ داده اند که فرسایش قهقرایی مسلط در لیتولوژی های حساس در مقابل فرسایش، در مجاورت لیتولوژی بازالت، تغییر شیب شدیدی را به وجود آورده اند. علاوه بر آن قرارگیری یا هم جوار لیتولوژی مقاوم در مقابل فرسایش (کنگلومرا)، در بین یا مجاورت لیتولوژی های آسیب پذیرتر (مارن سیلتستون)، شرایط وقوع زمین لغزش را بسیار مساعدتر نموده است؛ زمین لغزش های بزرگی همچون معلم کلایه در چنین شرایطی رخ داده است. در اثرگذاری شیب به عنوان یک عامل در وقوع زمین لغزش، این گونه تصور می شود که با افزایش شیب سطوح ارضی، احتمال وقوع زمین لغزش نیز بیشتر می شود؛ در صورتی که بررسی های انجام شده نشان داد که هرچند افزایش شیب می تواند یکی از عوامل اثرگذار بر زمین لغزش باشد ولی تراکم زمین لغزش ها در شیب بین ۲۰-۱۰ درصد بیشتر از سایر شیب ها است؛ چرا که لیتولوژی های حساس در مقابل فرسایش اکثراً در چنین شیبی قرار گرفته یا در طی زمان چنین شیبی پیدا کرده اند؛ استثناء اثرگذاری شیب در لیتولوژی بازالت دیده می شود که زمین لغزش های این نوع از

سنگ بیشتر در شیب ۴۰-۲۰ درصد رخ داده است؛ انطباق پهنه‌بندی شیب و مناطق خطر زمین‌لغزش حوضه شاهرود، دال بر این است که تمرکز مناطق پرخطر در شیب‌های ۴۰-۱۰ درصد اتفاق افتاده است؛ ۷۴/۸۶ درصد زمین‌لغزش‌ها در این طبقه از شیب اتفاق افتاده است. نزدیکی به جاده یکی از عوامل اثرگذار بر زمین‌لغزش محسوب می‌شود؛ بررسی‌های به عمل آمده نشان داد که علی‌رغم کاهش زمین‌لغزش‌ها با دور شدن از جاده ولی تراکم زمین‌لغزش‌ها در فاصله ۴۰۰-۵۰۰ متری، بیشتر از طبقه ماقبل خود است. بردار رودخانه با شستشوی دامنه‌ها، حمل رسوبات آبرفتی، حفر مسیر خود و پایین انداختن سطح اساس در رخدادهای زمین‌لغزش نقش مهمی دارد. در بررسی اثرگذاری رودخانه، مشخص گردید که تعداد زمین‌لغزش‌ها با فاصله از رودخانه کاهش می‌یابند ولی در فاصله ۳۰۰-۲۰۰ متری، زمین‌لغزش‌های بیشتری نسبت به طبقه ماقبل، رخ داده است. بیشترین زمین‌لغزش‌ها در طبقات بارشی نیمه‌خشک و معتدل (۳۱۵-۶۸۵ میلی‌متر)، رخ داده‌اند (۸۵/۷۹ درصد). بیشترین زمین‌لغزش در فاصله ۳۰۰-۲۰۰ متر از رودخانه (۵۵/۷۴ درصد)، در فاصله ۵۰۰-۰ متر از گسل و در فاصله ۱۰۰۰-۵۰۰ متر از جاده رخ داده‌اند. وقوع اکثر زمین‌لغزش‌ها در ارتفاع بین ۲۱۶۹-۸۶۲ متر، در حوضه‌ای که سطوح ارضی‌ای تا ارتفاع بیش از ۴۰۰۰ متر دارد دلیل دیگری بر اثرگذاری میانکنش عوامل اثرگذار است. میانکنش بین بردارهای شناخته شده و عوامل محیطی نادیده گرفته شده به گونه‌ای عمل کرده که بیشترین زمین‌لغزش‌ها در سطوح ارضی با بارش ۳۱۵-۲۵۰ و ۵۶۵-۴۵۰ میلیمتر رخ دهد. با این که شیب‌هایی که در سطوح ارضی به سمت شمال دارند، باتوجه به زمان پاسخ طولانی‌تر در مقابل بارش، برای وقوع زمین‌لغزش مساعدتر هستند ولی باتوجه به برهمکنش با عوامل دیگر، زمین‌لغزش‌ها به ترتیب در جهات غربی، شمال‌غرب، جنوب غرب، شمال و جنوب، رخ داده‌اند. چنین تغییراتی در توزیعی زمین‌لغزش می‌تواند تبعیت غیرخطی این رخدادهای ژئومورفولوژیکی را از عوامل اثرگذار نمایان نماید و نشان دهد آنچه بیش از همه در وقوع زمین‌لغزش اهمیت دارد برهمکنش بین عوامل است تا اثرگذاری عوامل به صورت مجرد و انتزاعی. در نتیجه نباید بررسی اجزاء، محقق را از درک کل بازدارد چرا که معمولاً کل مجموعه ریاضی از اجزاء نیست و در سیستم‌های باز که معمولاً مورد توجه علوم زمین قرار دارند، در وقوع رخدادهای کل بیش از مجموع اجزاء، نقش ایفا می‌کند. مناطق پرخطر بیشتر در نزدیکی رودخانه‌های الموت و طالقان و شاهرود (پس از ادغام) اتفاق افتاده است. در حوضه طالقان این مناطق در سطوح ارضی وابسته به دامنه‌های شمالی تمرکز بیشتری دارند؛ در صورتی که در حوضه الموت، این مناطق در دامنه‌های جنوبی رودخانه الموت در نزدیکی روستاهای آوانک، زرشک رود سفلی، یالان، فیشان بیشتر می‌شود. در حوضه شاهرود این مناطق در دامنه‌های شمالی حوضه تمرکز بیشتری دارند تا در دامنه‌های جنوبی. باتوجه به جهات جغرافیایی هشت‌گانه بیشترین زمین‌لغزش‌ها در سطوح ارضی با جهت غربی اتفاق افتاده است که در ادغام با مناطق پرخطر در حوضه طالقان در نزدیکی روستاهای فشندک کرو، گلیرود، ارموت و کشرود و در حوضه الموت و شاهرود در نزدیکی روستاهای فیشان، امیران، میانخانی، حسن‌آباد، چرشدرد، حسن‌آباد و سرخه

دوزدک رخ داده‌اند. بیشترین زمین‌لغزش‌ها در ارتفاع بین ۲۱۶۹-۸۲۳ متر رخ داده‌اند (۸۷/۹۷ درصد) و در انطباق با مناطق پرخطر در حوضه طالقان در نزدیکی روستاهای گلرود، میان بیشه، جزینان، دنبلید و کش رود واقع شده‌اند.

کتابنامه

- احمدی، حسن؛ ۱۳۹۱. ژئومورفولوژی کاربردی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. چاپ هشتم. ۶۸۸ ص.
- احمدی، زهرا؛ ۱۳۹۳. معماری پایدار: الگوهای پایداری در معماری ایران. تهران: نشر اول و آخر. ۱۳۲ ص.
- اصغر پور، محمدجواد؛ ۱۳۸۵. تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره. چاپ چهارم. ۴۰۰ ص.
- پاسبان، عفت، خدابخش، سعید؛ غریب‌رضا، محمدرضا؛ ملکی، مه‌ری؛ رفیعی، بهروز؛ ۱۳۹۶. برآورد و واکاوی رواناب و انتقال رسوب و تأثیر آن بر سیستم رسوبی رودخانه‌های الموت و شاهرود (شمال استان قزوین). دوفصلنامه رسوب شناسی کاربردی. ۵(۹)، ۹۹-۱۱۵. <http://doi.org/10.22084/psj.2017.1958>
- خسروی، مریم؛ سلاجقه، علی؛ مهدوی، محمد؛ محسنی ساروی، محسن؛ ۱۳۹۱. پیش‌بینی سیل با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی و رگرسیون چندمتغیره غیرخطی (مطالعه موردی: طالقان). مرتع و آبخیزداری. شماره ۶۵. دوره ۳. ۳۴۱-۳۴۹
- <http://doi.org/10.22059/jrwm.2012.30022>
- دارابی شاه‌ماری، سحر؛ صفاری، امیر؛ ۱۳۹۸. برآورد حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از مدل رگرسیون لجستیک و شاخص آنتروپی (مطالعه موردی: ارتفاعات شهرستان دالاهو). نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. سال ششم. شماره ۲. ص ۱۸۰-۱۶۵. <http://doi.org/10.29252/jsaeh.6.2.165>
- داودی، محمود؛ بای، ناصر؛ ابراهیمی، امید؛ ۱۳۹۲. طبقه‌بندی اقلیمی استان مازندران بر اساس روش لیتین اسک. فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی «سپهر». دوره ۲۲. شماره ۸۸. ص ۱۰۰-۱۰۵.
- https://www.sepehr.org/article_25656.html
- دریو، ماکس؛ ۱۳۸۹. مبانی ژئومورفولوژی. ترجمه: مقصود خیام. انتشارات مینا. چاپ پنجم. ۳۹۲ ص.
- راس، کلی؛ ۱۳۸۹. مبانی فلسفی و روانشناختی ادراک فضا. مترجم: آرش ارباب جلفایی. نشر خاک. اصفهان. ۱۲۴ ص.
- روستایی، شهرام؛ مختاری کشکی، داود؛ اشرفی فینی، زهرا؛ ۱۳۹۹. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش در حوضه آبریز طالقان با استفاده از شاخص آنتروپی شانون، نشریه علمی جغرافیا و برنامه‌ریزی. سال ۲۴. شماره ۷۱. ص ۱۵۰-۱۲۵.
- <http://doi.org/10.22034/GP.2020.10631>
- رولف، دوبلی؛ ۱۳۹۴. هنر شفاف‌اندیشیدن. مترجم: عادل فردوسی پور، بهزاد توکلی و علی شهروز. تهران: نشر چشمه. ۳۲۵ ص.
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰.
- سازمان زمین‌شناسی کشور، نقشه زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ قزوین-رشت.
- سازمان وزارت نیرو (شرکت مدیریت منابع آب ایران)، دفتر مطالعات پایه منابع آب.
- شاه زیدی، سمیه سادات؛ حیاتی زاده، رؤیا؛ ۱۳۹۸. بررسی زمین‌لغزش‌های منطقه پشت کوه فریدون‌شهر با استفاده از مدل آنتروپی. جغرافیا و توسعه. شماره ۵۴. ص ۳۷-۵۰. <http://doi.org/10.22111/gdij.2019.4337>

- صفاری، امیر؛ هاشمی، معصومه؛ ۱۳۹۵. پهنه‌بندی حساسیت وقوع زمین‌لغزش با مدل‌های آنتروپی و منطق فازی (مطالعه موردی: شهرستان کرمانشاه). *فصلنامه جغرافیای طبیعی*. سال نهم. شماره ۳۴. ص ۶۲-۴۳.
https://jopg.larestan.iau.ir/article_531681.html
- صمدزاده، رسول؛ ۱۳۹۸. ژئومورفولوژی/ایران، انتشارات سمت (سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها). چاپ اول. ۴۸۶ ص.
- فلاح ززولی، محمد؛ وفایی نژاد، علیرضا؛ آل شیخ، علی اصغر؛ مدیری، مهدی؛ ۱۳۹۸. پهنه‌بندی احتمال وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل‌های آنتروپی شانون و ارزش اطلاعات در محیط GIS، مطالعه موردی: بخش رودبار الموت شرقی استان قزوین. *فصلنامه علمی - پژوهشی اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*. دوره ۲۸. شماره ۱۱۲. ص ۱۳۶-۱۲۳.
<https://doi.org/10.22131/sepehr.2020.38611>
- فیض‌اله‌پور، مهدی؛ منافی، مرضیه؛ خوش‌رفتار، رضا؛ خسروی، یونس؛ ۱۴۰۰. پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل آنتروپی شانون (مطالعه موردی: حوضه آبریز طالقان). *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. سال بیست و یکم. شماره ۶۲. ص ۹۵-۱۱۴.
<http://doi.org/10.52547/jgs.21.62.95>
- قنوتی، عزت‌اله؛ احمدآبادی، علی؛ غلامی، معصومه؛ ۱۳۹۸. ارزیابی حساسیت زمین‌لغزش با استفاده از شاخص آنتروپی و الگوریتم ماشین‌های پشتیبان بردار (مطالعه موردی: حوضه آبخیز کن). *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال هشتم. شماره ۱. ص ۱۶-۳۳.
https://www.geomorphologyjournal.ir/article_91723.html
- قهرمانی، شهاب؛ ثروتی، محمدرضا؛ ۱۳۸۷. مطالعه ژئومورفولوژی و فرسایش در حوضه آبریز الموت‌رود، جغرافیایی سرزمین. دوره ۵. شماره ۱. ص ۶۲-۴۵.
https://sarzamin.srbiau.ac.ir/article_5834.html
- محمدخان، شیرین؛ ویسی، عبدالکریم؛ باقری، کیوان؛ ۱۳۹۳. پتانسیل سنجی خطر زمین‌لغزش با استفاده از مدل آنتروپی، مطالعه موردی: منطقه کوهستانی شیر پناه در جنوب غرب استان کرمانشاه. *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*. سال یازدهم. شماره ۴۴. ص ۸۹-۱۰۲.
https://sarzamin.srbiau.ac.ir/article_7991.html
- مصفايي، جمال؛ اونق، مجید؛ مصداقي، منصور؛ شریعت جعفری، محسن؛ ۱۳۸۸. مقایسه کارایی مدل‌های تجربی و آماری پهنه‌بندی خطر زمین‌لغزش (مطالعه موردی: آبخیز الموت‌رود). *مجله پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک*. جلد شانزدهم. شماره چهارم. ص ۶۱-۴۳.
https://jwsc.gau.ac.ir/article_542.html
- مقیمي، ابراهيم؛ باقری سید شکری، سجاد؛ صفراد، طاهر؛ ۱۳۹۱. پهنه‌بندی خطر وقوع زمین‌لغزش با استفاده از مدل آنتروپی (مطالعه موردی: تاقدیس نثار زاگرس شمال غربی). *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. شماره ۷۹. ص ۹۰-۷۷.
<http://doi.org/10.22059/JPHGR.2012.24735>
- مقیمي، ابراهيم؛ علوی‌پناه، سیدکاظم؛ جعفری، تیمور؛ ۱۳۸۷. ارزیابی و پهنه‌بندی عوامل مؤثر در وقوع زمین‌لغزش دامنه‌های شمالی آلاداغ (مطالعه موردی: حوضه زهکشی چناران در استان خراسان شمالی). *پژوهش‌های جغرافیایی*. شماره ۶۴. ص ۷۵-۵۳.
https://jphgr.ut.ac.ir/article_26906.html
- مقیمي، ابراهيم؛ نگهبان، سعید؛ ۱۳۹۱. بررسی فرسایش در حوضه‌ی آبخیز رودخانه‌ی شور فدामी (استان فارس) با استفاده از مدل آنتروپی. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. سال ۴۴. شماره ۳. ص ۱۶-۱.

<http://doi.org/10.22059/JPHGR.2012.29211>

- Annells, R. N., Arthurton, R. S., Bazley, R. A., & Davies, R. G., 1975. Explanatory text of the Qazvin and Rasht quadrangles map: Tehran. *Geological Survey of Iran*, Geological Quadrangles Nos, E3, E4.
- Constantin, M., Bednarik, M., Jurchescu, M. C., & Vlaicu, M., 2011. Landslide susceptibility assessment using the bivariate statistical analysis and the index of entropy in the Sibiciu Basin (Romania). *Environmental earth sciences*, 63(2), 397-406. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-010-0724-y>.
- Moayeri, M., Ramesht, M. H., Saif, A. Yamani, M., Jafari, G. H., 2011. The impact of mountainous skirts direction of Iran on differences in altitude of wither and ice equilibrium line of the Quaternary. – *Geography and Environmental Planning* 40(4): 1-12. https://gep.ui.ac.ir/article_18474_en.html?lang=en.
- Pasban, E., Khodabakhsh, S., Gharibreza, M., Maleki, M., Rafiei, B., 2017. Estimation and analysis of discharge, sediment transport and its effect on sedimentary processes of Alamut and Shahrud rivers (North of Qazvin Province). *Applied Sedimentology*, 5(9), 99-115. https://psj.basu.ac.ir/article_1958.html.
- Pourghasemi, H. R., Pradhan, B., & Gokceoglu, C., 2012. Remote sensing data derived parameters and its use in landslide susceptibility assessment using Shannon's entropy and GIS. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 225, pp. 486-491). Trans Tech Publications Ltd. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.225.486>
- Shadman Roodposhti, M., Aryal, J., Shahabi, H., & Safarrad, T., 2016. Fuzzy shannon entropy: A hybrid gis-based landslide susceptibility mapping method. *Entropy*, 18(10), 343. <https://doi.org/10.3390/e18100343>.
- Zhao, H., Yao, L., Mei, G., Liu, T., & Ning, Y., 2017. A fuzzy comprehensive evaluation method based on AHP and entropy for a landslide susceptibility map. *Entropy*, 19(8), 396. <https://doi.org/10.3390/e19080396>.



Analysis of the Tectonic Status of the Northwestern Zagros Anticlines and its Relationship with Seismic Centers

 **Hamid Ganjaeian***

PhD in Geomorphology, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 17 February 2022

Revised: 13 April 2022

Accepted: 10 May 2022

Abstract

Tectonic factors play an important role in landform changes in the regions. Based on these changes, the tectonic state of the regions can be assessed, so analyzing the tectonic status of landforms for environmental management and various planning is important. Accordingly, in this study, the tectonic status of anticlines in the northern and western regions of Kermanshah province, Iran, and its relationship with seismic centers were investigated. Digital 30-meter SRTM model, 1: 50,000 topographic maps, 1: 100,000 maps of the region, as well as the information on the epicenter of earthquakes that occurred in the region during the years 1900 to 2020, were used as research data. This research was done in three general stages. In the first stage, using 8 geomorphic indices, the tectonic situation of 5 anticlines of Ezgeleh, Daneh Khoshk, Sanjabi, Mahidasht and Vis was analyzed. In the second stage, the location map of the seismic centers that occurred in the region during the years 1990 to 2020 was prepared. In the third stage, the relationship between the tectonic activity of the anticlines in terms of different indicators and focal points of the earthquakes that have occurred, was evaluated. Based on the results, the anticlines of the western regions (anticlines of Ezgeleh, Daneh Khoshk) have a more active tectonic status than the anticlines of the eastern regions. Moreover, considering that the western parts of the region had the highest number of seismic centers, so it can be said that there is a direct relationship between the seismic centers and the tectonic position of the anticlines.

Keywords: Tectonics, Anticline, Earthquake Epicenter, Northwest Zagros

* . Email: h.ganjaeian@ut.ac.ir

Tel: +989186074070

How to cite this Article: Ganjaeian, H. (2023). Analysis of the tectonic status of the northwestern Zagros anticlines and its relationship with seismic centers. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 275-290.

DOI:10.22067/geoeh.2022.75370.1182



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant
With open access mandates, by publishing its articles under Creative
Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

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

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75370.1182>

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۲۷۵-۲۹۰

مقاله پژوهشی

تحلیل وضعیت تکتونیکی طاقدیس‌های شمال غربی زاگرس و ارتباط آن با کانون‌های زمین‌لرزه

حمید گنجانیان^۱ - دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱/۲۴ تاریخ تصویب: ۱۴۰۱/۲/۲۰

چکیده

عوامل تکتونیکی نقش مهمی در تغییرات لندفرمی مناطق دارند و بر مبنای این تغییرات نیز می‌توان وضعیت تکتونیکی مناطق را ارزیابی کرد؛ بنابراین تحلیل وضعیت تکتونیکی لندفرم‌ها جهت مدیریت محیطی و برنامه‌ریزی‌های مختلف، حائز اهمیت است. بر این اساس، در این پژوهش به بررسی وضعیت تکتونیکی طاقدیس‌های مناطق شمالی و غربی استان کرمانشاه و ارتباط آن با کانون‌های زمین‌لرزه پرداخته شده است. در این تحقیق از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه و همچنین اطلاعات مربوط به کانون زلزله‌های رخ داده در منطقه در طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۲۰، به‌عنوان داده‌ها تحقیق استفاده شده است. این تحقیق در سه مرحله کلی انجام شده است. در مرحله اول با استفاده از ۸ شاخص ژئومورفیک، به تحلیل وضعیت تکتونیکی ۵ طاقدیس ازگله، دنه‌خشک، سنجابی، ماهیدشت و ویس پرداخته شده است. در مرحله دوم، نقشه موقعیت کانون‌های زمین‌لرزه‌های رخ داده در منطقه طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ تهیه شده است و در مرحله سوم نیز رابطه بین فعالیت تکتونیکی طاقدیس‌ها از نظر شاخص‌های مختلف و کانون‌های زمین‌لرزه‌های رخ داده مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. بر اساس نتایج حاصله، طاقدیس‌های مناطق غربی (طاقدیس ازگله و دنه‌خشک) دارای وضعیت تکتونیکی فعال‌تری نسبت به طاقدیس‌های مناطق شرق هستند. همچنین با توجه به اینکه مناطق

Email: h.ganjaian@ut.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۶۰۷۴۰۷۰

نحوه ارجاع به این مقاله:

گنجانیان، حمید. (۱۴۰۲). تحلیل وضعیت تکتونیکی طاقدیس‌های شمال غربی زاگرس و ارتباط آن با کانون‌های زمین‌لرزه. جغرافیا

و مخاطرات محیطی، ۱۲(۴). صص ۲۷۵-۲۹۰

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2022.75370.1182>

غربی منطقه دارای بیشترین تعداد کانون‌های زمین‌لرزه بوده است؛ بنابراین می‌توان گفت بین کانون‌های زمین‌لرزه و وضعیت تکتونیکی طاق‌دیس‌ها، رابطه مستقیمی برقرار است. کلیدواژه‌ها: تکتونیک، طاق‌دیس، کانون زمین‌لرزه، شمال غرب زاگرس.

۱-مقدمه

سرزمین ایران، به‌عنوان بخشی از زون فعال زمین‌ساختی آلپ - هیمالیا، دارای پوسته‌ای به‌شدت خرد شده و تکتونیزه است و در دوران‌های مختلف زمین‌شناسی فعالیت‌های کوهزایی عمده‌ای را پشت سر گذاشته است (روستایی و همکاران، ۱۳۹۴). میزان فعالیت‌های نو زمین‌ساختی در مناطق مختلف فلات ایران متفاوت است. در این میان، زاگرس از نظر فعالیت‌های نو زمین‌ساختی فعال بوده و بر اساس مطالعات میرزایی (۱۹۹۸)، بیش از ۵۰ درصد از زمین‌لرزه‌های ثبت شده ایران، در زون زاگرس رخ داده و زاگرس لرزه‌خیزترین زون ساختمانی ایران است (پاینده و همکاران، ۱۳۹۵) که این روند تاکنون نیز ادامه داشته است. بر این اساس می‌توان گفت که مخاطرات محیطی به‌طور مستقیم با وضعیت تکتونیکی و ژئومورفولوژیکی منطقه در ارتباط است (گودی^۱، ۲۰۰۴)؛ بنابراین، ارزیابی و بررسی فرآیندهای تکتونیکی فعال و شناخت الگو و پراکنش مکانی-فضایی در مقیاس ملی، ناحیه‌ای و منطقه‌ای در ایران جهت مدیریت مخاطرات ناشی از آن‌ها مثل زلزله‌ها و لغزش‌های بزرگ برای بسیاری از فعالیت‌های انسانی همچون طراحی و احداث شهرها، نیروگاه‌ها، بندرها و اسکله‌ها، فرودگاه‌ها، تأسیسات نظامی-امنیتی، سدها و مراکز صنعتی از اهمیت بالایی برخوردار است (گورابی و امامی، ۱۳۹۶).

فرآیندهای نو زمین‌ساختی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر اشکال سطح زمین تأثیر می‌گذارد و علاوه بر ایجاد اشکال و فرم‌های مختلف، شکل و موقعیت آن‌ها را نیز کنترل می‌کنند (نویکو و پوسیوا^۲، ۲۰۱۷). با توجه به تأثیری که عوامل نو زمین‌ساختی در شکل‌گیری اشکال سطح زمین دارد، در طی سال‌های اخیر، عوامل نو زمین‌ساختی به‌گونه‌ای چشم‌گیر به‌عنوان یکی از ابزارهای عمده و اساسی در تشخیص چگونگی تحول لندفرم‌های مناطق مطرح گردیده است (شهماری، ۱۳۹۶). بر این اساس، در این پژوهش به بررسی وضعیت تکتونیکی طاق‌دیس‌های مناطق شمالی و غربی استان کرمانشاه و ارتباط آن با کانون‌های زمین‌لرزه پرداخته شده است.

اهمیت موضوع مورد مطالعه سبب شده است تا در این مورد تحقیقات مختلفی صورت گیرد که از جمله آن‌ها می‌توان به کلر^۳ و همکاران (۱۹۹۹) اشاره کرد که از ۶ معیار ژئومورفیک برای ارزیابی نرخ و جهت گسترش جانبی^۴ چین‌های فعال (در جهت گسترش جانبی) استفاده کردند. رامسی^۵ و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از توپوگرافی

1 Goudie

2 Novikov & Pospeeva

3 Keller

4 lateral propagation

5 Ramsey

چین‌های زاگرس و الگوهای زهکشی باقیمانده نشان دادند که چین‌های طویل بیش از ۱۰۰ کیلومتری حاصل ادغام چند چین نسبتاً کوتاه (هر یک به طول حدود ۲۰ تا ۴۰ کیلومتر) که به‌صورت جانبی به سمت یکدیگر گسترش یافته‌اند، هستند. **همدونی^۱** (۲۰۰۸) با استفاده از ۶ شاخص Af, Si, Vf, Smf, Bs و Hi به ارزیابی نسبی تکتونیک فعال در حوضه نوادا در جنوب اسپانیا پرداختند. **تالامپاس و کابهاگ^۲** (۲۰۱۸) به تحلیل وضعیت مورفوتکتونیکی حوضه آبخیز ایپونان^۳ در فیلیپین با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ALOS PALSAR و پارامترهای ژئومورفیک (Hi, Smf, Vf, Af, SL و TTSF) پرداختند. **شارما^۴ و همکاران** (۲۰۱۸) به تحلیل مورفوتکتونیکی حوضه رودخلنه شیرخاد^۵ در هندوستان با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و مورفومتریک پرداختند. **لنگ کومر^۶ و همکاران** (۲۰۱۹) مورفوتکتونیک و فعالیت نئوتکتونیکی کمربند اسچوپن^۷ در هندوستان را مورد ارزیابی قرار دادند. **دوسانتوس^۸ و همکاران** (۲۰۱۹) وضعیت مورفوتکتونیکی رودخلنه‌های لاوا تودو و پلاتوس^۹ در برزیل را مورد ارزیابی قرار دادند. در این تحقیق از شاخص‌های مورفومتریک و همچنین داده‌های سنجش‌ازدور استفاده شده است. همچنین در ایران نیز **رضایی‌مقدم و خیری‌زاده آروق** (۱۳۹۳) با استفاده از شاخص‌های مختلف ژئومورفیک، به ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیکی در شمال استان سمنان پرداختند. **یمانی و علیزاده** (۱۳۹۵) فعالیت‌های نوزمین‌ساخت حوضه آبخیز کرج مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق با استفاده از شاخص‌های Af, SL, S, BR, P, T, Smf و Hi، نوزمین‌ساخت و اثر آن بر دره‌ها و مسیر رودخانه‌ها بررسی شده است. **منصوری و سربازی** (۱۳۹۶) به بررسی وضعیت تکتونیک فعال طاق‌دیس بانکول با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک و شواهد ژئومورفولوژیکی پرداختند. **گورابی و محمدنژاد** (۱۳۹۷) تأثیر تغییرات تکتونیکی در تکامل لندفرم‌های اواخر کواترنری منطقه طبس را مورد ارزیابی قرار دادند. **جعفری و عباسی** (۱۳۹۷) به بررسی نقش زمین‌ساخت در روند تحول ژئومورفولوژیک پادگانه‌های رودخانه قزل اوزن پرداختند. **گنجائیان و همکاران** (۱۳۹۹) به تحلیل انطباق شاخص‌های مورفوتکتونیک با کانون‌های زمین‌لرزه در زاگرس شمال غرب پرداختند.

1 Hamdouni

2 Talampas & Cabahug,

3 Iponan

4 Sharma

5 Sheer Khadd

6 Longkumer

7 Schuppen

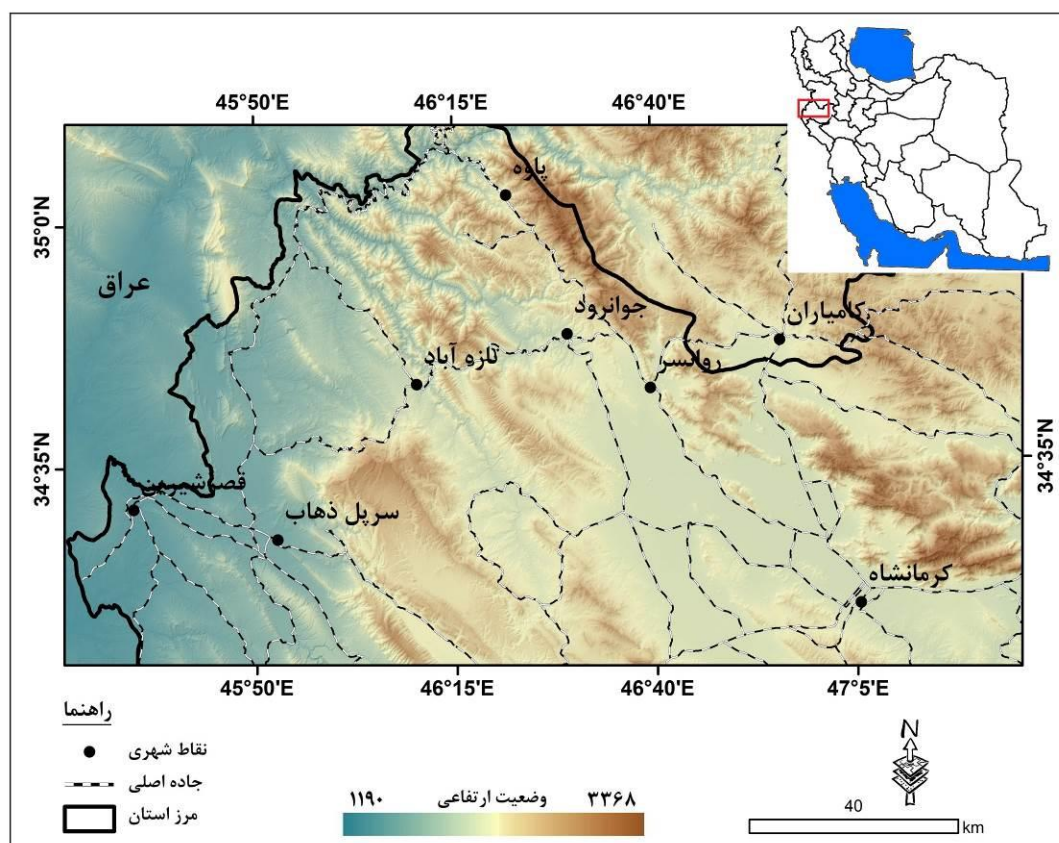
8 Dos santos

9 Lava-Tudo & Pelotas

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی از نظر موقعیت سیاسی شامل مناطق شمالی و غربی استان کرمانشاه است. شهرهای پاوه، جوانرود، روانسر، سرپل ذهاب، قصر شیرین و کرمانشاه، از شهرهای مهم در محدوده مطالعاتی هستند (شکل ۱). این محدوده در تقسیمات مورفوتکتونیک که توسط آقائاتی (۱۳۸۳) از واحدهای مورفوتکتونیک ایران صورت گرفته است، در واحد زاگرس شمال غرب قرار دارد که از سمت شرق به واحد سندج - سیرجان و از سمت جنوب به زاگرس میانی منتهی می‌شود. از نظر ژئومورفولوژی، بخش زیادی از محدوده را واحد کوهستان دربر گرفته است و از جمله نواحی مهم کوهستانی در محدوده مطالعاتی، کوهستان‌های شاهو، کوسالان و بیستون هستند.



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

۲-۲- روش تحقیق

در این تحقیق از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و همچنین اطلاعات مربوط به کانون زلزله‌های رخ داده در منطقه در طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۲۰، به‌عنوان داده‌ها تحقیق استفاده شده است. همچنین مهم‌ترین ابزارهای تحقیق نیز ARCGIS (به‌منظور تهیه نقشه‌های مورد نیاز) و SPSS (به‌منظور انجام محاسبات مربوط به شاخص‌ها) بوده است. این تحقیق با توجه به اهداف مورد نظر در سه مرحله انجام شده است که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

مرحله اول (بررسی وضعیت تکتونیکی طاقدیس‌ها): در این پژوهش به‌منظور بررسی وضعیت تکتونیکی طاقدیس‌ها، ابتدا ۵ طاقدیس در منطقه مورد مطالعه مشخص شده و سپس با استفاده از ۸ شاخص ژئومورفیک به تحلیل وضعیت تکتونیکی آن‌ها پرداخته شده است (جدول ۱). پس از ارزیابی وضعیت تکتونیکی طاقدیس‌ها، با استفاده از مقایسه نسبی، میزان فعالیت طاقدیس‌ها نسبت به هم ارزیابی شده و سپس ارتباط آن با کانون‌های زمین‌لرزه تحلیل شده است.

جدول ۱- معرفی شاخص‌های مورد استفاده جهت ارزیابی وضعیت تکتونیکی طاقدیس‌ها (منبع: باربری^۱ وهمکاران، ۲۰۱۰؛ بهرامی^۲، ۲۰۱۳)

شاخص	نماد	معادله	توضیحات
شاخص تقارن طاقدیس	FSI	$FSI = S / (W/2)$	در این رابطه S پهنای پهلوی کوتاه‌تر طاقدیس و W پهنای طاقدیس محسوب می‌شود. در صورتی که طاقدیس کاملاً متقارن باشد، ارزش عددی به دست آمده ۱ خواهد باشد و در طاقدیس‌های نامتقارن این عدد کم‌تر از ۱ خواهد بود. هر چقدر عدد به دست آمده، مقدار کم‌تری از ۱ داشته باشد، طاقدیس نامتقارن‌تر و از نظر تکتونیکی فعال‌تر است.
شاخص پیچ‌وخم جبهه طاقدیس	FFS	$FFS = F_s / L_s$	در این شاخص، F_s درازی جبهه طاقدیس و L_s درازی طاقدیس به خط مستقیم است. این شاخص به‌منظور بررسی انواع طاقدیس‌های متقارن و نامتقارن بکار می‌رود. در این شاخص، هر چقدر که مقدار عددی این شاخص به ۱ نزدیک باشد، بیانگر جوان بودن و فرسایش کم‌تر طاقدیس و همچنین فعال بودن طاقدیس از نظر تکتونیکی است.

1 Burbery

2 Bahrami

شاخص	نماد	معادله	توضیحات
شاخص بخش‌های بریده شده طاقدیس	FD	$FD = L_{mfd} / L_s$	در این رابطه L_s ، درازی جبهه کوهستان به خط مستقیم و L_{mfd} درازای بخش بریده شده جبهه کوهستان است. مقدار عددی این شاخص بین صفر تا ۱ می‌باشد. مناطقی که به صفر نزدیک هستند، دارای بخش بریده کم‌تر و = از نظر تکتونیکی فعال هستند.
شاخص بخش‌های بریده نشده طاقدیس	EU	$EU = L_{ce} / L_s$	در این رابطه L_s ، درازی جبهه کوهستان به خط مستقیم و L_{ce} درازای بخش بریده نشده جبهه کوهستان است. در این شاخص بر خلاف شاخص FD، هر چقدر که مقدار عددی به ۱ نزدیک‌تر باشد، منطقه از نظر تکتونیکی فعال‌تر است.
شاخص خط‌الرأس طاقدیس	AD	$AD = DI / L_s$	در این رابطه DI طول خط‌الرأس واقعی طاقدیس و L_s طول خط مستقیم بین ابتدا و انتهای خط‌الرأس است. در این شاخص، مقدار عددی این شاخص برای مناطقی که از نظر تکتونیکی فعال هستند، نزدیک به ۱ است.
شاخص نسبت جهت	AR	$AR = L_s / W$	در این رابطه L_s طول طاقدیس و W بیشینه پهنای طاقدیس است. بر اساس این رابطه، هرچقدر ارزش عددی به دست آمده بیش‌تر باشد گویای حرکت‌های نوتکتونیکی بالا و هرچقدر مقدار به دست آمده کم باشد نشانگر فعالیت نوتکتونیکی پایین در منطقه است.
شاخص نسبت انشعابات	Br	$BR = \left(\frac{n_1}{n_2} + \frac{n_2}{n_3} + \dots + \frac{n_i - 1}{n_i} \right) \frac{1}{i - 1}$	در این رابطه BR نسبت انشعاب حوضه، I شماره رده رودخانه اصلی و $n_1, n_2, n_3, \dots$ به ترتیب تعداد رودخانه‌های رده ۱، ۲، ۳ و... حوضه می‌باشند. مناطقی که دارای نسبت انشعاب بالایی هستند، از نظر تکتونیکی فعال‌تر هستند.
شاخص تراکم زهکشی	Dd	$Dd = \sum L / A$	در این رابطه $\sum L$ مجموع طول آبراهه‌های هر طاقدیس و A مساحت طاقدیس می‌باشد. تراکم زهکشی بالا نشان‌دهنده فعال‌تر بودن مناطق از نظر تکتونیکی است.

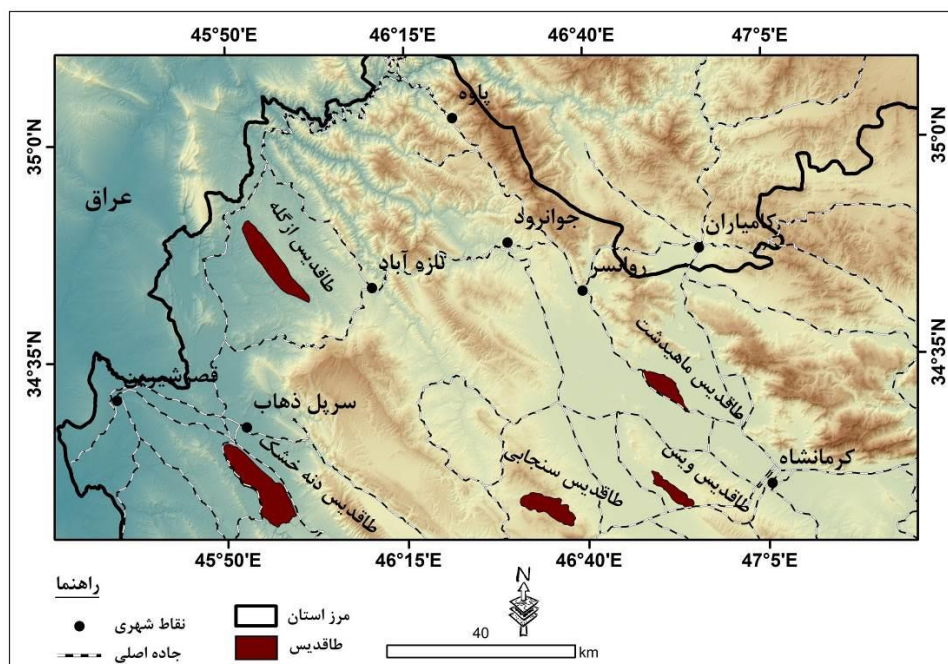
مرحله دوم: در این مرحله موقعیت کانون‌های زمین‌لرزه‌های رخ داده (در طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰) در منطقه مورد مطالعه از سایت USGS تهیه شده است.

مرحله سوم: در این مرحله رابطه بین فعالیت تکتونیکی طلاقدیس‌ها از نظر شاخص‌های مختلف و کانون‌های زمین‌لرزه‌های رخ داده مورد ارزیابی قرار گرفته شده است.

۳- نتایج و بحث

در این پژوهش به منظور بررسی وضعیت تکتونیکی طاقدیس‌های منطقه مورد مطالعه، ابتدا ۵ طاقدیس شامل طاقدیس ازگله، طاقدیس دنه‌خشک، طاقدیس سنجابی، طاقدیس ماهیدشت و طاقدیس ویس شناسایی شده (شکل

۲) و سپس با استفاده از ۸ شاخص شامل شاخص تقارن طاقدیس (FSI)، شاخص پیچ‌وخم جبهه طاقدیس (FFS)، شاخص بخش‌های بریده شده طاقدیس (FD)، شاخص بخش‌های بریده نشده طاقدیس (EU)، شاخص خط‌الرأس طاقدیس (AD)، شاخص نسبت جهت (AR)، شاخص نسبت انشعابات (Br) و شاخص تراکم زهکشی (Dd) به ارزیابی وضعیت تکتونیکی آن‌ها پرداخته شده است.



شکل ۲- نقشه موقعیت طاقدیس‌های مورد مطالعه

پس از ترسیم موقعیت طاقدیس‌ها و جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز هر شاخص، مقادیر ضریب هر شاخص برای طاقدیس‌های مورد مطالعه محاسبه شده است (جدول ۲). نتایج بررسی شاخص تقارن طاقدیس (FSI) بیانگر این است که در بین طاقدیس‌های مورد مطالعه، طاقدیس ازگله با ضریب $0/89$ دارای بالاترین ضریب است و از نظر این شاخص به‌عنوان فعال‌ترین طاقدیس محسوب می‌شود. شاخص FSI از تقسیم پهلوی طاقدیس به نصف عرض طاقدیس به دست می‌آید (باربری و همکاران، ۲۰۱۰) و با توجه به اینکه طاقدیس ازگله دارای تقارن بالایی است، بنابراین از نظر این شاخص دارای بالاترین ضریب است. همچنین طاقدیس ماهیدشت با ضریب $0/54$ نسبت به سایر طاقدیس‌ها تقارن کم‌تری دارد، بنابراین از نظر این شاخص دارای فعالیت تکتونیکی کم‌تری است.

نتایج بررسی شاخص پیچ‌وخم جبهه طاقدیس (FFS) بیانگر این است که در بین طاقدیس‌های مورد مطالعه، طاقدیس ازگله با میانگین ضریب $1/15$ دارای پایین‌ترین ضریب است و از نظر این شاخص به‌عنوان فعال‌ترین

طاقدیس محسوب می‌شود. شاخص FSS بر درازی جبهه طاقدیس نسبت به درازی طاقدیس به خط مستقیم تأکید دارد (باربری و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به اینکه طاقدیس از گله نسبت به سایر طاقدیس‌ها با فرسایش کم‌تری مواجه شده است، بنابراین دامنه‌های غربی و شرقی این طاقدیس اختلاف کمی با خط مستقیم دارد. بر این اساس، طاقدیس از گله به دلیل داشتن ضریب کم‌تر، از نظر این شاخص به‌عنوان فعال‌ترین طاقدیس محسوب می‌شود. همچنین طاقدیس سنجانی به دلیل اینکه دامنه‌های شرقی آن با فرسایش زیادی مواجه شده است و اختلاف زیادی با خط مستقیم دارد، بنابراین با میانگین ضریب ۱/۳۵ دارای بالاترین ضریب است و از نظر این شاخص نسبت به سایر طاقدیس‌ها دارای فعالیت تکنیکی کم‌تری است.

نتایج بررسی شاخص بخش‌های بریده شده طاقدیس (FD) بیانگر این است که در بین طاقدیس‌های مورد مطالعه، طاقدیس از گله با میانگین ضریب ۰/۱۵ دارای پایین‌ترین ضریب است و از نظر این شاخص به‌عنوان فعال‌ترین طاقدیس محسوب می‌شود. شاخص FD بر میزان بریدگی جبهه کوهستان طاقدیس تأکید دارد. مناطقی که از نظر تکنیکی فعال هستند، دارای بخش بریده کم‌تری هستند، بنابراین هرچقدر که مقدار این شاخص کم‌تر باشد، منطقه از نظر تکنیکی فعال‌تر است (باربری و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به اینکه دامنه‌های غربی و شرقی طاقدیس از گله با بریدگی کم‌تری مواجه شده است، دارای ضریب کم‌تری است و از نظر این شاخص به‌عنوان فعال‌ترین طاقدیس محسوب می‌شود. همچنین طاقدیس سنجانی به دلیل بریدگی زیاد در دامنه‌های شرقی، با میانگین ضریب ۰/۳۵، دارای بالاترین ضریب است و از نظر این شاخص نسبت به سایر طاقدیس‌ها دارای فعالیت تکنیکی کم‌تری است.

نتایج بررسی شاخص بخش‌های بریده نشده طاقدیس (EU) بیانگر این است که در بین طاقدیس‌های مورد مطالعه، طاقدیس از گله با میانگین ضریب ۰/۸۵ دارای بالاترین ضریب است و از نظر این شاخص به‌عنوان فعال‌ترین طاقدیس محسوب می‌شود. این شاخص بر بخش بریده نشده جبهه کوهستان تأکید دارد. در این شاخص بر خلاف شاخص FD، هر چقدر که مقدار عددی به ۱ نزدیک‌تر باشد، منطقه از نظر تکنیکی فعال‌تر است. در واقع مناطقی که از نظر تکنیکی غیرفعال هستند، به دلیل غلبه فرایندهای فرسایشی دارای بخش‌های بریده شده زیادی هستند، بنابراین مقدار عددی شاخص EU در این مناطق پایین خواهد بود (باربری و همکاران، ۲۰۱۰). با توجه به اینکه طاقدیس از گله با بریدگی کمی مواجه شده است، بنابراین از نظر این شاخص دارای بالاترین ضریب است و به‌عنوان فعال‌ترین طاقدیس محسوب می‌شود و طاقدیس سنجابی با میانگین ضریب ۰/۶۵ دارای پایین‌ترین ضریب است و از نظر این شاخص نسبت به سایر طاقدیس‌ها دارای فعالیت تکنیکی کم‌تری است.

نتایج بررسی شاخص خط‌الرأس طاقدیس (AD) بیانگر این است که در بین طاقدیس‌های مورد مطالعه، طاقدیس از گله با میانگین ضریب ۱/۰۳۸ دارای پایین‌ترین ضریب است و از نظر این شاخص به‌عنوان فعال‌ترین طاقدیس محسوب می‌شود. این شاخص بر طول خط‌الرأس واقعی طاقدیس و طول خط مستقیم بین ابتدا و انتهای خط‌الرأس

تأکید دارد. طول خط‌الرأس طاقدیس نسبت به خط مستقیم تا حدودی نشان‌دهنده میزان فرسایش و سن چین‌خوردگی است. در طاقدیس‌های جدید، خط‌الرأس تقریباً مستقیم است، درحالی‌که در طاقدیس‌های قدیمی و فرسایش یافته، خط‌الرأس دارای طول بیش‌تری است (بهرامی و پرهیزکار، ۱۳۹۵). با توجه به اینکه خط‌الرأس طاقدیس ازگله، نسبت به سایر طاقدیس‌ها با فرسایش کم‌تری مواجه شده است، بنابراین از نظر این شاخص دارای کم‌ترین ضریب است، بنابراین از نظر این شاخص دارای کم‌ترین ضریب است و به‌عنوان فعال‌ترین طاقدیس محسوب می‌شود و طاقدیس سنجابی با ضریب ۱/۱۰۳ دارای بالاترین ضریب است و از نظر این شاخص نسبت به سایر طاقدیس‌ها دارای فعالیت تکتونیکی کم‌تری است.

نتایج بررسی شاخص نسبت جهت (AR) بیانگر این است که در بین طاقدیس‌های مورد مطالعه، طاقدیس ازگله با میانگین ضریب ۵/۴۱ دارای بالاترین ضریب است و از نظر این شاخص به‌عنوان فعال‌ترین طاقدیس محسوب می‌شود. این شاخص بر طول طاقدیس نسبت به بیشینه پهنای طاقدیس تأکید دارد. بر اساس این شاخص، هرچقدر ارزش عددی به دست آمده بیش‌تر باشد، گویای حرکت‌های نئوتکتونیکی بالا و هرچقدر مقدار به دست آمده کم باشد نشانگر فعالیت نئوتکتونیکی پایین در منطقه است (باربری و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به اینکه طاقدیس ازگله دارای طول زیاد و بیشینه پهنای کمی است، بنابراین دارای بالاترین ضریب است و از نظر این شاخص به‌عنوان فعال‌ترین طاقدیس محسوب می‌شود. همچنین طاقدیس سنجابی به دلیل اینکه در بخش‌های میانی با پهنای زیادی مواجه است، با ضریب ۲/۹۲، دارای پایین‌ترین ضریب است و از نظر این شاخص نسبت به سایر طاقدیس‌ها دارای فعالیت تکتونیکی کم‌تری است.

بررسی وضعیت شاخص‌های مربوط به شبکه زهکشی بیانگر این است که از نظر این شاخص‌های نیز طاقدیس ازگله دارای بالاترین فعالیت تکتونیکی است. در این پژوهش، دو شاخص نسبت انشعاب و (Br) تراکم زهکشی (Dd) ارزیابی شده است (شکل ۳). بر اساس نتایج حاصله، طاقدیس ازگله از نظر شاخص‌های Br و Dd به ترتیب با ضرایب ۶/۸ و ۳/۷۲، دارای بالاترین ضریب است و از نظر این شاخص‌ها به‌عنوان فعال‌ترین طاقدیس محسوب می‌شود. همچنین طاقدیس ماهیدشت از نظر شاخص‌های Br و Dd به ترتیب با ضرایب ۴ و ۲/۵۲، دارای پایین‌ترین ضریب است و از نظر این شاخص‌ها نسبت به سایر طاقدیس‌ها دارای فعالیت تکتونیکی کم‌تری است.

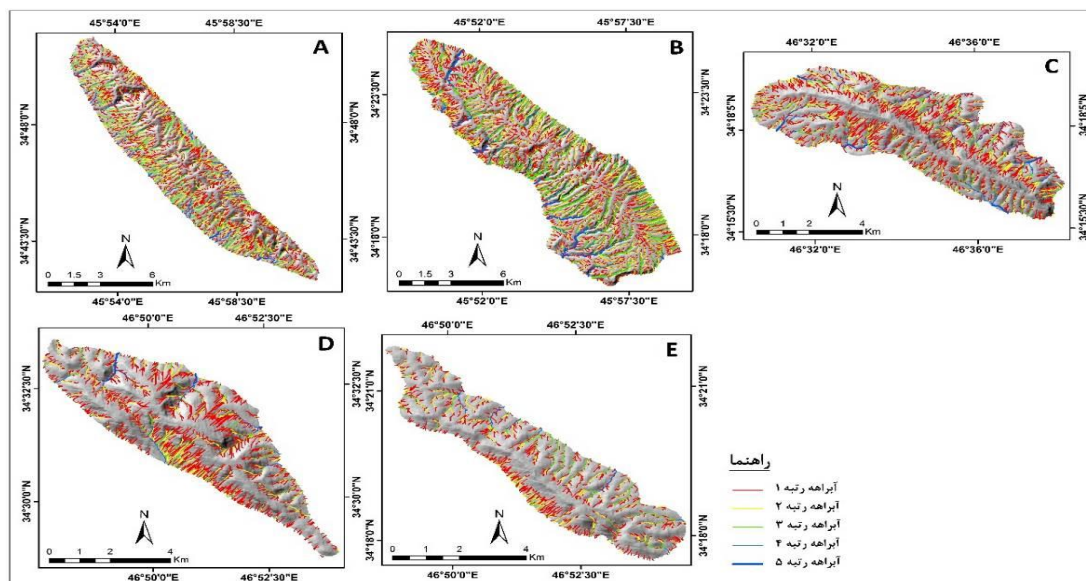
جدول ۲- ارزیابی و مقایسه شاخص‌ها در طاقدیس‌های مورد مطالعه (منبع: باربری و همکاران، ۲۰۱۰؛ بهرامی،

(۲۰۱۳)

طاقدیس	شاخص	ضریب		وضعیت فعالیت تکتونیکی	فعالیت نسبی
		میانگین	ضریب		
ازگله	تقارن طاقدیس (FSI)	۰/۸۹		فعال	۱
دنه خشک		۰/۶۲		فعال	۴

فعالیت نسبی	وضعیت فعالیت تکتونیک	ضریب		شاخص	طاقدیس	
		میانگین	ضریب			
۲	فعال	۰/۸۴			سنجایی	
۵	فعال	۰/۵۴			ماهیدشت	
۳	فعال	۰/۷۲			ویس	
۱	فعال	۱/۱۵	۱/۱۹	پیچ و خم جبهه طاقدیس (FFS)	غربی	ازگله
			۱/۱۱		شرقی	
۲	فعال	۱/۲۱	۱/۳		غربی	دنه خشک
			۱/۱۳		شرقی	
۵	فعال	۱/۳۵	۱/۱۵		غربی	سنجایی
			۱/۵۴		شرقی	
۴	فعال	۱/۲۷	۱/۱		غربی	ماهیدشت
			۱/۴۴		شرقی	
۳	فعال	۱/۲۳	۱/۱۲		غربی	ویس
			۱/۳۵		شرقی	
۱	فعال	۰/۱۵	۰/۱۹	بخش های بریده شده طاقدیس (FD)	غربی	ازگله
			۰/۱۱		شرقی	
۲	فعال	۰/۲۱	۰/۳		غربی	دنه خشک
			۰/۱۳		شرقی	
۵	فعال	۰/۳۵	۰/۱۵		غربی	سنجایی
			۰/۵۴		شرقی	
۴	فعال	۰/۲۷	۰/۱۱		غربی	ماهیدشت
			۰/۴۴		شرقی	
۳	فعال	۰/۲۳	۰/۱۲		غربی	ویس
			۰/۳۵		شرقی	
۱	فعال	۰/۸۵	۰/۸۱	بخش های بریده نشده طاقدیس (EU)	غربی	ازگله
			۰/۸۹		شرقی	
۲	فعال	۰/۷۹	۰/۷		غربی	دنه خشک
			۰/۸۷		شرقی	
۵	فعال	۰/۶۵	۰/۸۵		غربی	سنجایی
			۰/۴۶		شرقی	
۴	فعال	۰/۷۳	۰/۸۹		غربی	ماهیدشت
			۰/۵۶		شرقی	
۳	فعال	۰/۷۷	۰/۸۸		غربی	ویس
			۰/۶۵		شرقی	

طاق‌دیس	شاخص	ضریب		وضعیت فعالیت تکتونیکی	فعالیت نسبی
		میانگین	ضریب		
ازگله	خط‌الرأس طاق‌دیس (AD)	۱/۰۳۸		فعال	۱
دنه خشک		۱/۰۴۸		فعال	۲
سنجایی		۱/۱۰۳		فعال	۵
ماهیدشت		۱/۰۶۱		فعال	۴
ویس		۱/۰۶		فعال	۳
ازگله	نسبت جهت (AR)	۵/۴۱		فعال	۱
دنه خشک		۲/۹۹		فعال	۴
سنجایی		۲/۹۲		فعال	۵
ماهیدشت		۴/۱۱		فعال	۲
ویس		۳/۳۶		فعال	۳
ازگله	نسبت انشعابات (Br)	۶/۸		فعال	۱
دنه خشک		۵/۱		فعال	۲
سنجایی		۵		فعال	۳
ماهیدشت		۴		فعال	۵
ویس		۴/۹		فعال	۴
ازگله	تراکم زهکشی (Dd)	۳/۷۲		فعال	۱
دنه خشک		۳/۳۲		فعال	۳
سنجایی		۳/۵		فعال	۲
ماهیدشت		۲/۵۲		فعال	۵
ویس		۲/۶۴		فعال	۴



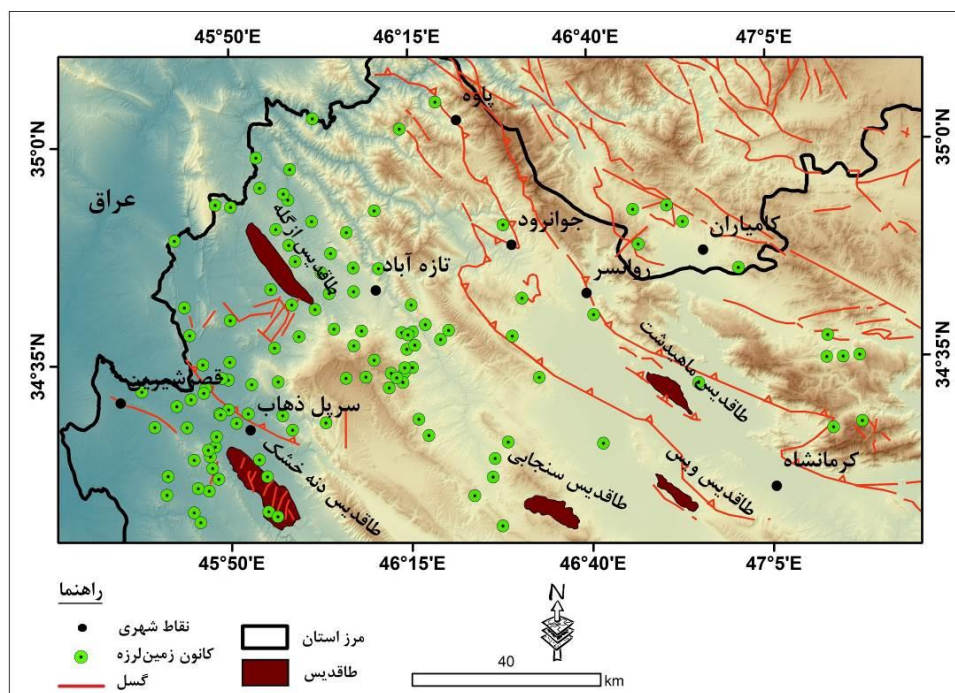
شکل ۳- وضعیت شبکه زهکشی طاقدیس‌های مورد مطالعه (A) طاقدیس ازگله؛ (B) طاقدیس دنه خشک؛ (C) طاقدیس سنجابی؛ (D) طاقدیس ماهیدشت؛ (E) طاقدیس ویس.

پس از ارزیابی وضعیت تکتونیکی طاقدیس‌ها از نظر شاخص‌های مختلف، به‌منظور ارزیابی وضعیت تکتونیکی نسبی طاقدیس‌ها، وضعیت فعالیت طاقدیس از نظر هر شاخص نسبت به هم ارزیابی شده و به این صورت وضعیت تکتونیکی نسبی هر طاقدیس محاسبه شده است (جدول ۳). بر اساس نتایج به دست آمده، طاقدیس ازگله با میانگین رتبه ۱، نسبت به سایر طاقدیس‌ها دارای بالاترین فعالیت تکتونیکی بوده است. بعد از این طاقدیس، طاقدیس‌های دنه‌خشک با ۲/۶۳، ویس با ۴/۲۵، سنجابی با ۴ و ماهیدشت با ۴/۱۳، در رده‌های بعدی قرار دارند. با توجه به موارد مذکور، طاقدیس ماهیدشت با میانگین رتبه ۴/۱۳، نسبت به طاقدیس‌ها دارای کم‌ترین فعالیت تکتونیکی بوده است.

جدول ۳- نتایج ارزیابی وضعیت فعالیت نسبی طاقدیس‌ها

طاقدیس	Dd	Br	AR	AD	EU	FD	FSS	FSI	میانگین رتبه
ازگله	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
دنه خشک	۳	۲	۴	۲	۲	۲	۲	۴	۲/۶۳
سنجابی	۲	۳	۵	۵	۵	۵	۵	۲	۴
ماهیدشت	۵	۵	۲	۴	۴	۴	۴	۵	۴/۱۳
ویس	۴	۴	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۳/۲۵

ارزیابی وضعیت تکتونیکی طاق‌دیس‌ها در ارتباط با کانون‌های زلزله: در این پژوهش، پس از ارزیابی وضعیت تکتونیکی طاق‌دیس‌ها، به‌منظور ارزیابی رابطه بین وضعیت تکتونیکی آن‌ها و کانون‌های زمین‌لرزه، از اطلاعات مربوط به کانون‌های زمین‌لرزه در طی سال‌های ۱۹۰۰ تا ۲۰۲۰ استفاده شده است (شکل ۴). نتایج ارزیابی‌ها بیانگر این است که وضعیت تکتونیکی طاق‌دیس‌ها رابطه مستقیمی با کانون‌های زمین‌لرزه دارد. در واقع، طاق‌دیس‌های ازگله و دنه‌خشک که بر اساس شاخص‌های مورد استفاده دارای بالاترین فعالیت تکتونیکی بوده‌اند، دارای بیش‌ترین تعداد کانون‌های زمین‌لرزه نیز بوده‌اند؛ به‌طوری‌که طاق‌دیس‌های ازگله و دنه‌خشک به ترتیب دارای ۱۹ و ۱۷ کانون زمین‌لرزه (تا فاصله ۱۰ کیلومتری از طاق‌دیس) بوده‌اند (جدول ۴). همچنین طاق‌دیس‌های دشت که بر اساس شاخص‌های مورد استفاده دارای فعالیت تکتونیکی پایینی بوده است، بدون کانون زمین‌لرزه بوده است.



شکل ۴- نقشه موقعیت طاق‌دیس‌های نسبت به کانون‌های زمین‌لرزه

جدول ۴- تعداد کانون‌های زمین‌لرزه تا فاصله ۱۰ کیلومتری طاق‌دیس‌ها

طاق‌دیس	ازگله	دنه خشک	سنجایی	ماهیدشت	ویس
تعداد کانون زمین-لرزه	۱۹	۱۷	۴	۰	۱

۴- نتیجه گیری

بررسی وضعیت کلی منطقه مورد مطالعه از جمله وقوع زمین لرزه های متعدد در طی سال های اخیر و همچنین وضعیت لندفرمی مانند طاق دیس های منطقه، بیانگر وضعیت فعال تکتونیکی منطقه است. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش وضعیت تکتونیکی طاق دیس های منطقه ارزیابی شده است، اما بر خلاف تحقیقات پیشین (بهرامی، ۲۰۱۳؛ منصوری و سرباز، ۱۳۹۶)، در این پژوهش علاوه بر وضعیت تکتونیکی طاق دیس ها، رابطه آن با کانون های زمین لرزه ارزیابی شده است. نتایج حاصله از ارزیابی وضعیت تکتونیکی طاق دیس ها نشان داده است که طاق دیس ازگله با میانگین رتبه ۱، نسبت به سایر طاق دیس ها دارای بالاترین فعالیت تکتونیکی بوده است. بعد از این طاق دیس، طاق دیس های دنه خشک با ۲/۶۳، ویس با ۴/۲۵، سنجابی با ۴ و ماهیدشت با ۴/۱۳، در رده های بعدی قرار دارند. با توجه به موارد مذکور، طاق دیس ماهیدشت با میانگین رتبه ۴/۱۳، نسبت به طاق دیس ها دارای کم ترین فعالیت تکتونیکی بوده است. با توجه به موارد مذکور، طاق دیس های مناطق غربی (طاق دیس ازگله و دنه خشک) دارای وضعیت تکتونیکی فعال تری نسبت به طاق دیس های مناطق شرق هستند. در واقع، نتایج به دست آمده از شاخص های مورد استفاده بیانگر فعالیت تکتونیکی زیاد طاق دیس های بخش غربی منطقه است و با توجه به اینکه مناطق غربی منطقه دارای بیش ترین تعداد کانون های زمین لرزه بوده است؛ بنابراین می توان گفت که بین کانون های زمین لرزه و وضعیت تکتونیکی طاق دیس ها، رابطه مستقیمی برقرار است.

کتابنامه

- آفانباتی، سیدعلی؛ ۱۳۸۳. زمین شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۷۰۹ صفحه. <https://www.gisoom.com/book/11083834>
- بهرامی، شهرام؛ پرهیزکار، فاطمه؛ ۱۳۹۵. تحلیل مورفومتری طاق دیس های هوا و خشت و ارتباط آن با تکتونیک های فعال در زاگرس فارس. فضای جغرافیایی. سال ۱۶. شماره ۵۶. صص ۱۸-۱. <http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-469-fa.html>
- پاینده، زینب؛ ثروتی، محمدرضا؛ شفیعی، فاطمه؛ ۱۳۹۵. ارزیابی فعالیت های نوزمین ساختی با استفاده از شاخص های ژئومورفیک (مطالعه موردی: شمال غرب طاق دیس کبیرکوه). پژوهش های ژئومورفولوژی کمی. سال ۴. شماره ۴. صص ۱۱۸-۱۰۴. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.22519424.1395.4.4.7.0>
- جعفری، غلامحسین؛ عباسی، مهدی؛ ۱۳۹۷. بررسی نقش زمین ساخت در روند تحول ژئومورفولوژیک پادگانه های رودخانه قزل اوزن. جغرافیا و برنامه ریزی. سال ۲۲. شماره ۶۵. صص ۲۳-۱. https://geoplanning.tabrizu.ac.ir/article_8116_989.html

رضائی مقدم، محمدحسین؛ خیری‌زاده آروق، منصور؛ ۱۳۹۳. ارزیابی فعالیت‌های نئوتکتونیکی با استفاده از شاخص‌های کمی ژئومورفیک (منطقه مورد مطالعه: بخشی از البرز شرقی در شمال استان سمنان). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*. سال ۵. شماره ۱۸. صص ۱۹-۳۶. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161372.html

روستایی، مریم؛ زمانی، بهزاد؛ نواب پور، پیمان؛ موید، محسن؛ ۱۳۹۴. بررسی سازوکار و نوزمین ساخت پهنه گسلی سیه چشمه خوی. *علوم زمین*. سال ۲۴. شماره ۹۶. صص ۲۳۴-۲۲۱.

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.10237429.1394.24.96.24.2>

شه‌ماری، رفعت؛ ۱۳۹۶. ارزیابی فعالیت‌های نوزمین‌ساخت در حوضه‌های آبخیز غرب استان گیلان. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال ۶. شماره ۲. صص ۱۶۵-۱۴۸.

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.22519424.1396.6.2.10.9>

گنجائیان، حمید؛ یمانی، مجتبی؛ گورابی، ابوالقاسم؛ مقصودی، مهران؛ ۱۳۹۹. انطباق شاخص‌های مورفوتکتونیک با کانون‌های زمین‌لرزه در زاگرس شمال غرب (حوضه‌های سیروان و قره‌سو). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*. سال ۳۱. شماره ۴. صص ۱۱۹-۱۳۶. <https://doi.org/10.22108/gep.2021.124247.1335>

گورابی، ابوالقاسم؛ امامی، کامیار؛ ۱۳۹۶. تأثیرات نوزمین‌ساخت بر تغییرات مورفولوژیک حوضه‌های زهکشی سواحل مکران، جنوب شرق ایران. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال ۶. شماره ۱. صص ۸۹-۷۴.

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.22519424.1396.6.1.5.2>

گورابی، ابوالقاسم؛ محمدنژاد، وحید؛ ۱۳۹۷. تکامل لندفرم‌های اواخر کواترنری در پاسخ به تغییرات تکتونیکی فعال سطح اساس در منطقه طبس. *ایران مرکزی، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. دوره ۵۰. شماره ۲. صص ۲۹۱-۲۷۱.

<https://doi.org/10.22059/jphgr.2018.236825.1007078>

منصوری، رضا؛ سربازی، زهرا؛ ۱۳۹۶. بررسی وضعیت تکتونیک فعال طاق‌دیس بانکول (در زاگرس چین‌خورده) با به کارگیری شاخص‌های مورفوتکتونیک و شواهد ژئومورفولوژیکی. *جغرافیای طبیعی*. سال ۱۰. شماره ۳۷. صص ۱۲۵-۱۴۲. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085656.1396.10.37.8.9>

یمانی، مجتبی؛ عزیزاده، شهناز؛ ۱۳۹۵. بررسی فعالیت‌های نوزمین‌ساخت حوضه آبخیز کرج از طریق شاخص‌های ژئومورفیک. *جغرافیای طبیعی*. سال ۹. شماره ۳۱. صص ۱۸-۱.

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.20085656.1395.9.31.1.3>

Bahrami, S., 2013. Tectonic controls on the morphometry of alluvial fans around Danehkhoshk anticline, Zagros, Iran, *Geomorphology*, 180–181, 217–230. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.10.012>

Burbery, C. M., Cosgrove, J. W., Liu, J. G., 2008. Spatial Arrangement of Fold Types in The Zagros Simply Folded Belt, Iran, Indicated By Landform Morphology and Drainage Pattern Characteristics. <http://dx.doi.org/10.4113/jom.2008.97>

Burbery, C. M., Cosgrove, J. W., Liu, J. G., 2010. A Study of Fold Characteristics and Deformation Style Using The Evolution of The Land Surface: Zagros Simply Folded Belt, Iran, *Geological Society*. <http://dx.doi.org/10.1144/SP330.8>

- Dos Santos, J. M., Salamuni, E., Dasilva, C. L., Sanches. E., Gimenez, V. B., Nascimento, E. R., 2019. Morphotectonics in the Central-East Region of South Brazil: Implications for Catchments of the Lava-Tudo and Pelotas Rivers, State of Santa Catarina, *Geomorphology* 328, 138-156. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.12.016>
- Goudie, A., 2004. Encyclopedia of Geomorphology. *International Association of Geomorphologists*. <https://search.worldcat.org/title/encyclopedia-of-geomorphology-volume-2-j-z/oclc/796038362>
- Hamdouni, R.EI. Iriggaray, C. Fernandez, T. Chacon, J. Keller, EA., 2008. Assessment Of reIATive active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (Southern Spain). *Geomorphology* 96. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.004>
- Keller, E.A., Gurrola, L., Tierney, T.E., 1999. Geomorphic criteria to determine direction of IATeral propagation of reverse faulting and folding. *Geology* 27, 515–518. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1999Geo....27..515K/abstract>
- Longkumer, L., Luierei, Kh., Moiya, J.N., Thong, G.T., 2019. Morphotectonics and neotectonic activity of the Schuppen Belt of Mokokchung, Nagaland, India, *Journal of Asian Earth Sciences* 170, 138-154. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jseaes.2018.11.010>
- Mirzaei, N., Gao, M., Chen, Y. T., 1998. Seismic source regionalization for seismic zoning of Iran: major seismotectonic provinces. *Earthquake prediction Research* 7, 465-495. <https://www.researchgate.net/publication/290796328>
- Novikov, I. S., Pospeeva, E. V., 2017. Neotectonics of Eastern Gorny Altai: Evidence from Magnetotelluric Data, *Russian Geology and Geophysics* 58 (7), 769-777. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rgg.2017.06.001>
- Ramsey, L. A., Walker, R. T., Jackson, J., 2008. Fold evolution and drainage development in the Zagros Mountains of Fars province, *SEIran Basin Research* 20, 23-48. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2117.2007.00342.x>
- Sharma, A., Singh, P., Kumar Rai, P., 2018. Morphotectonic analysis of Sheer Khadd River basin using geo-spatial tools, *Spatial Information Research* 26 (4), 405–414. <http://dx.doi.org/10.1007/s41324-018-0185-z>
- Talampas, W., Cabahug, R., 2018. Morphotectonic Characteristics of the Iponan River Watershed in Cagayan de Oro City, Philippines, *Mindanao Journal of Science and Technology* 16, 115-131. <https://mjst.ustp.edu.ph/index.php/mjst/article/view/147>



Investigating Active Tectonic Traces and Signs in the Basin of Bidvaz Esfarayen Dam Using Morphotectonic Indicators

Gholam Reza Maghami Moghim ^{a*}, Saeed Al-Reza Eslami ^b, Nahid Ramazani ^c

^a Associate Professor in Geomorphology, Damghan University of Damghan, Damghan, Iran

^b Assistant Professor in Geology, Damghan University, Damghan, Iran

^c MA in Geology, Damghan University, Damghan, Iran

Received: 6 March 2023

Revised: 19 April 2023

Accepted: 1 May 2023

Abstract

Bidvaz dam drainage basin is located in the northwest of Esfarayen, which is geologically a part of Aladagh-Binaloud structural zone. For managing water resources and optimal use of these resources, a dam has been built on the main branch of this river. By pouring water into this dam, it became clear that water escape from this dam is more than the existing standards. The subsequent measures for reducing water leakage from this dam did not result in positive consequences. Although the construction of this dam has had many benefits to the region, the increase in water leakage made the people living downstream worry. The high leakage of water from this dam evokes the assumption that the escape of water may be caused by tectonic activities. Because the lives of more than 70,000 people, including the people of Esfarayen city and several populated villages, are closely related to the water of this dam, it was necessary to study the tectonic activities under its basins. In this research, which was conducted using morphotectonic indicators and with the aim of identifying tectonic activities in this dam, it was determined that the region is tectonically in the ranks of active regions. Evidences such as the activity of faults, the study of earthquakes in the region, the results of morphotectonic indicators, and the study of profiles of the sub-basins of this river all indicate that this basin is tectonically active. Therefore, more attention should be paid to the operation, maintenance, and technical aspects of this dam.

Keywords: Morphotectonic Indices, Active Tectonics, Aladagh Mountains, Bidowaz Dam, Esfarayen

*. Corresponding author: GholamReza Maghami Moghim Email: gh.maghami@du.ac.ir.com Tel: +989153721246
How to cite this Article: Maghami Moghim, G., Eslami, S. A., & Ramazani, N. (2024). Investigating active tectonic traces and signs in the basin of Bidvaz Esfarayen dam using morphotectonic indicators. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 291-310.
DOI: 10.22067/geoh.2023.81489.1340



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant
With open access mandates, by publishing its articles under Creative
Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

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

 <https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.81489.1340> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۳۱۰-۲۹۱

مقاله پژوهشی

بررسی آثار و نشانه‌های تکتونیک فعال در حوضه سد بیدواز اسفراین با استفاده از شاخص‌های

مورفوتکتونیک

غلامرضا مقامی^۱ - دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

سعیدالرضا اسلامی - استادیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

ناهید رمضانی - کارشناس ارشد زمین‌شناسی، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۱۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱/۳۰ تاریخ تصویب: ۱۴۰۲/۲/۱۱

چکیده

حوضه آبریز سد بیدواز در شمال باختری شهرستان اسفراین واقع شده و از نظر زمین‌شناسی بخشی از پهنه ساختاری آلاداغ- بینالود محسوب می‌شود. جهت مدیریت منابع آب و استفاده بهینه از این منابع بر روی شاخه اصلی این رودخانه سدی احداث شده است. با آگیری این سد مشخص گردید فرار آب از این سد بیشتر از استانداردهای موجود در این زمینه است. اقدامات بعدی جهت کاهش فرار آب از این سد نتیجه مثبتی نداشت. هرچند احداث این سد فواید زیادی برای مردم منطقه داشته، اما افزایش فرار آب سبب دلهره مردم ساکن در پایین‌دست آن شده است. فرار زیاد آب از این سد این فرض را در ذهن تداعی می‌کند که ممکن است فرار آب ناشی از فعالیت‌های تکتونیک باشد. به دلیل اینکه زندگی بیش از ۷۰ هزار نفر از جمله مردم شهر اسفراین و چند روستای پرجمعیت ارتباط زیادی با آب دریاچه این سد دارد مطالعه فعالیت‌های تکتونیک در زیر حوضه‌های آن ضروری است. در این تحقیق که با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک و با هدف مشخص شدن فعالیت‌های تکتونیک در این سد انجام شد، مشخص گردید

Email: gh.maghami@du.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۵۳۷۲۱۲۴۶

نحوه ارجاع به این مقاله:

مقامی مقیم، غلامرضا؛ اسلامی، سعیدالرضا؛ رمضانی، ناهید. (۱۴۰۲). بررسی آثار و نشانه‌های تکتونیک فعال در حوضه سد بیدواز

اسفراین با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک. جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۲(۴). صص ۳۱۰-۲۹۱

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.81489.1340>

منطقه از نظر تکتونیکی در ردیف مناطق فعال تکتونیکی قرار دارد. شواهدی چون فعالیت گسل‌ها، بررسی زمین‌لرزه‌های منطقه، نتایج حاصل از مطالعات شاخص‌های مورفوتکتونیکی و همچنین بررسی نیمرخ‌های ترسیمی از زیر حوضه‌های این رودخانه همه دلالت بر فعال بودن این حوضه از نظر تکتونیکی دارند؛ بنابراین لازم است در نحوه بهره‌برداری، نگهداری و مسائل فنی این سد توجه بیشتری مدنظر مدیران قرار گیرد.

کلیدواژه‌ها: شاخص‌های مورفوتکتونیکی، تکتونیک فعال، کوه‌های آلاذغ، سد بیدواز، اسفراین.

۱- مقدمه

نیاز روزافزون بشر به آب، در بخش‌های مختلف ایجاب می‌کند تا با تمهیدات اصولی و اتخاذ روش‌های مناسب، در جهت کنترل، ذخیره‌سازی و بهره‌برداری از منابع آب برنامه‌ریزی شود. یکی از سیاست‌های کشور ایران در این زمینه احداث سد روی رودخانه‌ها است. هنگام احداث سد توجه به عوامل و فرایندهای طبیعی ضروری است. در بین این عوامل و فرایندها و فعالیت‌های تکتونیکی توجه بیشتری می‌طلبد. عدم توجه به فعالیت‌های تکتونیکی در پروژه‌های سدسازی خسارات مالی و جانی جبران‌ناپذیری به این پروژه‌ها وارد می‌نماید. ارزیابی حرکات تکتونیکی و خطرات ناشی از آن نیاز به شناخت فرایندهای ژئومورفولوژی دارد. برای این منظور روش‌های ژئومورفولوژیکی نقش مهمی را می‌توانند ایفاء نمایند؛ زیرا بسیاری از عوارض ژئومورفولوژیکی در مقابل حرکات تکتونیکی حساس می‌باشند. آثار فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه‌های آبریز نمود بیشتری دارد. به همین دلیل محققان این فعالیت را در حوضه‌های آبریز مطالعه نموده‌اند از مهم‌ترین این مطالعات می‌توان به مطالعات **بول و مک فادن^۱** در سال ۱۹۷۷ در کالیفرنیا اشاره نمود. نتایج این مطالعه نشان داد ساختار گسلی این منطقه با ایجاد پستی و بلندی‌های مکرر نقش عمده‌ای در عدم تعادل دره‌ها داشته‌اند. **ویلن و نیوفیر^۲** (۱۹۹۴) در کشور تایوان در مطالعه‌ای با مقایسه نیمرخ مرجع و طولی آثار فعالیت گسل‌ها را در مورفولوژی ارتفاعات و دره‌های مرکزی این کشور بررسی نمودند. **سارما^۳** (۲۰۱۶) مورفوتکتونیک حوضه آبریز برهماپوترا در تبت را مطالعه و به این نتیجه رسید که فعالیت‌های تکتونیکی در شمال این حوضه بیشتر است. در ایران در زمینه تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه‌های آبریز مطالعاتی انجام شده که می‌توان به مطالعات **یمانی (۱۳۹۳)** در حوضه نچی مریوان اشاره نمود براساس این مطالعه فعالیت‌ها در قسمت شمالی این حوضه نمود بیشتری دارد. **عابدینی (۱۳۹۳)** فعالیت‌های تکتونیکی را در حوضه مشکین چای، بررسی و به این نتیجه رسید که این حوضه از نظر تکتونیکی فعال است. **مریدی (۱۳۹۳)** نقش گسل سراوان را در توسعه حوضه سراوان بررسی و به این نتیجه رسید که در شکل‌گیری این حوضه نقش این گسل تعیین کننده بوده است.

1 Bull & Mcfaden

2 Willimin & Kneepfer

3 Sarema

عزتی و آق آتابای (۱۳۹۳) مورفوتکتونیک حوضه سولولکلو در استان خراسان شمالی را با استفاده از آثار ژئومورفولوژیکی مطالعه و ارتباط آن را با ریخت‌شناسی آن بررسی نمود. مقامی مقیم (۱۳۹۵) حوضه رودخانه روئین در استان خراسان شمالی را با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک پهنه‌بندی نمود. مطالعات انجام شده در مورد آثار مخرب فعالیت‌های تکتونیک در زندگی انسان حاکی از این است که آثار مخرب این فعالیت‌ها در همه جا یکسان نیست، این فعالیت‌های در مناطق کم تراکم انسانی آثار مخرب کمتری دارند اما اگر در مناطق پر تراکم و به‌خصوص محل احداث پروژه‌های عمرانی و سدها اتفاق بیافتند آثار زیانباری خواهند داشت. احداث سد خاکی بیدواز (شکل ۲) در ۲۰ کیلومتری شمال شرق اسفراین، چشم‌انداز امیدبخشی در حل معضل کمبود آب ایجاد نمود و انتظار می‌رفت در مجموع بیش از شش هزار هکتار از اراضی کشاورزی را آبیاری می‌کند؛ اما فرار آب در سال‌های ابتدایی، از این سد و افزایش آن در سال‌های اخیر این فرض را تداعی نمود که ممکن است فرار آب از این سد تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیک باشد. در این تحقیق که با استفاده از مطالعات کمی، کتابخانه‌ای و میدانی انجام خواهد گرفت سعی بر این است تا با مطالعه فعالیت‌های تکتونیک در زیر حوضه‌های این سد خطرات احتمالی ناشی از این فعالیت‌ها در محدوده این سد شناسایی شده جهت مدیریت خطرات احتمالی ناشی از این فعالیت‌ها برنامه‌ریزی گردد.

۲- مواد و روش

در این پژوهش ابتدا با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه مرزبندی و از حوضه‌های مجاور خود تفکیک گردید (شکل ۱). داده‌های مورد نیاز برای محاسبه‌ی شاخص‌ها از نقشه زمین‌شناسی شیروان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ و نقشه توپوگرافی اسفراین و گلیان با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ استخراج گردید. همچنین نیمرخ طولی و مرجع کل زیر حوضه‌ها با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ترسیم شد و در نهایت برای مشخص نمودن میزان نسبی فعالیت‌های تکتونیک، از شاخص Iat استفاده شد. از مطالعات میدانی جهت تکمیل مطالعات کتابخانه‌ای استفاده گردید. پس از جمع‌آوری داده‌های آماری و مشخص شدن وضعیت تکتونیک زیر حوضه‌ها، جهت تکمیل مطالعات، مشخص شدن تأثیر این فعالیت‌ها و همچنین نقشه‌های مورد نیاز نرم‌افزارهای آرک جی آی اس^۱، گوگل مپ^۲ و گوگل ارث^۳ مورد استفاده قرار گرفت.

1 ArcGis

2 Global Mapper

3 Google Earth

٢-١- موقع منطقة مورد مطالعه

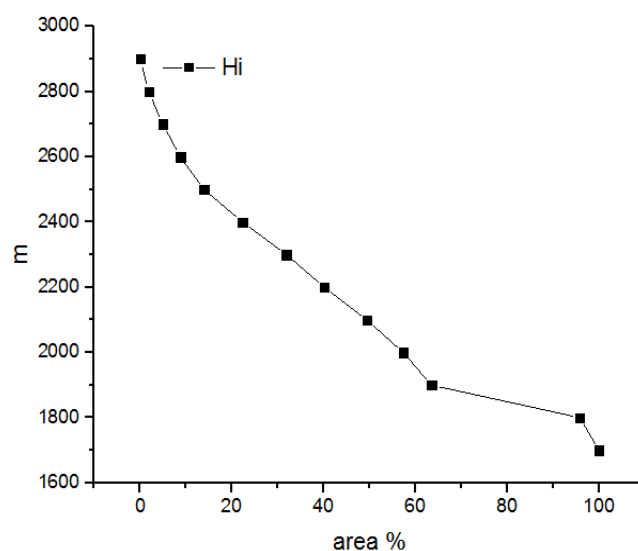
منطقه مورد مطالعه با ۳۲۹ کیلومتر مربع وسعت در شمال خاوری ایران واقع شده و از شمال به حوضه استخری، از غرب به رودخانه روئین، از شرق به حوضه کال ولایت و از جنوب به دشت اسفراین ختم می‌شود؛ و از نظر مختصات جغرافیایی بین $37^{\circ}00'00''$ تا $37^{\circ}15'00''$ شمالی و $57^{\circ}00'00''$ تا $57^{\circ}07'00''$ طول شرقی قرار دارد. از نظر توپوگرافی بر اساس نمودار هیسومتری (شکل ۳) در ردیف مناطق کوهستانی قرار می‌گیرد. حداکثر ارتفاع این حوضه کوه شاهجهان می‌باشد که با ارتفاع ۳۱۵۰ متری از سطح دریا در شمال شرقی حوضه واقع شده است از نظر هیدرولوژیکی این حوضه در دامنه‌های جنوبی آلاداغ از رشته‌کوه آلاداغ-بینالود شکل گرفته و از نظر هیدرولوژیکی یکی از شاخه‌های رودخانه کال‌شور در شمال ایران مرکزی محسوب می‌گردد. از نظر آب‌وهوایی براساس طبقه‌بندی دومارتن آب‌وهوای منطقه از نوع نیمه‌خشک می‌باشد. میانگین درجه حرارت آن در یک دوره آماری (۴۵ ساله) ۱۳۵۴-۱۳۹۹؛ ۱۲/۹ درجه سانتی گراد و بارش متوسط آن ۲۸۰ میلی‌متر می‌باشد. (مقامی مقیم، ۱۴۰۱). تعداد ۳۰ روستا و شهر اسفراین با جمعیتی در حدود ۷۰ هزار نفر از این رودخانه برای تأمین آب کشاورزی استفاده می‌نمایند. راه دسترسی به آن جاده آسفالت اسفراین - شیروان می‌باشد.



شکل ۱- نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه در کشور و استان خراسان شمالی



شکل ۲- سد خاکی بیدواز اسفراین (شرکت آب منطقه‌ای استان خراسان شمالی)



شکل ۳- نمودار هیپسومتریک کلاسیک (توزیع سطح به ازای ارتفاع)

۲-۲- روش انجام پژوهش

جهت انجام این پژوهش چند مدل کمی مورد استفاده قرار گرفت. یکی از این مدل‌ها نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن (VF) بود. این شاخص برای دره‌های پهن نسبتاً زیاد و برای دره‌های جوان و V شکل نسبتاً کم می‌باشد.

(کلر^۱ ۱۹۹۶). برای اجرای این مدل بهتر است اندازه‌گیری‌ها به فاصله ۵۰۰ متری از جبهه کوهستان به طرف بالادست دره انجام شود (مقامی مقیم، ۱۳۹۷). برای اندازه‌گیری این شاخص معادله ۱ مورد استفاده قرار گرفت.

$$Vf = Vfw / (Eld - Esc) + (Erd - Esc) \quad (\text{معادله ۱})$$

در این معادله:

Vf: نسبت پهنای کف دره به ارتفاع آن، Vfw: پهنای کف دره به متر، Erd: ارتفاع خط تقسیم آب در راست رودخانه، Eld: ارتفاع خط تقسیم آب در چپ رودخانه-Esc و Esd: ارتفاع کف دره از سطح دریا بر اساس این معادله اگر مقدار Vf کمتر از ۱ باشد نشان‌دهنده حوضه فعال، بین ۱ و ۲ فعالیت متوسط، و بالاتر از ۲ نشان‌دهنده آرامش تکتونیکی می‌باشند.

شاخص دیگری که در این زمینه مورد استفاده قرار گرفت شاخص پیچ‌وخم آبراهه اصلی (S) بود. جهت استفاده از این مدل، معادله ۲ مورد استفاده قرار گرفت.

$$S = C/V \quad (\text{معادله ۲})$$

در این معادله:

S: میزان سینوزیته یا پیچ‌وخم رودخانه، C: طول رودخانه یا جریان و V: طول دره

بر اساس این مدل مقدار S اگر کمتر از ۱/۱ باشد تکتونیک فعال بین ۱/۱ تا ۱/۳ فعالیت متوسط و بیشتر از ۱/۳ منطقه آرام خواهد بود (کلر و پیتر^۲ ۱۹۹۶).

مدل دیگری که در این زمینه مورد استفاده قرار گرفت شاخص عدم تقارن آبراهه (AF) (معادله ۳) بود

$$AF = 100(Ar/At) \quad (\text{معادله ۳})$$

بر اساس این معادله: AF: شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی، Ar: مساحت سمت راست حوضه در سمت راست آبراهه‌ی اصلی (به طرف پایین‌رود) و At: مساحت کل حوضه زهکشی

بر اساس این شاخص مقادیر بالاتر از ۶۵ یا کمتر از ۳۵ نشان‌دهنده کج شدگی حوضه، مقادیر بالاتر از ۷۵ و کمتر از ۴۳ نشان‌دهنده عدم کج شدگی و مقادیر کمتر از ۴۳ و بیشتر از ۳۵ یا کمتر از ۶۵ و بیشتر از ۵۷ نشان‌دهنده مقدار متوسط این شاخص می‌باشد (ده بزرگی، ۲۰۱۰).

شاخص دیگری که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت شاخص Iat (معادله ۴) بود.

$$Iat = S/N \quad (\text{معادله ۴})$$

در این معادله:

1 Keller

2 Keller & Pinter

Iat: شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی، S: مجموعه کلاس‌های شاخص ژئومورفولوژیک و N: تعداد شاخص‌های محاسبه شده.

مقدار ۱ تا ۱/۵ این شاخص فعالیت شدید، ۱/۵ تا ۲ زیاد، ۲ تا ۲/۵ متوسط و بیشتر از ۲/۵ آرام. (همدون^۱، ۲۰۰۸) با ترسیم نیمرخ طولی می‌توان به فعالیت‌های تکتونیکی پی برد حضور قوس‌های غیرعادی در نیمرخ طولی نشانه تکتونیک فعال می‌باشد. مقایسه نیمرخ طولی و مرجع می‌تواند در شناسایی حرکات تکتونیکی مؤثر باشد. منظور از نیمرخ مرجع، نیمرخ طولی آبراهه اصلی است که در شرایط عدم وجود اختلالات تکتونیکی متجلی گردد. هرچند مطالعات نشان می‌دهد؛ نیمرخ آبراهه‌ای حتی در شرایط فعالیت تکتونیکی مهم به حالت ایده آل می‌رسد (ویلین و نیویفر^۲ ۱۹۹۴)؛ اما وضعیت نیمرخ‌های طولی و مرجع بسته به شرایط اقلیمی، دبی، لیتولوژی و شکل حوضه متفاوت خواهد بود. (رضایی مقدم، ۱۳۷۴)

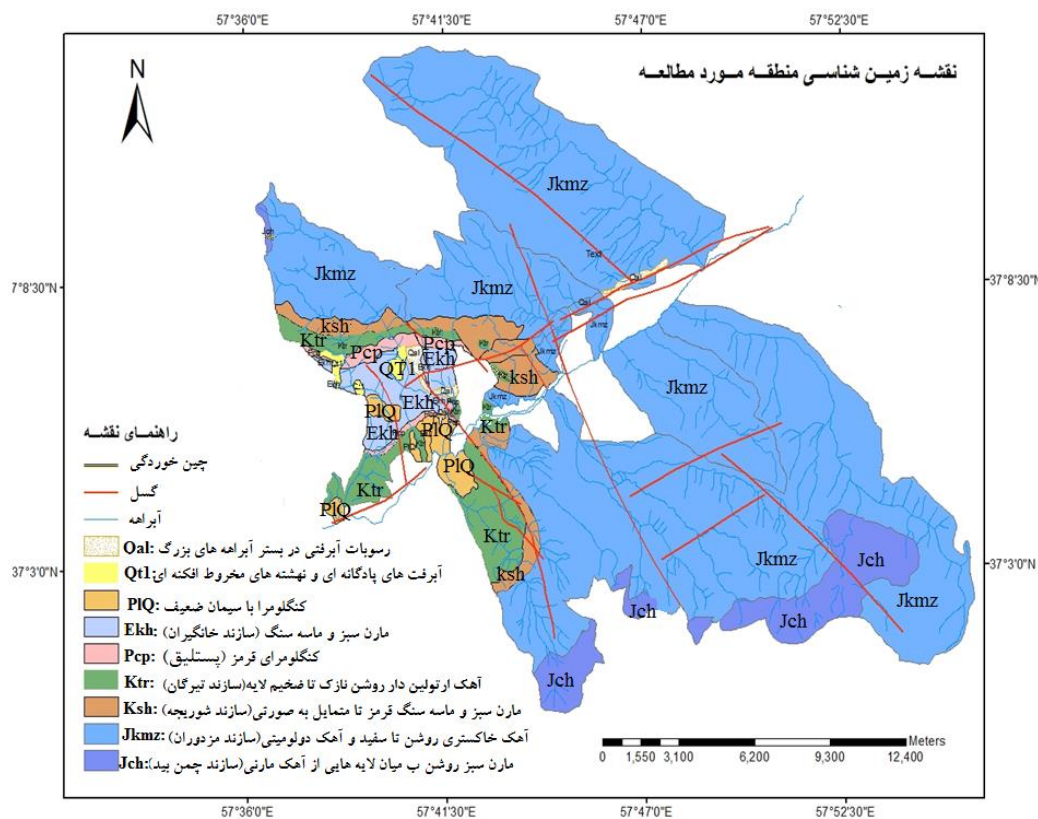
۳- نتایج و بحث

۳-۱- شواهد زمین‌شناسی تکتونیک فعال در منطقه مورد مطالعه

وضعیت زمین‌شناسی یا شرایط لیتولوژی از نظر رفتار در برابر فعالیت‌های تکتونیکی از پارامترهای مهم محیطی در خصوص آسیب‌پذیری مناطق است. بیشترین مساحت لیتولوژی منطقه بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ به ترتیب آهک خاکستری روشن تا سفید آهک دولومیتی (سازند مزدوران)، ماسه به رنگ سبز روشن (سازند چمن بید) و آهک اربیتولین دار (سازند تیرگان) می‌باشد (جدول ۱ و شکل ۴).

1 Hamadouni

2 Willimin & Knuepfer,



شکل ۴- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه (سازمان زمین شناسی کشور)

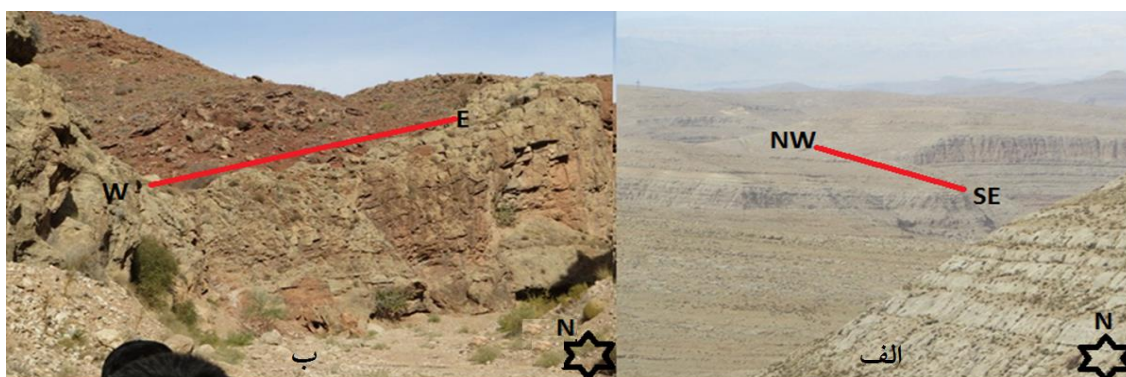
جدول ۱- سازندهای زمین شناسی منطقه مورد مطالعه

ردیف	نام سازند/واحد سنگی	علامت	سن تقریبی	پراکنندگی در منطقه
۱	کنگلومرا با جور شدگی ضعیف	PIQ	پلیوسن	شمال اسفراین
۲	مارن ژپس دار و کنگلومرا	plmc	پلیوسن	شمال شرقی اسفراین
۳	سازند خانگیران شامل مارن سبز و ماسه سنگ	Eksh	پالئوژن	شور پایین، قلعه سفید
۴	سازند تیرگان سنگ آهک خاکستری	Js	ژوراسیک	دره کاویان
۵	سازند شورجه سنگ آهک با میان لایه مارنی	ksh	کرتاسه	شمال غربی منطقه
۶	سازند مزدوران. آهک خاکستری و روشن	Jkmz	ژوراسیک	قسمت میانی حوضه
۷	سازند چمن بید. مارن سبز و آهک رس دار	Jch	ژوراسیک	بخش های جنوبی
۸	سازند کشف رود: ماسه سنگ های کوارتزی	Js	ژوراسیک	روستای سست
۹	سازند باروت (شیل و ماسه سنگ)	Cbt	کامبرین	شمال شهر اسفراین

از نظر ساختاری، منطقه مورد مطالعه بخشی از زون کپه داغ و بینالود می‌باشد (قائمى، ۱۳۸۱). نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که پوسته اقیانوسی دریای پالئوتتیس در این ناحیه در کربونیفر بالایی شکسته شده با این شکستگی، فرورانش پوسته اقیانوسی به زیر پوسته قاره‌ای توران آغاز شد. این فرورانش تا زمان تصادم دو پوسته قاره‌ای ایران و توران ادامه داشت. پس‌ازاین برخورد یک توقف نسبی در فشارهای تکتونیکی برقرار شد. در نتیجه آن یک حوضه کم ژرفا بر روی پوسته قاره‌ای شکل گرفت. بخش قابل توجهی از ساختار منطقه را گسل‌ها تشکیل می‌دهند (شکل ۵). گسل‌ها اگر دارای یکی از شرایط زیر باشند، می‌توانند سبب فعال شدن یک منطقه از نظر تکتونیکی شوند: وقوع زمین‌لرزه تاریخی در گسل، مرکزبایی زمین‌لرزه‌های بزرگ با خطای کم در درازای گسل‌ها، گسلش در رسوبات کواترنر، دیواره‌های گسلی در روی زمین که به وسیله‌ی فرسایش از بین نرفته باشند، همبستگی زمین ساختی یک گسل با گسله‌ی شناخته شده فعال (بربریان^۱ و همکاران، ۱۹۷۷). (جدول ۲) مشخصات گسل‌های منطقه را نمایان می‌کند.

جدول ۲- گسل‌های موجود در منطقه مورد مطالعه (مقامی مقیم ۱۳۹۵)

نام گسل	طول (km)	نوع گسل	جهت گسل	شرایط گسل از نظر فعالیت
اسفراین	۱۲۵	رانده	NW-SE	فعال زمین‌لرزه (۱۳۹۰)
نوشیروان	۲۷	رانده	E-W	فعال (انحراف رودخانه در نوشیروان)
سرکانلو	۸	رانده	E-W	فعال انحراف رودخانه، زمین‌لرزه ۱۳۹۰
سرخ قلعه	۱۳	عادی	NW-SE	فعال (جابجایی آبرفت‌ها و رسوبات)
درپرچین	۶۰	فرعی	NW-SE	فعال (زمین‌لرزه سال ۱۳۴۵)
اردغان	۴۰	رانده	NW-SE	فعال (زمین‌لرزه ۱۰۷۴ هجری)



شکل ۵- دو مورد از گسل‌های منطقه مورد مطالعه، (الف) گسل سرخ قلعه در شمال غربی سد بیدواز، (ب) گسل نوشیروان در قسمت جنوبی آن

1 Berberian

همان‌طور که در جدول ۲ مشخص است اغلب گسل‌های منطقه در ردیف گسل‌های فعال قرار می‌گیرند و نشانه فعال بودن آن‌ها وقوع زمین‌لرزه‌های متعدد می‌باشد. علاوه بر این جهات متفاوت این گسل‌ها مبین این است که نیروهای مؤثر بر منطقه از جهات متفاوتی عمل نموده و سبب فعالیت‌های تکتونیکی آن می‌شوند. نشانه دیگر فعالیت‌های تکتونیکی منطقه وقوع زمین‌لرزه‌های آن می‌باشد. زمین‌لرزه‌ها مهم‌ترین نشانه فعالیت یک گسل می‌باشند (کلاهی آذر و همکاران، ۱۳۹۶). براساس منابع موجود طی ۱۰۰ سال گذشته ۱۰ زمین‌لرزه بزرگ‌تر از ۵/۵ ریشتر در منطقه به ثبت رسیده است (جدول ۳). وقوع این تعداد زمین‌لرزه یکی از مهم‌ترین علائم فعالیت‌های تکتونیکی منطقه می‌باشد.

جدول ۳- آمار مهم‌ترین زلزله‌های استان خراسان شمالی (پژوهشکده بین‌المللی زمین‌لرزه)

ردیف	تاریخ وقوع	بزرگای ریشتر	مکان وقوع زلزله	موقعیت جغرافیایی
۱	۱ مرداد ۳۲۲ هجری	۷/۶	حوضه اترک	عرض ۳۷/۷۵ طول ۵۷/۸۳
۲	۱۱ خرداد ۱۳۰۸	۷/۳	شمال شرق بجنورد	عرض ۳۷/۷۳ طول ۵۷/۸۱
۳	۲۱ اردیبهشت ۱۰۷۴	۷	دره اسفراین	عرض ۳۷/۱۰ طول ۵۷/۴۷
۴	۲۰ آبان ۱۲۹۶	۵/۹	شمال شیروان	عرض ۳۷/۱۸ طول ۵۷/۸۸
۵	۳ شهریور ۱۳۰۸	۵/۶	شمال غربی بجنورد	عرض ۳۷/۹۳ طول ۵۷/۵۷
۶	۲۸ تیر ۱۳۲۷	۵/۵	شمال شیروان	عرض ۳۷/۵۳ طول ۵۷-۹۶
۷	۲۵ اسفند ۱۲۸۵	۵/۵	شمال شیروان	عرض ۳۷/۷۴ طول ۵۷/۵۷
۸	۱۶ بهمن ۱۲۹۶	۵/۵	شمال بجنورد	عرض ۳۷/۶ طول ۵۷/۳
۹	۱۴ بهمن ۱۳۰۱	۵/۴	شمال بجنورد	عرض ۳۷/۶ طول ۵۷/۳
۱۰	۱۹ آذر ۱۳۰۴	۵	غرب اسفراین	عرض ۳۷/۱ طول ۵۷/۸

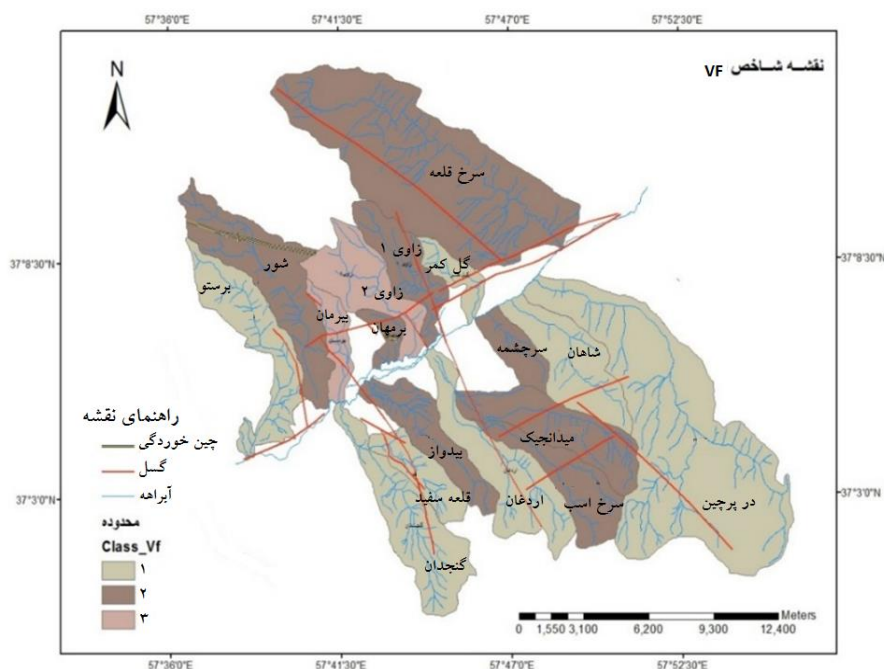
۳-۲- بررسی مطالعات حاصل از شاخص‌های مورفوتکتونیکی

دگرشکلی‌های زمین‌ساختی به آرامی اتفاق می‌افتد، بنابراین با توجه به اینکه این تغییرات با چشم بشر قابل تشخیص نیست باید به دنبال اشکالی بود که این تغییرات را در خود حفظ کرده‌اند (چورلی^۱ و همکاران، ۱۹۸۴). مدل‌های مورفوتکتونیکی در این زمینه می‌توانند کمک مؤثری باشند. یکی از قدیمی‌ترین و درعین حال دقیق‌ترین این مدل‌ها، شاخص نسبت پهنای دره به ارتفاع آن (vf) می‌باشد. برای مشخص شدن این شاخص معادله (۱) مورد استفاده قرار گرفت و نتایج آن در جدول ۴ درج گردید.

جدول ۴- مقدار Vf محاسبه شده و رده فعالیت زمین‌ساختی در حوضه‌ها

حوضه	Vf میانگین	Class	حوضه	Vf میانگین	Class
گنجدان	۰/۳۲	۱	گل کمر	۰/۴۳	۱
قلعه سفید	۰/۳۶	۱	سرچشمه	۰/۶	۲
بیدواز	۰/۵۹	۲	شاهان	۰/۴۳	۱
اردغان	۰/۴۹	۱	بیرمان	۱/۹۹	۳
میدانچیک	۰/۷۵	۲	برمهان	۰/۵۴	۲
سرخ اسب	۰/۷۷	۲	سرخ قلعه	۰/۵۶	۲
پرستویی	۰/۴۷	۱	زاوی ۲	۱/۱۴	۳
درپرچین	۰/۳	۱	زاوی ۱	۰/۶۹	۲
شور	۰/۶۶	۲			

همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود در ۱۵ زیر حوضه از ۱۷ زیر حوضه ضریب Vf کمتر از ۱ می‌باشد بنابراین در این پانزده زیر حوضه تکتونیک فعال می‌باشد تنها دو زیر حوضه شرایط متوسط تکتونیکی را تجربه می‌نمایند بنابراین به‌طور کل می‌توان گفت کل منطقه از نظر معیارهای این شاخص در ردیف تکتونیک فعال قرار می‌گیرد (جدول ۴ و شکل ۶).



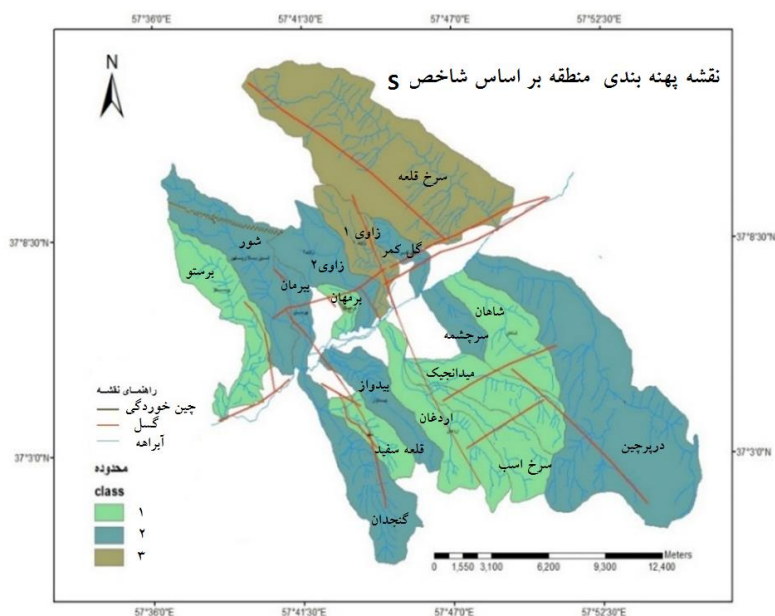
شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی تکتونیکی منطقه بر اساس (vf) شاخص پیچ‌وخم آبراهه اصلی (S)

جهت مطالعه شاخص پیچ و خم رودخانه‌ها از معادله (۲) استفاده شد و نتایج آن در جدول ۵ و شکل ۷ درج گردید.

جدول ۵- مقادیر S محاسبه شده و رده فعالیت زمین ساختی در حوضه‌ها

حوضه	S	Class	حوضه	S	Class
گنجدان	۱/۱۱	۲	قلعه سفید	۱	۱
بیدواز	۱/۱۶	۲	اردغان	۱/۰۷	۱
میدانچیک	۱/۰۲	۱	سرخ اسب	۱/۰۱	۱
پرستویی	۱/۰۷	۱	درپرچین	۱/۲	۲
سرخ قلعه	۱/۴	۳	شور	۱/۱۲	۲
زاوی ۱	۱/۱۷	۳	زاوی ۲	۱/۱۹	۲
برمهان	۱/۰۶	۱	بیرمان	۱/۱۱	۲
شاهان	۱/۰۴۸	۱	گل کمر	۱/۱۵	۲
سرچشمه	۱/۱۴	۲			

همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان شاخص S برای زیر حوضه‌های منطقه از ۱/۰۱ تا ۱/۴ متغیر است بر این اساس، ۷ زیر حوضه فعالیت‌های زیاد، ۸ حوضه فعالیت متوسط و ۲ زیر حوضه شرایط آرام تکتونیکی را تجربه می‌نمایند.

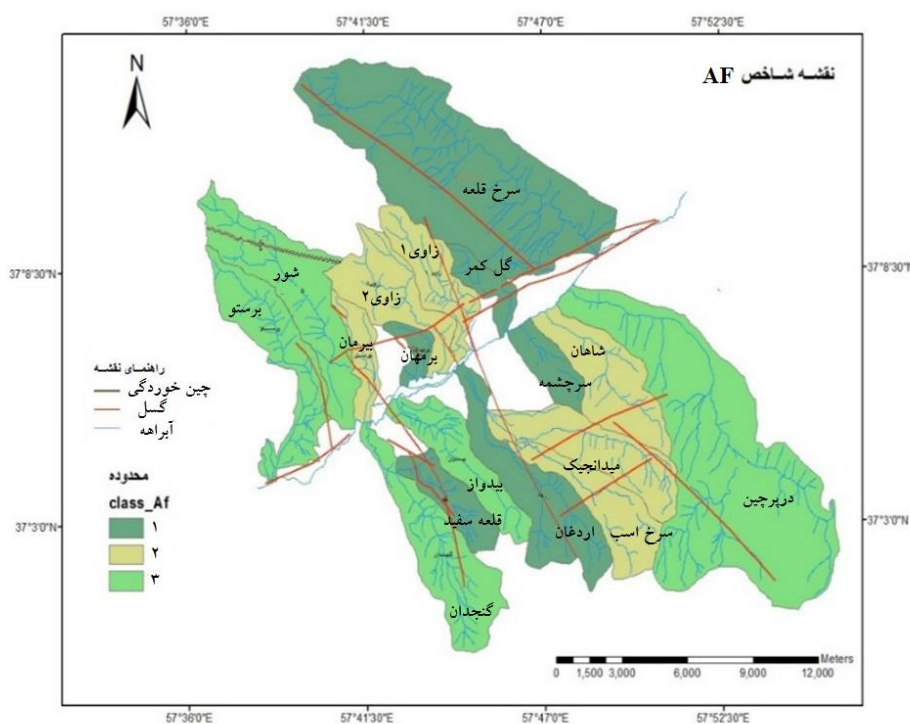


شکل ۷- نقشه پهنه‌بندی تکتونیکی منطقه بر شاخص (s) شاخص عدم تقارن آبراهه در حوضه آبریز (Af)

جهت مطالعه شاخص عدم تقارن **معادله ۳** مورد استفاده قرار گرفت و نتایج آن در **جدول (۶)** درج شد.

جدول ۶- درج گردید مقادیر Af محاسبه شده و رده فعالیت زمین ساختی در حوضه‌ها

حوضه	Af	Class	حوضه	Af	Class
گنجدان	۵۵	۳	قلعه سفید	۸۱/۶	۱
بیدواز	۵۱/۸	۳	اردغان	۳۴/۳	۱
میدانچیک	۶۲/۵	۲	سرخ اسب	۳۶	۲
پرستویی	۴۷/۷	۳	درپرچین	۵۲	۳
سرخ قلعه	۶۷	۱	شور	۵۰	۳
زاوی ۱	۴۱/۹	۲	زاوی ۲	۳۸/۸	۲
برمهان	۷۳/۳	۱	بیرمان	۴۱/۶	۲
شاهان	۳۷/۲	۲	سرچشمه	۲۵/۵	۱
گل کمر	۲۲۵	۱			

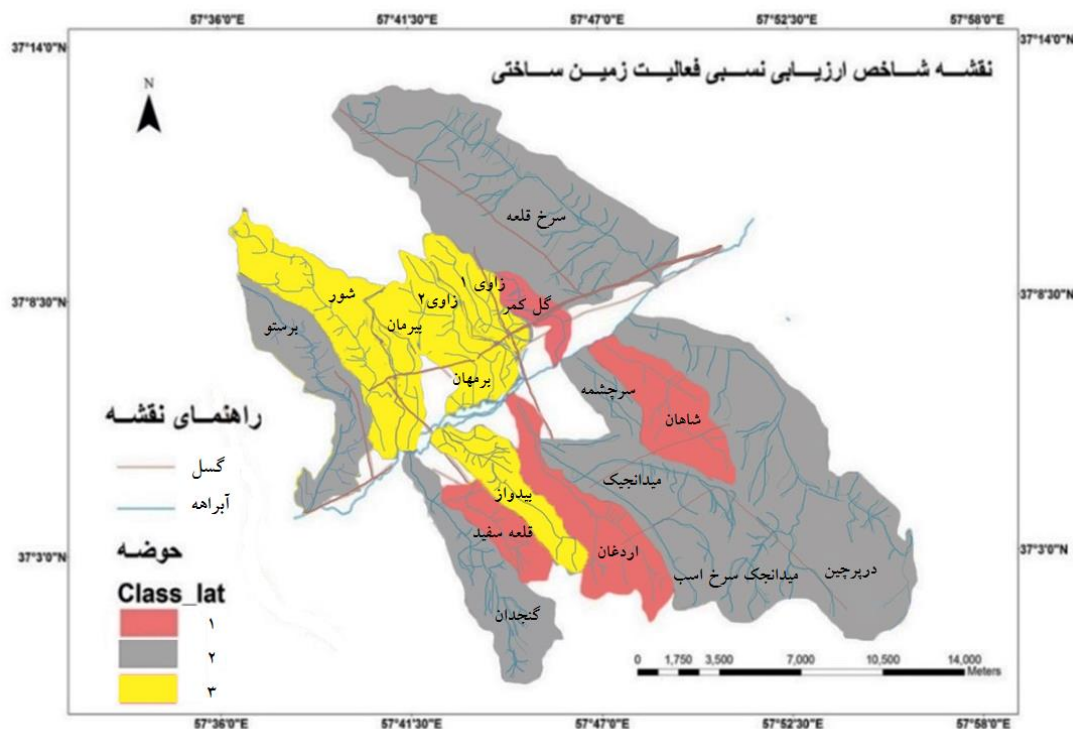


شکل ۸- نقشه طبقه‌بندی شاخص عدم تقارن آبراهه‌ها در حوضه آبریز (شاخص AF)

بر اساس نتایج حاصل از این شاخص شش زیر حوضه منطقه در ردیف حوضه‌های فعال، ۵ زیر حوضه در ردیف حوضه‌های آرام و ۶ حوضه در ردیف فعالیت‌های متوسط قرار می‌گیرند (جدول ۶ و شکل ۸). پس از محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک و مشخص شدن کلاس‌های هر حوضه، جهت مشخص شدن نتایج کلی از شاخص Iat استفاده شد (معادله ۴)؛ و نتایج آن در جدول ۷ درج گردید (جدول ۷ و شکل ۹).

جدول ۷- محاسبه شاخص Iat در محدوده مورد مطالعه

زیر حوضه	شاخص Vf	شاخص S	شاخص Af	شاخص Iat	میزان فعالیت
گنجدان	۱	۲	۳	۲	فعالیت زیاد
قلعه سفید	۱	۱	۱	۱	فعالیت شدید
بیدواز	۲	۲	۳	۲/۳۳	فعالیت متوسط
اردغان	۱	۱	۱	۱	فعالیت شدید
میدانچیک	۲	۱	۲	۱/۶۶	فعالیت زیاد
سرخ اسب	۲	۱	۲	۱/۶۶	فعالیت زیاد
پرستویی	۱	۱	۳	۱/۶۶	فعالیت زیاد
درپرچین	۱	۲	۳	۲	فعالیت زیاد
سرخ قلعه	۲	۳	۱	۲	فعالیت زیاد
شور	۲	۲	۳	۲/۳۳	فعالیت متوسط
زاوی ۱	۲	۳	۲	۲/۳۳	فعالیت متوسط
زاوی ۲	۳	۲	۲	۲/۳۳	فعالیت متوسط
برمهان	۲	۱	۱	۱/۳۳	فعالیت شدید
بیرمان	۳	۲	۲	۲/۳۳	فعالیت متوسط
شاهان	۱	۱	۲	۱/۳۳	فعالیت شدید
سرچشمه	۲	۲	۱	۱/۶۶	فعالیت زیاد
گل کمر	۱	۲	۱	۱/۳۳	فعالیت شدید



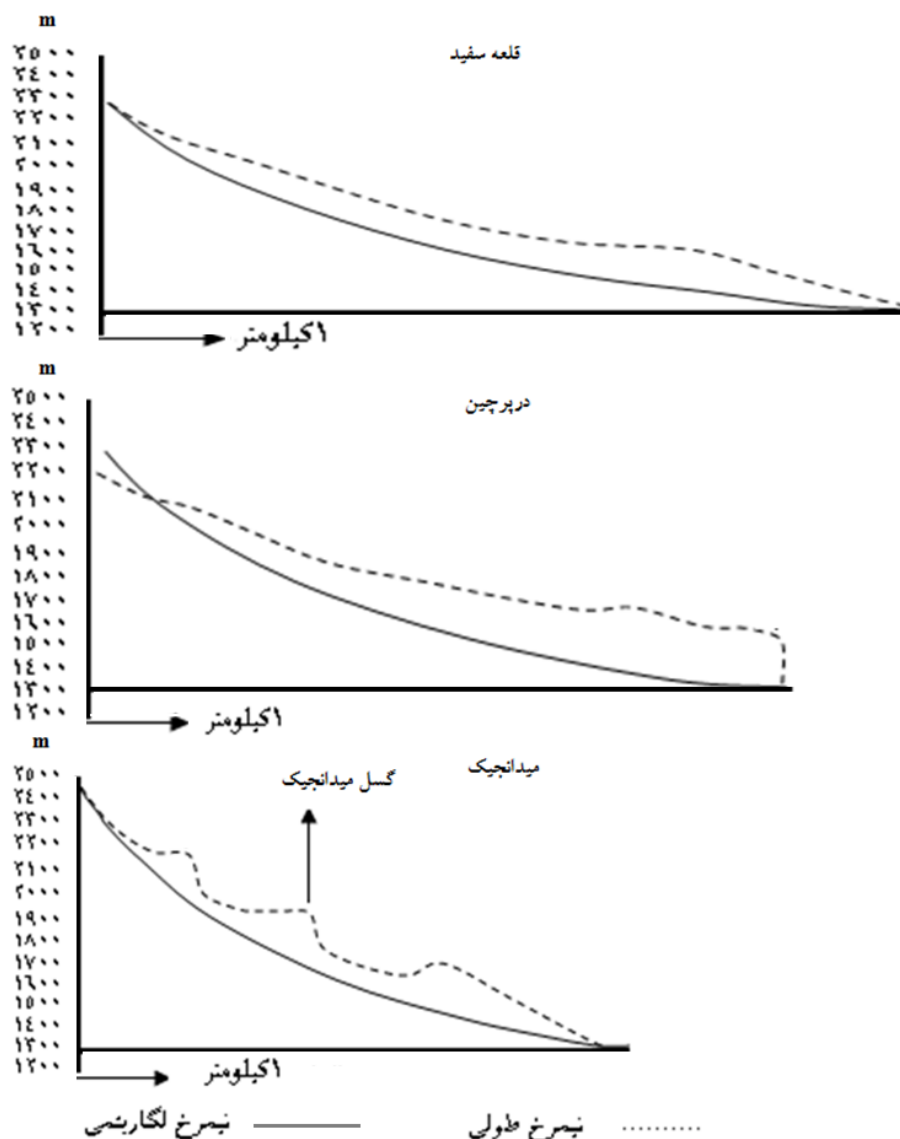
شکل ۹-نقشه پهنه‌بندی منطقه مورد مطالعه بر اساس شاخص (lat)

براساس نتایج حاصل از این شاخص که به‌نوعی نشان دهنده کل شاخص‌های مورفوتکتونیک مورد استفاده در منطقه می‌باشد، ۵ زیر حوضه در ردیف فعالیت‌های شدید، ۷ حوضه در ردیف حوضه‌های با فعالیت زیاد و ۵ حوضه در ردیف حوضه‌های با فعالیت متوسط قرار می‌گیرد بر اساس نتایج حاصل از این شاخص هیچ زیر حوضه غیرفعال در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد.

۳-۳- بررسی و مطالعه نیمرخ‌های ترسیمی از رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه

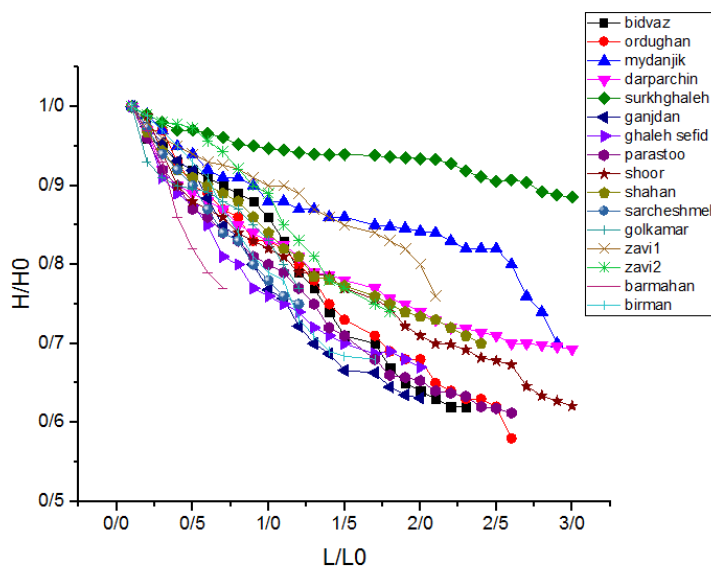
ترسیم نیمرخ طولی ساده‌ترین روشی است که به فعالیت‌های تکتونیک پی برد. نیمرخ طولی رود به عوامل مختلفی از جمله دبی، مجرای اصلی، میزان فرسایش، لیتولوژی و ویژگی‌های تکتونیک یک حوضه بستگی دارد. بخش‌های برآمده، وجود خط شکستگی و حضور قوس‌های غیرعادی در طول آن، نشانه تکتونیک فعال است. به‌منظور دستیابی به بهترین تخمین پیرامون میزان انحراف آبراهه اصلی، روش دیگری نیز این پژوهش استفاده شد و آن شاخص انحراف طولی از نیمرخ مرجع است. منظور از نیمرخ مرجع، نیمرخ طولی آبراهه اصلی است که در شرایط عدم وجود اختلالات تکتونیک و گذشت زمان طولانی برای تطبیق می‌توانست متجلی گردد. هرچند مطالعات تئوریک و تجربی نشان می‌دهد؛ نیمرخ آبراهه‌ای تقریباً حتی در شرایط فعالیت تکتونیک مهم سریعاً به

حالت نیمرخ ایده آل می‌رسد (ویلمن و نیوپفر ۱۹۹۴)؛ اما وضعیت نیمرخ‌های طولی و به دنبال آن مرجع بسته به شرایط مختلف متفاوت خواهد بود (رضایی مقدم، ۱۳۷۴). نیمرخ طولی و مقایسه آن با نیمرخ مرجع تمامی دره‌های منطقه نشان دهنده فعالیت شلید تکتونیکی بود زیرا در تمامی آن‌ها نیمرخ طولی بالاتر از نیمرخ مرجع قرار دارد (شکل ۱۰)



شکل ۱۰- مقایسه نیمرخ طولی و مرجع برای زیر حوضه‌های قلعه سفید (تصویر بالا)، در پرچین (تصویر وسط) و میدانجیک (تصویر پایین) در هر سه نمونه نیمرخ طولی بالاتر از نیمرخ مرجع قرار دارد.

ترسیم نیمرخ بی بعد برای حوضه‌های منطقه نیز نشان دهنده فعال بودن منطقه از نظر تکتونیکی بود. نیمرخ‌هایی که در بخش علیای حوضه ترسیم شده حالت خط راست و به لحاظ ارتفاعی در سطوح بالاتری قرار می‌گیرند مانند زیر حوضه‌های (درپرچین - شاهان - سرخ قلعه - زاوی)؛ اما منحنی‌های مربوط به حوضه‌های کم شیب مانند زیر حوضه‌های میدانجیک، شور و اردغان حالت L دارد که دلالت بر فعالیت‌های کمتر تکتونیکی دارند (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- منحنی بی بعد منطقه مورد مطالعه

۴- نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش در سه بخش نتایج حاصل از مطالعات زمین‌شناسی و میدانی، نتایج مطالعات شاخص‌های مورفوتکتونیکی و نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل منحنی‌های ترسیمی قبل‌ارائه می‌باشد. در مطالعات میدانی و زمین‌شناسی، آثار فعالیت گسل‌های منطقه (جدول ۲) مانند جابجایی در آبرفت‌ها، انحراف رودخانه و وقوع زمین‌لرزه‌های متعدد نشان داد گسل‌های منطقه در ردیف گسل‌های فعال قرار می‌گیرند. در محدوده مورد مطالعه تعداد شش گسل وجود دارد که در مطالعات میدانی آثار فعالیت در تمامی آن‌ها قابل مشاهده بود. همچنین بر اساس آمار پژوهشکده زمین‌لرزه ایران از سال ۳۲۲ هجری تا کنون ۱۰ زمین‌لرزه بالای ۵ ریشتر در منطقه ثبت شده است. این تعداد زمین‌لرزه در یک مکان نشان دهنده فعالیت‌های شدید تکتونیکی می‌باشد. در بررسی شاخص‌های مورفوتکتونیکی، چهار شاخص مورد استفاده قرار گرفت که نتایج حاصل از تمامی این شاخص‌ها دلالت بر فعال بودن منطقه از نظر تکتونیکی داشت. بر اساس شاخص v_f از ۱۷ زیر حوضه مورد مطالعه ۱۵ مورد فعالیت شدید و دو مورد فعالیت متوسط تکتونیکی را تجربه می‌نمایند و هیچ‌کدام از زیر حوضه‌ها از نظر تکتونیکی شرایط آرامی ندارند.

به همین دلیل دره‌های آن عمدتاً عمیق، پر شیب و ۷ شکل می‌باشند. بر طبق نتایج حاصل از شاخص پیچ‌وخم آبراهه‌های اصلی (S) تعداد ۷ زیر حوضه منطقه در ردیف حوضه‌های با فعالیت شدید، ۸ زیرحوضه دارای فعالیت‌های متوسط و دو زیر حوضه هم از شرایط آرام تکتونیکی برخوردار می‌باشند. بر اساس شاخص Af تعداد ۶ زیر حوضه در ردیف حوضه‌های فعال، ۵ زیر حوضه در ردیف حوضه‌های آرام و ۶ زیرحوضه در ردیف حوضه‌های با فعالیت‌های متوسط تکتونیکی قرار می‌گیرند. براساس نتایج حاصل از شاخص Iat که به‌نوعی مؤید و بیان‌کننده نتایج کل شاخص‌های مورد استفاده می‌باشد، ۵ زیر حوضه در ردیف فعالیت‌های شدید، ۷ زیرحوضه در ردیف حوضه‌های با فعالیت زیاد و ۵ زیرحوضه هم در ردیف حوضه‌های با فعالیت متوسط قرار می‌گیرند. بر اساس نتایج حاصل از این شاخص هیچ زیر حوضه غیرفعال در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد. تجزیه و تحلیل نیمرخ‌های ترسیمی در این حوضه نیز نشان دهنده فعالیت‌های تکتونیکی آن بود. اولین نیمرخ ترسیمی مورد استفاده، نیمرخ بی بعد زیر حوضه‌ها بود. ترسیم این نیمرخ‌ها نشان داد، نیمرخ‌های بی‌بعدی که در بخش‌های مرتفع حوضه ترسیم شده حالت خط راست دارند و به لحاظ ارتفاعی در سطوح بالاتری قرار می‌گیرند شکل مستقیم این نیمرخ‌ها نشان دهنده فعالیت‌های تکتونیکی در این قسمت‌های حوضه می‌باشد اما منحنی‌های مربوط به زیر حوضه‌های کم ارتفاع‌تر که از شیب کمتری برخوردار هستند شکلی L مانند دارند و نشان دهنده فعالیت‌های کم تکتونیکی می‌باشند. منحنی‌های طولی ترسیم شده از زیر حوضه‌ها هم اغلب نامنظم بوده و این بی‌نظمی نشانه فعالیت‌های شدید تکتونیکی است. مقایسه نیمرخ طولی و مرجع ترسیم شده از زیر حوضه‌های منطقه نیز حاکی از فعالیت‌های شدید تکتونیکی منطقه دارد زیرا در اغلب آن‌ها نیمرخ طولی بالاتر از نیمرخ مرجع قرار می‌گیرد. با توجه به نتایج به دست آمده از مطالعات میدانی، کمی و ترسیمی، منطقه در ردیف مناطق فعال تکتونیکی قرار دارد. تأثیر این فعالیت‌ها در حال حاضر فقط سبب فرار آب از این سد می‌شود و این فرار با گذشت زمان، بیشتر می‌شود و در آینده ممکن است در اثر بارندگی‌های شدید پیامدهای غیر قابل جبرانی را برای جمعیت بیش از ۱۰ هزار نفری ساکن در پایین دست آن به دنبال داشته باشد. به همین دلیل جهت جلوگیری از خطرات احتمالی این فعالیت‌ها، انجام مطالعات تکمیلی روی این سد ضروری است.

کتابنامه

- رضایی مقدم، محمدحسین؛ ۱۳۷۴. پژوهشی در تشکیل کوهپایه‌ها و دشت‌های انباشتی دامنه جنوبی میشو داغ، پایان‌نامه دکتری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی دانشگاه تبریز.
- سازمان جغرافیای نیروی مسلح کشور، نقشه توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ اسفراین.
- عابدینی، موسی و شبرنگ، شنو؛ ۱۳۹۳. ارزیابی فعالیت‌های نو زمین ساخت در حوضه آبخیز مشکین چای از طریق شاخص‌های ژئومورفولوژی. *جغرافیا و توسعه*، ۱۲(۳۵)، صص ۴۹-۶۶.

<https://doi.org/10.22111/gdij.2014.1554>

عزتی، مریم و آق آتابای، مریم؛ ۱۳۹۳. تفسیر مورفوتکتونیک حوضه سولولکو (خراسان شمالی) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی، فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای. شماره ۱۳. صفحه ۱۴۱-۱۵۲

<https://doi.org/10.22111/gaij.2014.1779>

قائم، فرخ؛ ۱۳۸۱. گزارش نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ شیروان، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. کلاهی آذر، امیر پیروز و مقامی مقیم، غلامرضا؛ ۱۳۹۶. بررسی تأثیر زمین‌لرزه گشت بر سامانه گسلی سراوان با استفاده از مدل انتقال تنش کولمب. جغرافیا و مخاطرات محیطی، (۴) ۶، صص ۲۳-۴۰

<https://doi.org/10.22067/geo.V6I4.62503>

مریدی فریمانی، علی اصغر و دهقانی، سعید؛ ۱۳۹۳. نقش گسل تراستی سراوان در تشکیل و توسعه حوضه آبریز سراوان، نشریه جغرافیای و توسعه، شماره ۳۵، صص ۳۲-۱۹.

<https://doi.org/10.22111/gdij.2014.1552>

مقامی مقیم، غلامرضا؛ ۱۳۹۷. بررسی تأثیر گسل‌ها در ریخت‌شناسی حوضه آبریز در پرچین با استفاده از شاخص‌های مورفوتکتونیک. مجله آمایش جغرافیایی فضا ۸ (۲۹) صص ۱۹-۳۲

https://gps.gu.ac.ir/article_80351_90547749099e49a147367657d056611c.pdf

مقامی مقیم؛ ۱۳۹۵. تأثیر فعالیت‌های تکتونیک در ریخت‌شناسی حوضه آبریز رودخانه روئین در شمال شرق ایران. نشریه جغرافیا و توسعه. شماره ۴۳. صص ۷۱-۹۰ <https://doi.org/10.22111/gdij.2016.2479>

یمانی، مجتبی و علمیزاده، هیوا؛ ۱۳۹۳. تأثیر نوزمین ساخت در مورفولوژی شبکه زهکشی حوضه آبخیز نچی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، (۱) ۲۹، صص ۹-۲۲.

<https://georesearch.ir/article-1-413-fa.html>

Berberian, M., & Mohajer-Ashjai, A., 1977. Seismic risk map of Iran, a proposal. Geol. Surv. Iran, 40, 121-148. https://www.researchgate.net/publication/294872080_Seismic_Risk_Map_of_Iran_A_Proposal

Bull W.B. and L.D. Mcfadden., 1977. Tectonic geomorphology of north fault, California in Doehring, geomorphology of arid regions. Allen and Unwin. London. pp.115-138. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9780429299230-5/tectonic-geomorphology-north-south-garlock-fault-california-william-bull-lestlie-mcfadden>

Burbank, D. W., & Anderson, R. S., 2011. Tectonic geomorphology. John Wiley & Sons.

Cartoian, Elena and Magliulo, Paolo and Massa, Bruno., 2014. Morphotectonic features of the Tamaro River basin, Southern Apennines, Italy, link.springer. Volume 25, pp.217 <https://doi.org/10.1007/s12210-014-0349-2>

Chorley. R. J., Schum. S. A., Sugden. D., 1984. Geomorphology, London, 607 pages. 745-753. <https://doi.org/10.1017/S0016756800035573>

Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A. A., Motamedi, H., & Hosseiniasl, A., 2010. Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran. Geomorphology, 121(3), 329-341. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.05.002>

Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernández, T., Chacón, J., & Keller, E. A., 2008. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). Geomorphology, 96(1), 150-173 <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.004>

- Keller, Edward.A., Pinter, Nicholas.1996; Active tectonics; Prentice Hall publisher, New jersey,P 338http://sutlib2.sut.ac.th/sut_contents/H49253.pdf
- Sarma, J. N ,Acharje,S Murgante, B., 2016. Morphotectonic study of the Brahmaputra basin,Journal of the Geological Society of India September 2015, Volume 86, Issue 3, pp 324-330 <https://doi.org/10.1007/s12594-015-0318-0>
- Willimin J.H.and Peter L.K.Knuepfer.,1994. Kinematics of arc-continent collision in the Eastern central range of Taiwan.Geophysical Research. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/94JB00731>



Exploring the Active Tectonics of Kalardasht and Abbasabad Basin based on Morphometric Indices

Mohammad Khalaj ^{a*}, Hasan Alizadeh ^b

^a Associate Professor in Geology, University of Payam-e Noor, Tehran, Iran

^b Associate Professor, Department of Geology, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran

Received: 13 March 2023

Revised: 9 May 2023

Accepted: 21 May 2023

Abstract

Morphometric indices are widely used as a tool for identifying and characterizing the deformed sections by active faults. So far, the relationship between active tectonics and morphotectonics has not been studied in the studied area. By determining active processes in the Klardasht and Abbasabad basin and taking the necessary measures, it is possible to avoid damages caused by natural hazards such as floods and earthquakes in this area. In this study, using morphometric indices, the basins of a part of Central Alborz were investigated in terms of the influence of active tectonics. So, the Klardasht and Abbasabad basin was analyzed using Hierarchical Anomaly Index (Δa), Longitudinal River Gradient index (SL), Form Factor Index (Ff), Drainage Density Index (Dd) and Relative Prominence Index (Bh) in 18 drainage basins of the specific area. Along the North Alborz, Khazar and Azarak faults, the amount of these indicators increased. So, it can be concluded that the tectonics of the studied area is active due to the activity of these faults. Finally, by determining the Relative Active Tectonic index (Iat), the region was zoned into four categories (very high, high, medium and low) in terms of the level of tectonic activity. In about 66.5% of the region, which is dominated by the activity of the main faults in the region. Other sub-faults formed by recent tectonic movements show moderate to high tectonic activity.

Keywords: Morphotectonic Indices, Active Tectonics, Morphometric Indices, Environmental Hazards, Klardasht and Abbasabad Basin

*. Corresponding author: Mohammad Khalaj

Email: m_khalaj@pnu.ac.ir

Tel; +989122725698

How to cite this Article: khalaj, M., Alizadeh, H., (2024). Exploring active tectonics of Kalardasht and Abbasabad basin based on morphometric indices. *Journal of Geography and Environmental Hazards*, 12(4), 311-330.

DOI:10.22067/geoh.2023.81592.1344



Journal of Geography and Environmental Hazards are fully compliant With open access mandates, by publishing its articles under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

Geography and Environmental Hazards

Volume 12, Issue 4 - Number 48, Winter 2024

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

 <https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.81592.1344> 

جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال دوازدهم، شماره چهل و هشتم، زمستان ۱۴۰۲، صص ۳۳۰-۳۱۱

مقاله پژوهشی

زمین‌ساخت فعال حوضه آبریز کلاردشت و عباس‌آباد بر اساس شاخص‌های ریخت‌سنجی

محمد خلیج^۱-دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

حسن علیزاده-دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۲/۱۹ تاریخ تصویب: ۱۴۰۲/۲/۳۱

چکیده

شاخص‌های ریخت‌سنجی به عنوان ابزاری برای شناسایی و مشخص کردن بخش‌های تغییر شکل یافته به وسیله گسل‌های فعال مورد استفاده قرار می‌گیرند. تاکنون در گستره مورد بررسی ارتباط بین زمین‌ساخت فعال و ریخت زمین‌ساخت مورد مطالعه قرار نگرفته است. با تعیین فرایندهای فعال در حوضه آبریز کلاردشت و عباس‌آباد و تمهیدات لازم، تا حدود زیادی می‌توان از خسارت‌های ناشی از بلایای طبیعی مانند سیل و زلزله در این منطقه جلوگیری کرد. بر همین اساس حوضه آبریز کلاردشت و عباس‌آباد با استفاده از شاخص‌های ناهنجاری سلسله مراتبی (Δa)، گرادیان طولی رود (SL)، شکل حوضه (Ff)، تراکم زهکشی (Dd) و برجستگی نسبی (Bh) در ۱۸ حوضه زهکشی منطقه مشخص و بر اساس آن پهنه‌بندی شد. در امتداد گسل‌های شمال البرز، خزر و آذرک، حسن گیل و راندگی طالقان میزان این شاخص‌ها افزایش یافته و در نتیجه می‌توان استنباط کرد که زمین‌ساخت منطقه مورد بررسی در اثر فعالیت این گسل‌ها فعال است. شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی (Iat) منطقه از لحاظ سطح فعالیت زمین‌ساختی به چهار دسته بسیار بالا، بالا، متوسط و کم پهنه‌بندی شد. در حدود ۶۶/۵ درصد از منطقه تحت سیطره

Email: m_khalaj@pnu.ac.ir

۱ نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۲۷۲۵۶۹۸

نحوه ارجاع به این مقاله:

خلیج، محمد، علیزاده، حسن. (۱۴۰۲). زمین‌ساخت فعال حوضه آبریز کلاردشت و عباس‌آباد بر اساس شاخص‌های ریخت‌سنجی.

جغرافیا و مخاطرات محیطی. ۱۲(۴). صص ۳۱۱-۳۳۰

<https://doi.org/10.22067/geoeh.2023.81592.1344>

فعالیت گسل‌های اصلی منطقه است و همچنین گسل‌های فرعی دیگری که در اثر حرکات زمین‌ساختی اخیر تشکیل شده‌اند، فعالیت زمین‌ساختی متوسط به بالایی را ارائه می‌دهند.

کلیدواژه‌ها: شاخص‌های ریخت‌سنجی، زمین‌ساخت فعال، مخاطرات محیطی، حوضه آبریز کلاردشت و عباس‌آباد.

۱- مقدمه

ریخت زمین‌ساخت^۱ دانشی است که می‌تواند تأثیر زمین‌ساخت فعال^۲ را با استفاده از شاخص‌های ریخت‌سنجی^۳ به‌عنوان سنجش و توصیف کمی اشکال و چشم‌اندازهای زمین^۴ بر رودخانه‌ها مشخص کند؛ بر همین اساس اندازه‌گیری‌های کمی شرایطی را فراهم می‌آورد تا با استفاده از آن‌ها به شناسایی وضعیت مناطق دارای زمین‌ساخت فعال پرداخت.

فرآیندهای زمین‌ساخت فعال می‌تواند شکل و عملکرد رودخانه‌ها را تحت تأثیر قرار دهد، رودخانه‌ها از مهم‌ترین چشم‌اندازهای موجود در سطح زمین هستند که به‌سرعت و به‌طور ثابت به تغییر شکل حاصل از زمین‌ساخت فعال در سطح زمین که بازتاب‌کننده تغییرات جزئی در توپوگرافی است، واکنش نشان می‌دهند (هولبرک^۵ و شوم^۶، ۱۹۹۹: **سیر^۷ و گورنیت^۸**، ۱۹۸۳). بررسی الگوی زهکشی و انحراف رودها، اطلاعات مهمی در مورد گسترش و تکامل ساختاری منطقه فراهم می‌آورد (کلر و همکاران، ۱۹۹۸: **واکر^۹**، ۲۰۰۶).

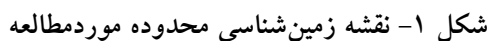
مخاطرات ریخت زمین‌ساختی از مخاطرات محیطی می‌باشند که در سراسر جهان باعث اختلال جدی در فعالیت‌های انسانی می‌شوند. در سال‌های اخیر شناخت مناطق مخاطره‌آمیز و دارای پتانسیل خطر افزایش یافته و راهکارهای ریخت زمین‌ساختی برای حل مسائل محیطی توسعه یافته است (الکانترا-ایالا^{۱۰} و گودی^{۱۱}، ۲۰۱۰). بسیاری از بلایای طبیعی منشأ ریخت زمین‌ساختی دارند و همه کشورها تحت تأثیر این بلایا قرار می‌گیرند (لاتروبس^{۱۲}، ۲۰۱۰).

-
- 1 Morphotectonics
 - 2 Activetectonic
 - 3 Morphometrics
 - 4 Landforms
 - 5 Holberk
 - 6 schumm
 - 7 Seeber
 - 8 Gornitz
 - 9 Walker
 - 10 Alcántara-Ayala
 - 11 Goudie
 - 12 Latrubesse

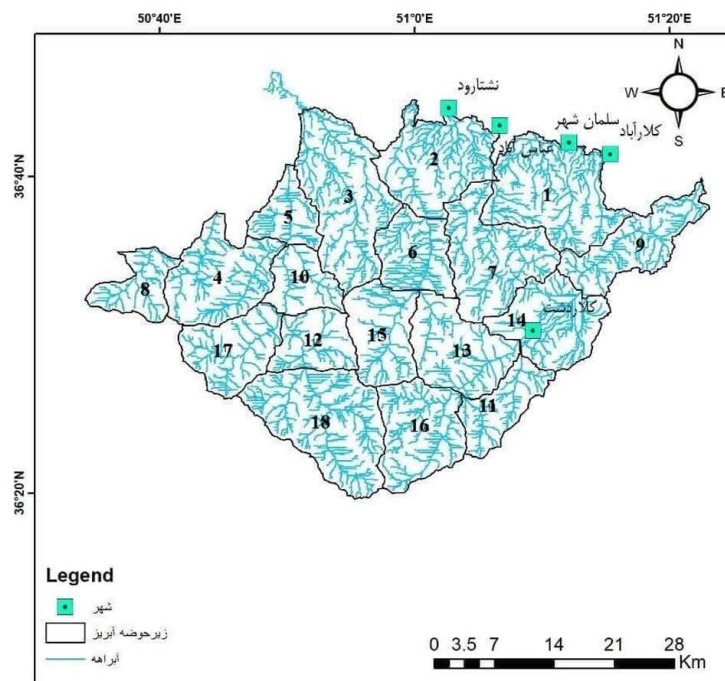
ازجمله تحقیقاتی که در مورد مخاطرات ریخت زمین‌ساختی انجام شده است می‌توان به تحقیقات بول^۱ و مک فادن^۲ (۱۹۷۷)، ال حمدونی^۳ و همکاران (۲۰۰۸)، پرز پنا^۴ (۲۰۰۹)، فیگارو^۵ و نات^۶ (۲۰۱۰)، گیاکونیا^۷ و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرد. همچنین می‌توان به کارهای محمدی و همکاران (۱۳۹۶)، یمانی و همکاران (۱۳۸۹)، خدابخش‌نژاد و همکاران (۱۳۹۵)، آلبیده و همکاران (۱۳۹۰)، بلبایی و همکاران (۱۳۹۶) رابطی و همکاران (۱۳۹۷)، بیاتی خطیبی (۱۳۸۸)، جلالی و همکاران (۱۳۹۵)، جباری و همکاران (۱۳۹۷) و مقصودی و کامرانی (۱۳۸۷) اشاره کرد.

حوضه آبریز کلاردشت و عباس‌آباد بین عرض‌های جغرافیایی $36^{\circ}46'18''$ و $36^{\circ}19'35''$ شمالی و بین طول‌های جغرافیایی $51^{\circ}22'27''$ و $50^{\circ}34'32''$ شرقی و در دامنه شمالی البرز مرکزی قرار گرفته است. گسل‌های اصلی این منطقه شامل گسل شمال البرز، خزر، حسن‌گیل، آذرک و راندگی طالقان هستند (شکل ۱). از آنجاکه تاکنون ارتباط بین زمین‌ساخت فعال و ریخت‌سنجی در حوضه آبریز کلاردشت و عباس‌آباد مورد مطالعه قرار نگرفته است، بنابراین بررسی این شاخص‌ها به منظور شناسایی تأثیر زمین‌ساخت فعال بر تکامل زمین‌ساختی حوضه‌های زهکشی و رودخانه‌های این منطقه ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش وضعیت زمین‌ساخت فعال حوضه آبریز کلاردشت و عباس‌آباد با استفاده از شاخص‌های ناهنجاری سلسله مراتبی (Δa)، گرادیان طولی رود (SL)، شکل حوضه (Ff)، تراکم زهکشی (Dd) و برجستگی نسبی (Bh) مورد ارزیابی قرار گرفته است.

1 Bull
2 McFadden
3 El Hamdouni
4 Perez Pena
5 Figueroa
6 knott
7 Giaconia



ابتدا آبراهه‌ها و حوضه‌های منطقه با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی با دقت ۳۰ متر در محیط نرم‌افزار Arc GIS استخراج شد (شکل ۲). سپس اصلاحات لازم بر آبراهه‌ها و حوضه‌های استخراجی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای انجام شد و در نهایت گستره مورد مطالعه به ۱۸ زیرحوضه تقسیم شد. برای حوضه‌های استخراج شده شاخص‌های ریخت‌سنجی اندازه‌گیری شد و برای هر شاخص نقشه پهنه‌بندی فعالیت زمین‌ساختی در محدوده مورد بررسی تهیه شد و نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.



شکل ۲- نقشه حوضه‌ها و آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه

۲-۱- شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی^۱

این شاخص بر اساس تعداد انشعابات^۲ که از یک آبراهه رده یک به آبراهه رده دو یا چند رده بالاتر از خود می‌ریزد محاسبه می‌شود. پس از بررسی دو یا چند حوضه با توجه به مقادیر به‌دست آمده، تفاوت میزان فعالیت زمین‌ساخت بین حوضه‌های مختلف تعیین می‌شود (هورتون^۲، 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. این شاخص به‌صورت رابطه ذیل (رابطه ۱) محاسبه می‌شود:

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

$$H_{at} = H_A(i > j) * No.(i > j) \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه H_A شاخص سلسله مراتبی، j رده رودخانه بالاتر و i رده رودخانه پایین‌تر است و $No.(i > j)$ تعداد انشعابات^۲ است که از رده بالا به رده پایین می‌ریزد؛ در نهایت ناهنجاری سلسله مراتبی محاسبه می‌شود. بعد از محاسبه H_{at-j} تعداد آبراهه‌ها در هر اتصال (N_{Si-j}) به‌دست می‌آید (جدول ۱). سپس از مجموع حاصل ضرب H_{at-j} و N_{Si-j} تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی آبراهه برای کل حوضه H_{at} به‌دست می‌آید. مجموع مقادیر محاسبه شده برای

1 Hierarchical anomaly index

2 Horton

تمامی رده‌ها بر تعداد کل آبراهه‌های رده ۱ تقسیم می‌شود و به‌عنوان شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی (Δ_a) هر حوضه تعیین می‌شود.

۲-۲- شاخص گرادیان طولی رود^۱

این شاخص به‌منظور ارزیابی زمین‌ساخت فعال نسبی مورد استفاده قرار می‌گیرد (کلر^۲ و پیتر^۳، ۲۰۰۲) و نشان‌دهنده تغییرات توپوگرافیکی در امتداد یک رود است. این شاخص که تأثیر تغییرات محیطی بر روی نیمرخ‌های طولی رودخانه را نشان می‌دهد، از رابطه زیر (رابطه ۲) به‌دست می‌آید:

$$S_L = (\Delta H / \Delta L) L \quad \text{رابطه (۲)}$$

در این رابطه S_L شاخص شیب رودخانه، ΔH اختلاف ارتفاع در یک مقطع خاص از رودخانه، ΔL فاصله افقی همان محل و یا $\Delta H / \Delta L$ شیب بخشی از کانال رودخانه است و L طول رودخانه از نقطه مرکزی همان محل تا سرچشمه رودخانه می‌باشد.

۲-۳- شاخص تراکم زهکشی^۴

تراکم زهکشی یک شاخص ریخت‌سنجی مهم برای حوضه‌هایی است که آبراهه‌های آن، بازتاب‌کننده فرآیندهای حاکم بر حفر چشم‌اندازها است (شوم^۵، ۱۹۹۷). تراکم زهکشی از نسبت مجموع طول تمام آبراهه‌های یک حوضه به مساحت حوضه محاسبه می‌شود (هورتون^۶، ۱۹۴۵) و با توجه به رابطه زیر (رابطه ۳) به‌دست می‌آید:

$$D_d = L_u / A \quad \text{رابطه (۳)}$$

در رابطه بالا L_u 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 پستی‌وبلندی زیاد است.

۲-۴- شاخص ضریب شکل^۷

حوضه‌های آبریز از نظر ظاهری دارای شکل‌های گوناگون می‌باشند. به دلیل این که شکل حوضه تابعی از پستی‌وبلندی و محیط آن می‌باشد گوناگونی زیادی در شکل حوضه‌ها دیده می‌شود و مقایسه آن‌ها را با یکدیگر

1 Longitudinal River Gradient index

2 Keller

3 Pinter

4 Drainage Density index

5 Schumm

6 Horton

7 Form Factor index

مشکل می‌سازد. برای حل این مشکل از روابطی که در آن‌ها مؤلفه‌های ثابتی از حوضه گنجانده شده است استفاده می‌شود (مهدوی و همکاران، ۱۳۹۶). از جمله این مؤلفه‌ها می‌توان به ضریب شکل اشاره کرد. این شاخص با رابطه زیر (رابطه ۴) به دست می‌آید (هورتون، ۱۹۴۵):

$$F_f = A / L^2 \quad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه بالا F_f ضریب شکل، A مساحت حوضه و L^2 مجذور طول حوضه است. طول حوضه از محل خروج آبراهه اصلی تا مرتفع‌ترین نقطه در حوضه محاسبه می‌شود. این شاخص شدت جریان در یک مساحت معین می‌باشد. هر چه مقدار ضریب شکل به عدد ۱ نزدیک‌تر باشد حوضه مذکور به مربع نزدیک‌تر است و هر چه ضریب شکل کوچک‌تر از یک باشد حوزه کشیده‌تر است. حوضه‌های زهکشی در مناطق فعال از نظر زمین‌ساختی، دارای شکل کشیده‌تر می‌باشند (بول^۱ و مک‌فادن^۲، ۱۹۷۷)، حوضه‌هایی با ضریب شکل بزرگ‌تر دارای دبی اوج بالا هستند (سینج^۳، ۲۰۱۴)

۲-۵- شاخص برجستگی نسبی^۴

برجستگی حوضه نقش مهمی در توسعه زهکشی، حرکت آب‌های سطحی و زیرزمینی، تراوایی، توسعه اشکال سطحی زمین و ویژگی‌های فرسایشی عوارض زمینی دارد. مقدار بالای برجستگی نشان‌دهنده 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 (رابطه ۵) محاسبه می‌شود (کلر^۵ و پیتر^۶، ۲۰۰۲):

$$B_{hi} = H_{max} - H_{min} \quad \text{رابطه (۵)}$$

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

۲-۶- شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی^۷

به منظور طبقه‌بندی منطقه بر اساس شاخص زمین‌ساخت نسبی (I_{at}) و بر اساس مقادیر شاخص‌های ریخت‌سنجی، هر یک از ناهنجاری سلسله مراتبی (Δa)، شاخص گرادیان طولی رودخانه (S_L)، شاخص تراکم زهکشی (D_d)، شاخص ضریب شکل (F_f) و شاخص برجستگی نسبی (B_{hi}) به لحاظ فعالیت زمین‌ساختی به پنج دسته رده‌بندی شدند. در نهایت برای هر حوضه میانگین مقادیر رده شاخص‌های ریخت‌سنجی (S/n) اندازه‌گیری شد

1 Bull

2 McFadden

3 Singh

4 Relative Prominence index

5 Keller

6 Pinter

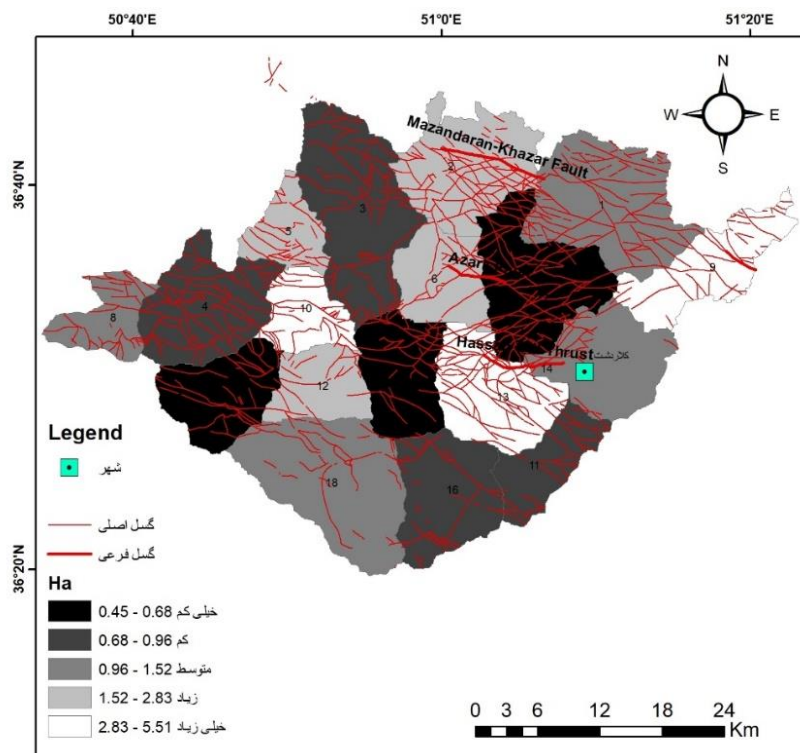
7 Relative Active Tectonic index

و به ۴ رده فعالیت زمین‌ساختی (I_{at}) تقسیم شد. رده ۱ نشان‌دهنده فعالیت زمین‌ساختی بسیار بالا است، رده ۲ فعالیت زمین‌ساختی بالا است، رده ۳ فعالیت زمین‌ساختی متوسط است و رده ۴ فعالیت زمین‌ساخت نسبی کم است (حمدونی^۱ و همکاران، ۲۰۰۷). پس از رده‌بندی گستره مورد مطالعه بر اساس شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی، نقشه پهنه‌بندی سطح فعالیت زمین‌ساختی (I_{at}) در گستره مورد مطالعه ترسیم شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تحلیل شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی

بر اساس محاسبات صورت گرفته در خصوص شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی زیرحوضه‌های ۹، ۱۰ و ۱۳ که منطبق بر گسل‌های حسن‌گیل و شمال البرز هستند با مقادیر ۱/۵، ۱/۸ و ۲/۶ بیش‌ترین میزان این شاخص و زیرحوضه‌های ۷ و ۱۷ با ۰/۴۵ و ۰/۵۶ کم‌ترین میزان این شاخص را دارا می‌باشند (جدول ۱). هرچه میزان زمین‌ساخت فعال در یک منطقه بالاتر باشد آبراهه‌های درجه پایین در هنگام مواجهه با عوامل افزایش دهنده زمین‌ساخت مانند گسل‌های فعال به رودخانه‌هایی با درجاتی حداقل دو برابر بیش‌تر از حد معمول می‌ریزند. شاخص مذکور به لحاظ فعالیت زمین‌ساختی به پنج رده طبقه‌بندی شده است: رده ۱ مقادیر بین ۲/۸۳ تا ۵/۵۱ ($2/83 < H_A < 5/51$) دارای فعالیت زمین‌ساختی بسیار بالا، رده ۲ مقادیر بین ۱/۵۲ تا ۲/۸۳ ($1/52 < H_A < 2/83$) دارای فعالیت زمین‌ساختی بالا و رده ۳ شامل مقادیر بین ۰/۹۶ تا ۱/۵۲ ($0/96 < H_A < 1/52$) دارای فعالیت زمین‌ساختی متوسط و رده ۴ شامل مقادیر بین ۰/۶۸ تا ۰/۹۶ ($0/68 < H_A < 0/96$) دارای فعالیت زمین‌ساختی کم و رده ۵ شامل مقادیر بین ۰/۴۵ تا ۰/۶۸ ($0/45 < H_A < 0/68$) دارای فعالیت زمین‌ساختی بسیار کم می‌باشند (شکل ۳).



شکل ۳- نقشه شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱- اتصالات زهکشی ($i \rightarrow j$)، تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی هر اتصال آبراهه ($Hai \rightarrow j$)، تعداد آبراهه‌ها در هر اتصال ($Nsi \rightarrow j$)، تعداد ناهنجاری سلسله مراتبی آبراهه در کل حوضه (Hat)، شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی (Ha) در حوضه مورد مطالعه

Hat	$3 \rightarrow 4$		$2 \rightarrow 4$		$2 \rightarrow 3$		$1 \rightarrow 4$		$1 \rightarrow 3$		$1 \rightarrow 2$		$i \rightarrow j$
	$N_{si \rightarrow j}^{Ha \rightarrow i}$	$N_{si \rightarrow j}^{Ha \rightarrow i}$	$N_{si \rightarrow j}^{Ha \rightarrow i}$	$N_{si \rightarrow j}^{Ha \rightarrow i}$	$N_{si \rightarrow j}^{Ha \rightarrow i}$	$N_{si \rightarrow j}^{Ha \rightarrow i}$	$N_{si \rightarrow j}^{Ha \rightarrow i}$	$N_{si \rightarrow j}^{Ha \rightarrow i}$	$N_{si \rightarrow j}^{Ha \rightarrow i}$	$N_{si \rightarrow j}^{Ha \rightarrow i}$	$N_{si \rightarrow j}^{Ha \rightarrow i}$	$N_{si \rightarrow j}^{Ha \rightarrow i}$	
61 0/96	0	13	20	10	0	12	26	12	15	15	0	18	حوضه ۱
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
96 1/52	0	16	26	13	0	15	51	17	19	19	0	22	حوضه ۲
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
41 0/71	0	4	14	7	0	8	12	4	12	12	0	18	حوضه ۳

Hat	$۳ \rightarrow ۴$		$۲ \rightarrow ۴$		$۲ \rightarrow ۳$		$۱ \rightarrow ۴$		$۱ \rightarrow ۳$		$۱ \rightarrow ۲$		$i \rightarrow j$
Δ_a													
	$N_{Si \rightarrow j}$	$H_{a \rightarrow j}$	$N_{Si \rightarrow j}$	$H_{a \rightarrow j}$	$N_{Si \rightarrow j}$	$H_{a \rightarrow j}$	$N_{Si \rightarrow j}$	$H_{a \rightarrow j}$	$N_{Si \rightarrow j}$	$H_{a \rightarrow j}$	$N_{Si \rightarrow j}$	$H_{a \rightarrow j}$	حوضه
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
37	0	6	6	3	0	9	18	6	13	13	0	19	حوضه ۴
0/68													
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
93	0	17	22	11	0	14	51	17	20	20	0	21	حوضه ۵
1/96													
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
104	0	15	28	14	0	16	54	18	22	22	0	24	حوضه ۶
2/19													
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
28	0	9	16	8	0	12	6	2	6	6	0	11	حوضه ۷
0/49													
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
83	0	10	28	14	0	11	39	13	16	16	0	19	حوضه ۸
1/51													
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
131	0	23	32	16	0	15	72	24	27	27	0	31	حوضه ۹
2/83													
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
152	0	25	38	19	0	17	84	28	30	30	0	35	حوضه ۱۰
5/51													
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
46	0	2	12	6	0	9	21	7	13	13	0	16	حوضه ۱۱
0/85													
	00		2		0		3		1		0		Hi-j
127	0	12	44	22	0	15	54	18	29	29	0	36	حوضه ۱۲
2/80													
	0		2		0		3		1		0		Hi-j

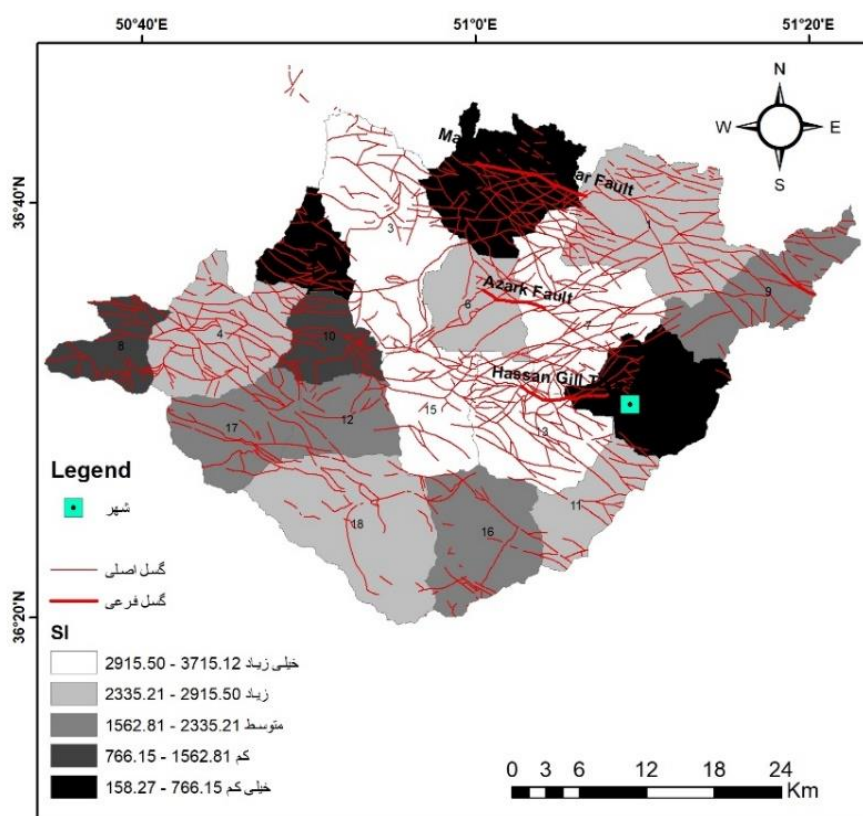
Hat	$۳ \rightarrow ۴$		$۲ \rightarrow ۴$		$۲ \rightarrow ۳$		$۱ \rightarrow ۴$		$۱ \rightarrow ۳$		$۱ \rightarrow ۲$		$i \rightarrow j$
Δ_a	$N_{s \rightarrow j}$	$H_{a \rightarrow j}$	$N_{s \rightarrow j}$	$H_{a \rightarrow j}$	$N_{s \rightarrow j}$	$H_{a \rightarrow j}$	$N_{s \rightarrow j}$	$H_{a \rightarrow j}$	$N_{s \rightarrow j}$	$H_{a \rightarrow j}$	$N_{s \rightarrow j}$	$H_{a \rightarrow j}$	Δ_a
130 2/91	0	۱۹	۳۸	۱۹	0	۱۶	۶۳	۲۱	۲۹	۲۹	0	۳۴	حوضه ۱۳
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
70 1/32	0	13	20	10	0	11	36	12	14	14	0	15	حوضه ۱۴
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
25 0/45	0	9	8	4	0	7	9	3	8	8	0	13	حوضه ۱۵
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
50 0/96	0	5	14	7	0	12	24	8	12	12	0	17	حوضه ۱۶
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
36 0/65	0	5	6	3	0	8	18	6	12	12	0	15	حوضه ۱۷
	0		2		0		3		1		0		Hi-j
64 0/99	0	9	22	11	0	13	30	10	12	12	0	14	حوضه ۱۸
	0		2		0		3		1		0		Hi-j

۳-۲- تحلیل شاخص گرادیان طولی رود

بر اساس این شاخص زیرحوضه‌های ۳، ۷، ۱۳ و ۱۵ با شاخص‌های گرادیان طولی بیش از ۳۰۰۰ و زیرحوضه ۱۴ با میزان شاخص ۱۵۸ به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان این شاخص را دارا می‌باشند. در این زیرحوضه‌ها مناطقی که گسل‌های فعال دارند، آبراهه‌ها افزایش شیب پیدا کرده و گرادیان آن‌ها افزایش می‌یابد.

شاخص مذکور به لحاظ فعالیت زمین‌ساختی به پنج رده طبقه‌بندی شده است: رده ۱ مقادیر بین ۲۹۱۵/۵۰ تا ۳۷۱۵/۱۲ ($۲۹۱۵/۵۰ < S_L < ۳۷۱۵/۱۲$) دارای فعالیت زمین‌ساختی بسیار بالا، رده ۲ مقادیر بین ۲۳۳۵/۲۱ تا ۲۹۱۵/۵۰ ($۲۳۳۵/۲۱ < S_L < ۲۹۱۵/۵۰$) دارای فعالیت زمین‌ساختی بالا و رده ۳ شامل مقادیر بین ۱۵۶۲/۸۱ تا ۲۳۳۵/۲۱

($1562/81 < S_L < 2335/21$) دارای فعالیت زمین‌ساختی متوسط و رده ۴ شامل مقادیر بین ۷۶۶/۱۵ تا ۱۵۶۲/۸۱
 ($1562/81 < S_L < 766/15$) دارای فعالیت زمین‌ساختی کم و رده ۵ شامل مقادیر بین ۱۵۸/۲۷ تا ۷۶۶/۱۵
 $158/27 < S_L < 1562/81$) دارای فعالیت زمین‌ساختی بسیار کم می‌باشند (شکل ۴).

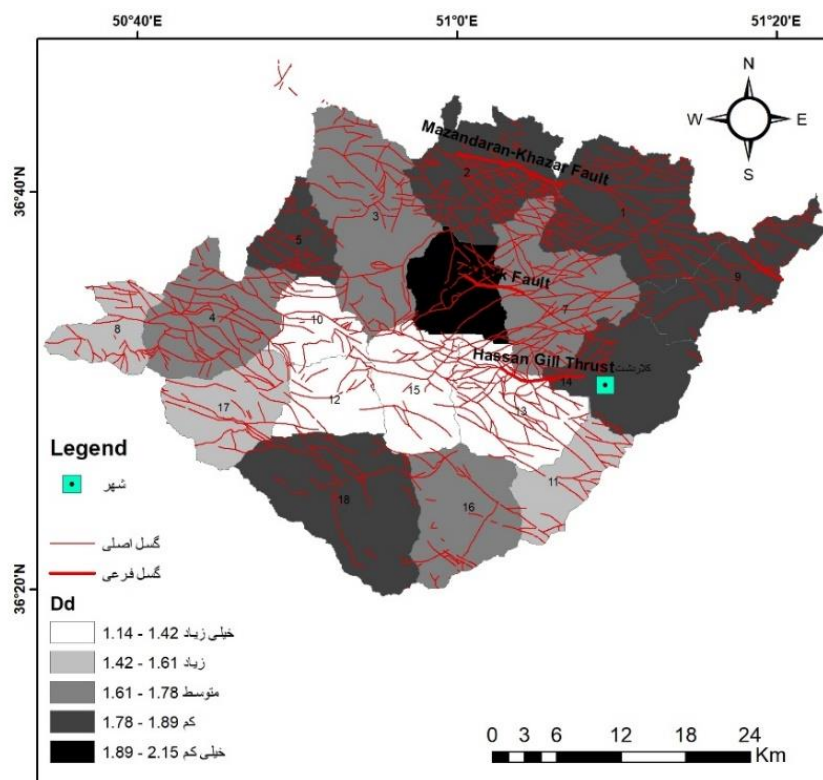


شکل ۴- نقشه شاخص گرادیان طولی رود در منطقه مورد مطالعه

۳-۳- تحلیل شاخص تراکم زهکشی

بر اساس اطلاعات به دست آمده از این شاخص زیرحوضه‌های ۱۰ و ۱۲ بیش‌ترین و زیرحوضه ۱ و ۶ کم‌ترین میزان این شاخص را دارا می‌باشند. هرچه شاخص تراکم زهکشی در یک زیرحوضه بیش‌تر باشد رودخانه‌ها متراکم‌تر و تعداد آن‌ها بیش‌تر است که یکی از دلایل آن می‌تواند سطح بالایی از میزان فعالیت‌های زمین‌ساختی باشد. شاخص مذکور به لحاظ فعالیت زمین‌ساختی به پنج رده طبقه‌بندی شده است: رده ۱ مقادیر بین ۱/۱۴ تا ۱/۴۲
 ($1/14 < D_d < 1/42$) دارای فعالیت زمین‌ساختی بسیار بالا، رده ۲ مقادیر بین ۱/۴۲ تا ۱/۶۱ ($1/42 < D_d < 1/61$) دارای فعالیت زمین‌ساختی بالا و رده ۳ شامل مقادیر بین ۱/۶۱ تا ۱/۷۸ ($1/61 < D_d < 1/78$) دارای فعالیت زمین‌ساختی

متوسط و رده ۴ شامل مقادیر بین $1/61$ تا $1/89$ ($1/61 < D_d < 1/89$) دارای فعالیت زمین‌ساختی کم و رده ۵ شامل مقادیر بین $1/89$ تا $2/15$ ($1/89 < D_d < 2/15$) دارای فعالیت زمین‌ساختی خیلی کم می‌باشند (شکل ۵).



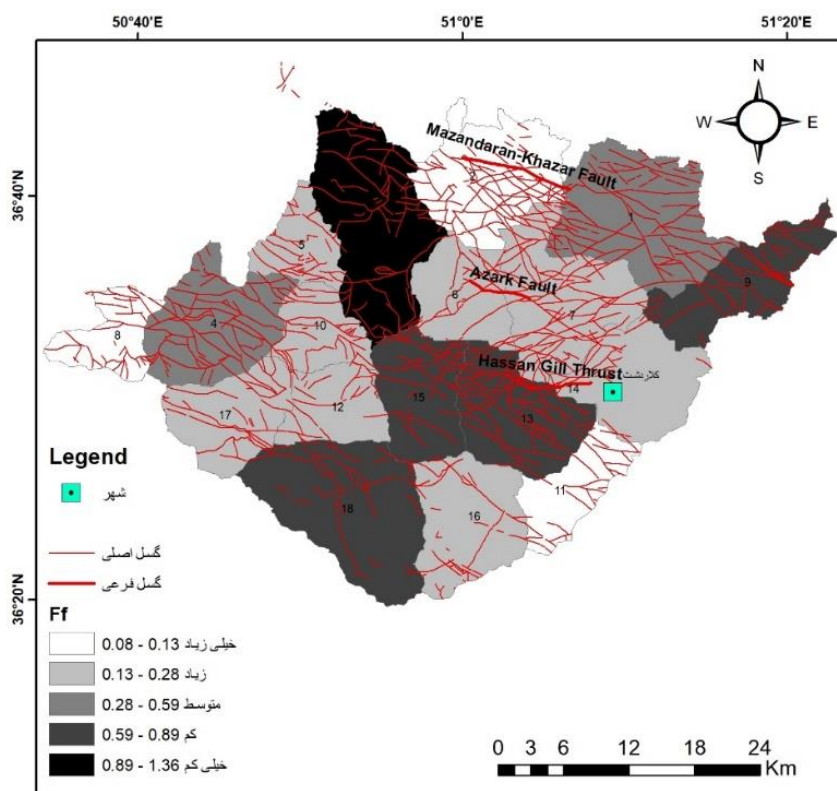
شکل ۵- نقشه شاخص تراکم زهکشی در منطقه مورد مطالعه

۳-۴- تحلیل شاخص ضریب شکل

بر اساس اطلاعات به دست آمده از این شاخص زیرحوضه شماره ۸ با میزان $0/083$ بیش‌ترین و زیرحوضه شماره ۳ با میزان $1/3$ کم‌ترین میزان این شاخص را دارا می‌باشند؛ بنابراین شکل زیرحوضه‌هایی همانند ۸ کشیده‌تر از زیرحوضه‌های دیگر و نسبت طول به عرض این زیرحوضه‌ها بیش‌تر است که این خود می‌تواند یکی از دلایل فعالیت زمین‌ساختی بالا باشد.

شاخص مذکور به لحاظ فعالیت زمین‌ساختی به پنج رده طبقه‌بندی شده است: رده ۱ مقادیر بین $0/08$ تا $0/13$ ($0/08 < F_f < 0/13$) دارای فعالیت زمین‌ساختی بسیار بالا، رده ۲ مقادیر بین $0/13$ تا $0/28$ ($0/13 < F_f < 0/28$) دارای فعالیت زمین‌ساختی بالا و رده ۳ شامل مقادیر بین $0/15$ تا $0/28$ ($0/15 < F_f < 0/28$) دارای فعالیت زمین‌ساختی

متوسط و رده ۴ شامل مقادیر بین ۰/۵۹ تا ۰/۸۹ ($0/59 < F_f < 0/89$) دارای فعالیت زمین‌ساختی کم و رده ۵ شامل مقادیر بین ۰/۸۹ تا ۱/۳۶ ($0/89 < F_f < 1/36$) دارای فعالیت زمین‌ساختی بسیار کم می‌باشند (شکل ۶).



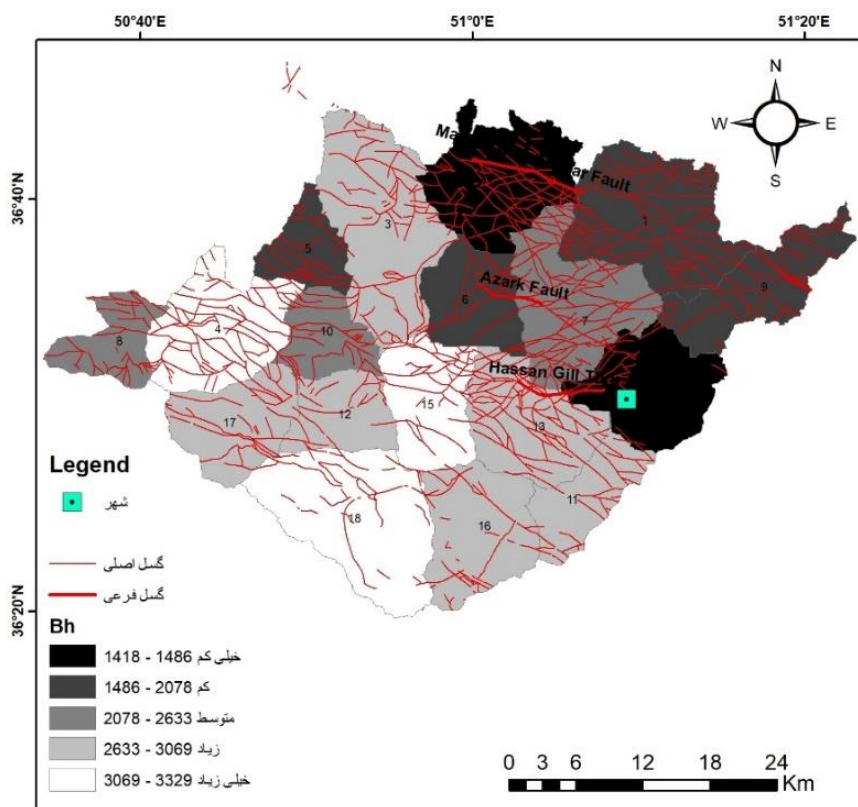
شکل ۶- نقشه شاخص ضریب شکل در منطقه مورد مطالعه

۳-۵- تحلیل برجستگی نسبی

بر اساس اطلاعات حاصل از محاسبات این شاخص زیرحوضه‌های ۲ و ۱۴ کم‌ترین میزان شاخص برجستگی نسبی و زیرحوضه‌های شماره ۴ و ۱۵ بیش‌ترین میزان این شاخص را به خود اختصاص داده‌اند؛ یعنی در زیرحوضه‌های شماره ۴ و ۱۵ ارتفاعات خشن و بلند در کنار ارتفاعات بسیار کم مانند دره‌های تنگ قرار گرفته است، که این امر خود دلیلی بر اثبات وجود زمین‌ساخت فعال در یک منطقه است.

شاخص مذکور به لحاظ فعالیت زمین‌ساختی به پنج رده طبقه‌بندی شده است: رده ۱ مقادیر بین ۳۰۹۶ تا ۳۳۲۹ ($3096 < B_h < 3329$) دارای فعالیت زمین‌ساختی بسیار بالا، رده ۲ مقادیر بین ۲۶۳۳ تا ۳۰۹۶ ($2633 < B_h < 3096$) دارای فعالیت زمین‌ساختی بالا و رده ۳ شامل مقادیر بین ۲۰۷۸ تا ۲۶۳۳ ($2078 < B_h < 2633$) دارای فعالیت

زمین ساختی متوسط و رده ۴ شامل مقادیر بین ۱۴۸۶ تا ۲۰۷۸ ($1486 < B_h < 2078$) دارای فعالیت زمین ساختی کم و رده ۵ شامل مقادیر بین ۱۴۱۸ تا ۱۴۸۶ ($1418 < B_h < 1486$) دارای فعالیت زمین ساختی بسیار کم می باشند (شکل ۷).

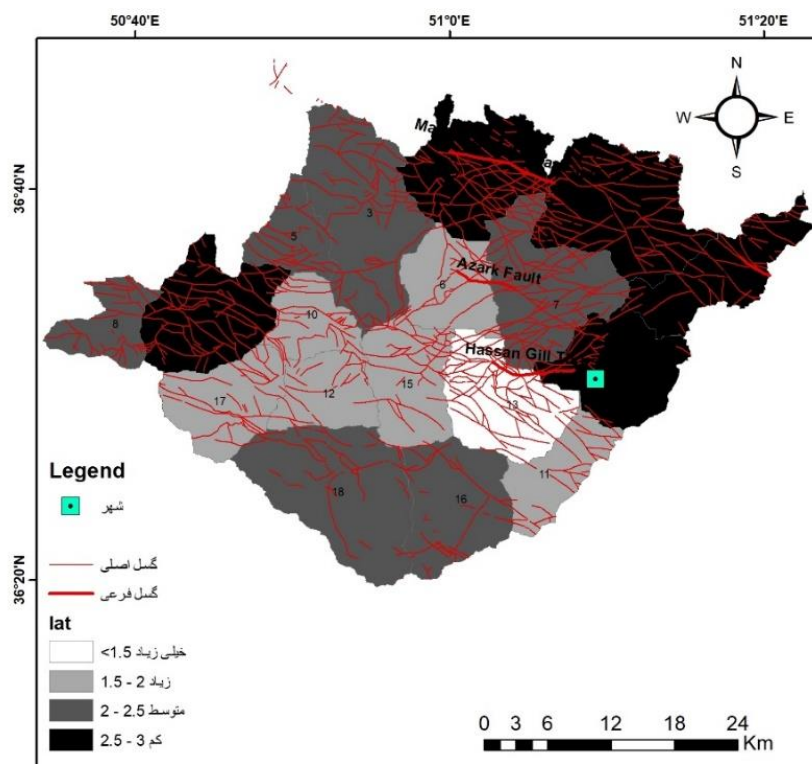


شکل ۷- نقشه شاخص برجستگی نسبی در منطقه مورد مطالعه

۳-۶- تحلیل شاخص زمین ساخت فعال نسبی

بر اساس محاسبات حاصل از این شاخص زیرحوضه های ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۵ که منطبق بر گسل های اصلی منطقه مورد مطالعه می باشند بیشترین میزان این شاخص را به خود اختصاص داده اند (جدول ۲).

بر اساس نتایج حاصل از محاسبه و رده بندی شاخص های ریخت زمین ساختی ناهنجاری سلسله مراتبی، شاخص گرادیان طولی رود، شاخص تراکم زهکشی، شاخص ضریب شکل و برجستگی نسبی، برای ۱۸ زیر حوضه در گستره مورد مطالعه محاسبه و به چهار رده تقسیم شده است: رده ۱ فعالیت زمین ساختی بسیار بالا ($1 < S/n < 1/5$)، رده ۲ فعالیت زمین ساختی بالا ($1/5 < S/n < 2$)، رده ۳ فعالیت زمین ساختی متوسط ($2 < S/n < 5$) و رده ۴ فعالیت زمین ساختی کم ($S/n > 5$). در نهایت نقشه پهنه بندی فعالیت زمین ساختی رسم شد (شکل ۸).



شکل ۸- نقشه شاخص زمین ساخت فعال نسبی (I_{at}) در گستره مورد مطالعه

جدول ۲- مقادیر پنج شاخص اندازه گیری شده در گستره مورد مطالعه.

شماره حوضه	ناهنجاری سلسله مراتبی H_A	گرادیان طولی رود S_L	تراکم زهکشی D_d	ضریب شکل F_f	برجستگی نسبی B_h	زمین ساخت فعال نسبی I_{at}
۱	۱/۳۱	۲۹۱۵/۵۱	۱/۹۰	۰/۴۷	۱۷۶۵	۲/۶۷
۲	۱/۹۱	۷۶۶/۱۵	۱/۸۷	۰/۱۳	۱۴۱۸	۳/۰۰
۳	۰/۹۶	۳۵۶۱/۴۳	۱/۶۱	۱/۳۶	۳۰۶۹	۲/۱۷
۴	۰/۹۴	۲۸۲۹/۲۳	۱/۶۹	۰/۵۹	۳۰۲۹	۲/۶۰
۵	۲/۸۳	۵۲۸/۰۵	۱/۷۸	۰/۲۹	۲۰۷۸	۲/۵۰
۶	۲/۲۹	۲۶۱۵/۴۹	۲/۱۶	۰/۲۱	۲۰۰۳	۲/۰۰
۷	۰/۴۵	۳۷۱۵/۱۲	۱/۷۱	۰/۱۷	۲۵۷۱	۲/۱۷
۸	۱/۵۳	۱۰۷۶/۹۰	۱/۵۹	۰/۰۸	۲۵۹۵	۲/۱۷
۹	۵/۵۲	۲۱۳۹/۹۶	۱/۸۷	۰/۸۹	۱۷۵۸	۲/۶۷
۱۰	۳/۷۱	۱۵۶۲/۸۱	۱/۱۴	۰/۲۲	۲۶۲۳	۱/۸۳
۱۱	۰/۸۹	۲۶۰۱/۹۸	۱/۶۱	۰/۱۳	۲۹۶۱	۱/۸۳
۱۲	۰/۰۶	۲۰۹۶/۵۷	۱/۳۷	۰/۱۷	۲۸۵۲	۱/۸۰

شماره حوضه	ناهنجاری سلسله مراتبی H_A	گرادیان طولی رود S_L	تراکم زهکشی D_d	ضریب شکل F_f	برجستگی نسبی B_h	زمین ساخت فعال نسبی I_{at}
۱۳	۳/۴۸	۳۲۷۲/۰۹	۱/۳۵	۰/۷۰	۲۹۲۷	۱/۵۰
۱۴	۱/۳۰	۱۵۸/۲۷	۱/۸۳	۰/۲۱	۱۴۸۶	۲/۸۳
۱۵	۰/۶۹	۳۲۶۲/۰۴	۱/۳۸	۰/۶۷	۳۳۲۹	۱/۸۳
۱۶	۰/۶۹	۲۳۳۵/۲۱	۱/۷۲	۰/۲۱	۲۸۵۹	۲/۳۳
۱۷	۰/۵۶	۲۳۱۶/۶۳	۱/۴۳	۰/۲۲	۲۸۸۸	۲/۰۰
۱۸	۱/۲۰	۲۵۲۹/۹۸	۱/۸۱	۰/۸۴	۳۱۳۶	۲/۳۳

در این پژوهش به بررسی تأثیر گسل‌ها بر روی رودخانه‌های منطقه مورد مطالعه به منظور ارزیابی فعالیت زمین ساختی کنونی پرداخته شده است. نتایج حاصل از محاسبات شاخص‌های ناهنجاری سلسله مراتبی (Δ_a)، گرادیان طولی رود (S_L)، شکل حوضه (F_f)، تراکم زهکشی (D_d) و برجستگی نسبی (B_h) در ۱۸ حوضه زهکشی محاسبه شده و در نهایت شاخص زمین ساخت فعال نسبی (I_{at}) می‌تواند نشان‌دهنده فعالیت زمین ساختی اخیر در منطقه مورد مطالعه باشد.

بنا به موارد گفته شده گسل‌های شمال البرز، خزر و طالقان جز گسل‌های اصلی منطقه مورد مطالعه می‌باشند. روند کلی گسل شمال البرز به موازات گسل خزر می‌باشد و در ۱۰-۱۲ کیلومتری غرب چالوس به این گسل می‌پیوندد. زمین‌لرزه ۱۱۲۷ میلادی در گستره فریم - چهاردانگه با بزرگای $M_s = 6.8$ حاصل فعالیت گسل شمال البرز بوده است. بررسی داده‌های لرزه‌خیزی گسل خزر نشان می‌دهد که جنبش این گسل سبب رویداد زمین‌لرزه‌های متعددی شده است و گسل خزر، گسلی لرزه‌زا محسوب می‌شود. گسل خزر در حال حاضر به شدت فعال است و بسیاری از زمین‌لرزه‌های گیلان و مازندران در نتیجه فعالیت این گسل اتفاق می‌افتد. زمین‌لرزه ۱۲ نوامبر ۸۷۴ میلادی گرگان با بزرگای $M_s = 6$ و زمین‌لرزه ۱۴۳۶ میلادی گرگان با بزرگای $M_s = 5.3$ و در نتیجه فعالیت این گسل رخ داده است.

گسل طالقان نیز یکی از بزرگ‌ترین عوامل تهدید لرزه‌ای برای شهرهای گستره تهران و کرج است؛ در سال ۱۴۲۸ میلادی زمین‌لرزه ویرانگری در طالقان روی داد. بر اساس مطالعات صورت گرفته گسل آذرک نیز یکی دیگر از گسل‌هایی است که تأثیرات شگرفی بر زمین ساخت منطقه داشته است.

بر اساس محاسبات حاصل از شاخص ناهنجاری سلسله مراتبی، این شاخص در زیرحوضه‌های شماره ۲، ۶، ۹، ۱۰ و ۱۳ که در امتداد گسل‌های خزر، شمال البرز و آذرک می‌باشد مقادیر بسیار بالا و بالا را نمایش می‌دهد. مقادیر حاصل از محاسبات شاخص ضریب شکل حوضه نیز در امتداد گسل‌های مذکور و در زیرحوضه‌های نام‌برده بسیار بالا و بالا است. در زیرحوضه‌های ۱۲، ۱۳ و ۱۵ که در امتداد گسل حسن گیل قرار گرفته‌اند مقادیر به دست آمده از شاخص‌های برجستگی نسبی و تراکم حوضه زهکشی بسیار بالا و بالا می‌باشد. امتداد این گسل‌ها در زیرحوضه‌های

شماره ۱۲، ۱۳ و ۱۵ سبب افزایش میزان شاخص گرادیان طولی رود و در نتیجه نشان‌دهنده میزان بالای ناهنجاری ریخت زمین‌ساختی در منطقه می‌باشد. در نهایت با محاسبات صورت گرفته در رابطه با شاخص زمین‌ساخت فعال نسبی و مقایسه آن با دیگر شاخص‌های محاسبه شده، مشخص شد که زیرحوضه‌های شماره ۱۲، ۱۳ و ۱۵ که تحت تأثیر فعالیت گسل حسن گیل می‌باشند میزان شاخص بسیار بالا و زیرحوضه شماره ۶ که تحت تأثیر فعالیت گسل آذرک است، شاخص بالا را نمایش می‌دهند. گسل‌های فرعی دیگری نیز که در اثر بالا بودن فعالیت زمین‌ساختی در منطقه شکل گرفته‌اند، تأثیر به‌سزایی بر افزایش میزان شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی گذاشته و سبب شده‌اند که در برخی زیرحوضه‌ها میزان شاخص‌های بالا و گاه بسیار بالا پدیدار شود.

۴- نتیجه‌گیری

با توجه به وابستگی عوامل ریخت زمین‌ساختی به زمین‌ساخت فعال در یک ناحیه، در این پژوهش تلاش شده است که تأثیر زمین‌ساخت فعال بر این عوامل در این منطقه مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد. این پژوهش بر اساس مطالعه بر روی آبراهه‌های سطحی منطقه با تکیه بر شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی نشان می‌دهد زمین‌ساخت منطقه در اثر عملکرد گسل‌های فعال از قبیل آذرک، خزر و شمال البرز بالا و بسیار بالا است. در حدود ۶۶/۵ درصد از منطقه که تحت سیطره فعالیت این گسل‌ها می‌باشد و همچنین گسل‌های فرعی دیگری که در اثر حرکات زمین‌ساختی اخیر تشکیل شده‌اند، فعالیت زمین‌ساختی متوسط به بالایی را ارائه می‌دهند. با توجه به نتیجه مطالعه انجام شده پیشنهاد می‌شود نظر به این که منطقه مورد مطالعه دارای شهرها و نواحی گردشگری متعددی است، مقاوم‌سازی بناها و سازه‌های شهری در مناطق فعال زمین‌ساختی در پیش‌بینی خطرات جانی و مالی موجود در اقدامات مربوط به شهرسازی لحاظ شود.

کتابنامه

- آبدیده، محمد؛ قرشی، منوچهر؛ رنگزن، کاظم؛ آرین، مهران؛ ۱۳۹۰. ارزیابی نسبی زمین‌ساخت فعال با استفاده از تحلیل ریخت‌سنجی، بررسی موردی حوضه آبریز رودخانه دز، جنوب باختری ایران. نشریه علوم زمین. دوره ۲۰. شماره ۸۰. صص ۳۳-۴۶. <https://doi.org/10.22071/gsj.2011.55134>
- آفانباتی، علی؛ ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران. تهران: سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور. چاپ اول. <https://www.gisoom.com/book/>
- بابایی، شیماء؛ ده‌بزرگی، مریم؛ حکیمی‌آسیابر، سعید؛ حسینی‌اصل، امین؛ ۱۳۹۷. بررسی زمین‌ساخت فعال با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژی در البرز مرکزی. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. دوره ۶. شماره ۱. صص ۴۰-۵۶. <http://ensani.ir/file/download/article/20180407143406-10010-213.pdf>

بیاتی‌خطیبی، مریم؛ ۱۳۸۸. تشخیص فعالیت‌های نئوتکتونیک در حوضه آبریز قرنقوچای با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و مورفوتکتونیک. *مجله فضای جغرافیایی*. دوره ۹. شماره ۲۵. صص ۲۳-۵۰.

<https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?id=114591>

جباری، ندا؛ حسین‌زاده، محمد مهدی؛ ثروتی، محمدرضا؛ حسین‌زاده، محمد مهدی؛ ۱۳۹۷. مطالعه مورفوتکتونیک فعال حوضه آبخیز حصارک (شمال غرب تهران) با استفاده از شاخص‌های مورفومتریک. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی*

کمی. دوره ۱. شماره ۲. صص ۱۷-۳۴. <http://ensani.ir/fa/article/۳۴۶۳۶۶>

جلالی، سعیده؛ صمدی، میثم؛ صمدی قشلاق‌چائی، محمود؛ کرنازادی، آیدینگ؛ ۱۳۹۵. بررسی شاخص‌های مورفومتری در حوضه آبخیز چهل‌چای استان گلستان با استفاده از GIS. *مجله علمی ترویجی مهندسی نقشه‌برداری و اطلاعات مکانی*. دوره ۷. شماره ۴. صص ۷۴-۶۷. <https://gej.issge.ir/article-۶۷-۷۴-fa.html>

خدابخش‌نژاد، آذر؛ پورکرمانی، محسن؛ آری، مهران؛ متکان، علی‌اکبر؛ چرچی، عباس؛ ۱۳۹۴. زمین‌ساخت فعال حوضه رودخانه کارون بزرگ. *فصلنامه علوم زمین*. دوره ۲۴. شماره ۹۵. صص ۱۳-۲۸.

https://www.gsjournal.ir/issue_4779_4792.html

رابطی، دنیا؛ ده‌بزرگی، مریم؛ حکیمی‌آسیابر، سعید؛ نوزعیم، رضا؛ ۱۳۹۷. بررسی زمین‌ساخت فعال با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژی در حوضه سپیدرود، البرز غربی. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. دوره ۷. شماره ۲.

صص ۱۴۰-۱۵۷. <http://doi.10.22034/GMPJ.2021.131024>

محمدی، سید داود؛ جلالی، سید حسین؛ ساعدی، بهمن؛ ۱۳۹۶. ارزیابی زمین‌ساخت فعال نسبی در حوضه آبخیز آبشینه همدان با استفاده از شاخص‌های زمین‌ریختی و لرزه‌خیزی منطقه. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. دوره ۴. شماره ۴.

صص ۲۰۷-۱۹۰. <http://doi.20.1001.1.22519424.1396.5.4.11.1>

مقصودی، مهران؛ کامرانی دلیر، حمید؛ ۱۳۸۷. ارزیابی نقش تکتونیک فعال تنظیم کانال رودخانه‌ها، مطالعه موردی: رودخانه تجن. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. دوره ۶. شماره ۶۶. صص ۳۷-۵۵.

<https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=91041>

مهدوی، محمد؛ ۱۳۹۶. *هیدرولوژی کاربردی*. تهران: انتشارات دانشگاه تهران، جلد دوم، چاپ پنجم.

<https://www.gisoom.com/book/۱۱۵۰۹۹۷>

یمانی، مجتبی؛ کامرانی‌دلیر، حمید؛ باقری، سجاده؛ ۱۳۸۹. مورفومتری و ارزیابی شاخص‌های ژئومورفیک برای تعیین میزان فعالیت نو زمین‌ساخت در حوضه آبریز چله (زاگرس شمال غربی). *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*. دوره ۹۷.

شماره ۴. صص ۱-۲۶. <https://www.sid.ir/fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=238147>

Alcántara-Ayala, I., Goudie, A.S., 2010. Geomorphological Hazards and Disaster Prevention, Cambridge University Press, 18(7): 356-371. <http://doi.geomorph.org/2015/06/9780521769259>

Bull, W.B., McFadden, L.D., 1977. Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California, In: Doebling, D.O. (Ed.), Geomorphology in Arid Regions, Proceedings of the

- Eighth Annual Geomorphology Symposium, State University of New York, Binghamton, pp. 115- 138. <http://doi.10.4324/9780429299230-5>
- El Hamdouni R., Irigaray C., Fernandez T., Chacón J., Keller, E.A., 2008. Assessment of relative active tectonics, southwest border of Sierra Nevada (southern Spain), *Geomorphology*, 96(2):150-173. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.004>
- Figuerola, A.M., Knot, J.R., 2010. Tectonic geomorphology of the southern Sierra Nevada. Mountains (California): Evidence for uplift and basin formation, *Geomorphology*, 123(21): 34-45. <https://doi.10.1016/j.geomorph.2010.06.009>
- Giaconia, F., Booth-Rea, G., Martínez-Martínez, J.M., Azañón, J.M., PérezPeña, J.V., Pérez-Romero, J., Villegas, I., 2012. Geomorphic evidence of active tectonics in the Serra Alhamila (eastern Betics, SE Spain). *Geomorphology*, 145-146(8): 90-106. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.12.043>
- 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(13): 287- 306. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(99\)00011-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(99)00011-6)
- Horton, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology, *Geological Society of America Bulletin*, 56 (3):275-370. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[275](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[275)
- Keller E.A., 1986. Investigation of active tectonics: use of surficial Earth processes. *Active Tectonics, Studies in Geophysics*, National Academy Press. Washington, DC: 136-147. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.004>
- Keller E.A., Pinter N., 2002. *Active Tectonics, Earthquakes, Uplift and Landscape*. 2nd Edition. Prentice Hall. Upper Saddle River, 362p. [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkposzje](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje)
- Keller, E.A., Zepeda, R.L., Rockwell, T.K., Ku, T.L. Dinklage, W.S., 2006. Active tectonics at Wheeler Ridge, southern San Joaquin Valley, California, *Geological Society of America Bulletin*, 110(16):293-310. [https://doi.10.1130/0016-7606\(1998\)110](https://doi.10.1130/0016-7606(1998)110) <0298:ATAWRS> 2.3.CO;2
- Latrubesse, E.M., 2010. Natural hazards and human-exacerbated disasters in Latin America, special volumes of geomorphology, Elsevier, 13(6):204-234. [https:// www.elsevier.com/books/natural-hazards-and-human-exacerbate](https://www.elsevier.com/books/natural-hazards-and-human-exacerbate)
- Perez Pena, J.V., 2009. *Gis-Based Tools and Methods for Landscape Analysis and Active Tectonics Evaluation*, Master's Thesis, Departamento de Geodinamica, Universidad de Granada, Granada. <https://doi.handle.net/10481/2199>
- Schumm, S.A., 1997. Drainage density: problems of prediction'. In: Stoddart, D.R. (Ed.), *Process and Form in Geomorphology*. Routledge, London, 28(6): 15- 45. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.004>
- Seeber, L., Gornitz, V., 1983. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics. *Tectonophysics*, 92(6): 335- 367. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(83\)90201-9](https://doi.org/10.1016/0040-1951(83)90201-9)
- Singh, P., Gupta, A., Singh, M.I., 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*, 18(3): 1- 11. <https://doi.10.1016/j.ejrs.2014.09.003>
- 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(4):654-666. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2005.12.014>

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

(Research Journal)
VOLUME 12, NO. 48, Winter 2024



CONTENTS

- **Investigating the Impacts of Land Use Changes on Soil Erosion in Givi City using the MABAC Multi-Criteria Decision-Making Model and Landsat Satellite Images (OLI-TM Sensors)** 1
Mousa Abedini, Elnaz Piroozi, Mehdi Faal Naziri
- **Analysis of Factors Affecting the Vulnerability of Arsbaran Protected Area and Development of Management Strategies Using the DPSIR Model** 2
Bitra Baheri, Soolmaz Dashti, Sahar Mokhtari
- **Analysis of the Trust Network among the Forest and Pasture Users of Ghaleh Shahin Watershed in Sarpol Zahab Township (Case Study: Naghareh Koub Village)** 3
Somayeh Shahbazi, Ali Asghar Mirakzadeh, Farhanaz Rostami Ghobadi
- **Analysis of the Level of Awareness and Knowledge of Risk Management among Rural Children from Earthquake Risk (Case Study: Villages of Zirkouh Township Located in South Khorasan Province)** 4
Tahereh Sadeghloo, Hamideh Molaei
- **Investigating the Relationship between Vegetation Indices and the Occurrence of Wildfire in the Vegetation Areas of Iran** 5
Kobra Shojaeizadeh, Mahmoud Ahmadi, Abbas Ali Dadashi-Roudbari
- **Investigating Maximum Discharge of Runoff Values in Shiraz Hydro Geomorphic Basin Using Gamble Distribution Model** 6
Shahram Roostaei, Hassan Eftekhari, Fariba Karami, Saeed Negahban
- **Prioritization and Spatial Analysis of Flood Potential based on FUZZY-AHP Approach (Case Study: Ghamsar Watershed)** 7
Daniyal sayyad, Hoda Ghasemieh, Zahra Naserianasl
- **Investigating the Impact of Wavelet Network on the Efficiency of Artificial Neural Network in Predicting Flood Sediments** 8
Halimeh Yar, Mehdi Hayatzadeh, Ali Fathzadeh, Hamideh Afkhami
- **Investigating the Two-Dimensional HEC-RAS Model Capability for Flood Risk Mapping in the Qarachai River in Ramian, Golestan Province** 9
Mahbube Bai, Nasser Tahmasbipour, Hossein Zeinivand, Amir Sadoddin, Mehdi Kahe
- **Synoptic Analysis of the Impact of Cut-Off Lows in Heavy Rains in Iran** 10
Shahram Lotfi Qaranchai, Tayebah Akbari Azirani, Alireza Shakiba, Fatemeh Rabbani, Ameneh Dasht-Bozorgi
- **Determining the Natural Frequency of Behbahan City Soil Using Microtremor Data Analysis** 11
Sasan Motaghed, Amin Nakhlian, Lotfolla Emadali, Nasrollah Eftekhari, Heshmatalla Mahmoudian
- **Zoning Land Surfaces of Shahroud Basin against the Occurrence of Landslides Using the Shannon Model** 12
Gholam Hassan Jafari, Rouhollah Khodaei
- **Analysis of the Tectonic Status of the Northwestern Zagros Anticlines and its Relationship with Seismic Centers** 13
Hamid Ganjaeian
- **Investigating Active Tectonic Traces and Signs in the Basin of Bidvaz Esfarayen Dam Using Morphotectonic Indicators** 14
Gholam Reza Maghami Moghim, Saeed Al-Reza Eslami, Nahid Ramazani
- **Exploring the Active Tectonics of Kalardasht and Abbasabad Basin based on Morphometric Indices** 15
Mohammad Khalaj, Hasan Alizadeh

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

Editor-in-Chief:

Dr. S. R. Hosseinzadeh
Department of Geography
Ferdowsi University of Mashhad,
Mashhad, Iran

Executive Manager :

Sayyed Mohammad Ali Moosavi

English Language Editor:

Dr. Abdullah Nowruzy

Director:

Dr. S. R. Hosseinzadeh
Department of Geography
Ferdowsi University of Mashhad,
Mashhad, Iran

Managing Editor:

Dr. Neda Mohseni

International Editorial Board:**Professor Victor R. Baker**

Department of Hydrology and Water Resource
University of Arizona, USA

Professor Ziyadin Çakir

Department of Geology
Istanbul Technical University, Turkey

Professor Gao-Lin Wu

Institute of Water and Soil Conservation
Chinese Academy of Sciences

Dr. Masoud Irannezhad

Senior Research Fellow
University of Oulu, Finland

Dr. Golamreza Lashkaripour

Department of Geology Ferdowsi University
of Mashhad, Mashhad, Iran

Dr. Abolfazl Masudian

Department of Physical Geography
University of Isfahan, Isfahan, Iran

Dr. Masoud Minaei

Department of Geography Ferdowsi
University of Mashhad, Mashhad, Iran

Dr. Masoud Mirzaei Shahrabi

Department of Chemistry Ferdowsi University
of Mashhad, Mashhad, Iran

Dr. Hossein Mohammadzadeh

Department of Geology Ferdowsi University of
Mashhad, Mashhad, Iran

Dr. Alireza Rashki

Department of Natural Resources and
Environment Ferdowsi University of
Mashhad, Mashhad, Iran

Dr. Hossein Shafizadeh-Moghadam

Department of Water Engineering and
Management Tarbiat Modares University,
Tehran, Iran

Dr. Shaban Shataee Joybari

Department of Forest Sciences
University of Gorgan, Gorgan, Iran

Dr. Kkalil Valizadeh Kamran

Department of Remote Sensing and GIS
Tabriz University, Tabriz, Iran

Dr. Mojtaba Yamani

Department of Physical Geography
University of Tehran, Tehran, Iran

Dr. Azar Zarrin

Department of Geography Ferdowsi
University of Mashhad, Mashhad, Iran

Iranian Editorial Board:**Dr. Morteza Akbari**

Department of Natural Resources and Environment
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Dr. Hamid Ejtehadi

Department of Biology, Sciences
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Dr. Mohammad Reza Esfehani

Department of Civil Engineering
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Dr. Bakhtiar Feizizadeh

Department of Geography
University of Tabriz, Tabriz, Iran

Dr. Manijeh Ghahroudi Tali

Department of Geography
University of Alkharazmi, Tehran, Iran

Dr. Alireza Karimi

Department of Soil Sciences
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, 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, Mashhad, Iran. Postal Code: 9177948883, Tel: +98(0) 5138805273

Fax: +98(0) 51 38794144 E-mail: geo.eh@um.ac.ir Website : <http://geoe.h.um.ac.ir>

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://geoeh.um.ac.ir>

Journal Email: geo.eh@um.ac.ir

The initial manuscript must be sent in two separate files, **word** and **pdf** form.

Manuscript Style

All submissians must be printed on A4 paper size, be double- line spaced and have a margin of 3.5 cm all round.

Illustrations and tables must be printed on separate sheets and not be incorporated into the text.

Title Page must list full title, short title, names and affiliations of author(s), and full address of each author. The precise mailing address, Telephon, Fax, and Email address of the corresponding author.

Supply an abstract of up to 300 words and a keyword list up to 6 words below the abstract. The abstract should precise the paper, giving a clear indication of Its conclusions. It should contain no citation to other published works.

Reference Style

References should be presented in the text as name of author and year within brackets and listeted at the end of the paper alphabetically. All references in the reference list should appear in the text.

Where reference is made to more than one work by the same author published in the same year, identify each citation in the text as follows: (Baker, 1987 a), (Baker 1987b). Where three or more outhors are listed in the reference list, cite in the text as (Baker et al 1998) References should be listed in the following style:

- **Journals:** Baker, V.R., 1994. Geomorphological understanding of floods. *Geomorphology* 10, 139–156.
- **Books:** Huggett, R., 1989. *Cataclysms and Earth history: the Development of Diluvialism*. Clarendon Press, Oxford, 220 pp.
- **Proceedings:** Baker, V.R., Webb, R.H., House, P.K., 2002. The scientific and societal value of paleoflood Hydrology. In: House, P.K., Webb, R.H., Baker, V.R., Lavish, D.R. (Eds.), *Ancient Floods, Modern Hazards: Principles and Applications of Paleoflood Hydrology*. Water Science and Application, vol. 5. American Geophysical Union, Washington, D.C., pp. 1–19.

Illustrations must relate clearly to the section in which appear and sholud be referred to in the text as **figure 1**, **figure 2**, etc. Illustrations should be supplied as **JPEG** or **TIFF** files, the filename must include the corresponding author, Surname and figure number. This journal is only greyscale so All figures (**Maps, graphs and pictures**) must be comprehensible in black and white, please use patterns to differentiate sections.

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

Contents (Abstracts)

VOLUME 12, NO 48, Winter 2024

Pages

- **Investigating the Impacts of Land Use Changes on Soil Erosion in Givi City using the MABAC Multi-Criteria Decision-Making Model and Landsat Satellite Images (OLI-TM Sensors)** 1
Mousa Abedini, Elnaz Piroozi, Mehdi Faal Naziri
- **Analysis of Factors Affecting the Vulnerability of Arsbaran Protected Area and Development of Management Strategies Using the DPSIR Model** 2
Bitah Baheri, Soolmaz Dashti, Sahar Mokhtari
- **Analysis of the Trust Network among the Forest and Pasture Users of Ghaleh Shahin Watershed in Sarpol Zahab Township (Case Study: Naghareh Koub Village)** 3
Somayeh Shahbazi, Ali Asghar Mirakzadeh, Farhanaz Rostami Ghobadi
- **Analysis of the Level of Awareness and Knowledge of Risk Management among Rural Children from Earthquake Risk (Case Study: Villages of Zirkouh Township Located in South Khorasan Province)** 4
Tahereh Sadeghloo, Hamideh Molaei
- **Investigating the Relationship between Vegetation Indices and the Occurrence of Wildfire in the Vegetation Areas of Iran** 5
Kobra Shojaeizadeh, Mahmoud Ahmadi, Abbas Ali Dadashi-Roudbari
- **Investigating Maximum Discharge of Runoff Values in Shiraz Hydro Geomorphic Basin Using Gamble Distribution Model** 6
Shahram Roostaei, Hassan Eftekhari, Fariba Karami, Saeed Negahban
- **Prioritization and Spatial Analysis of Flood Potential based on FUZZY-AHP Approach (Case Study: Ghamsar Watershed)** 7
Danyal sayyad, Hoda Ghasemieh, Zahra Naserianasl
- **Investigating the Impact of Wavelet Network on the Efficiency of Artificial Neural Network in Predicting Flood Sediments** 8
Halimeh Yar, Mehdi Hayatzadeh, Ali Fathzadeh, Hamideh Afkhami
- **Investigating the Two-Dimensional HEC-RAS Model Capability for Flood Risk Mapping in the Qarachai River in Ramian, Golestan Province** 9
Mahbube Bai, Nasser Tahmasbipour, Hossein Zeinivand, Amir Sadoddin, Mehdi Kahe
- **Synoptic Analysis of the Impact of Cut-Off Lows in Heavy Rains in Iran** 10
Shahram Lotfi Qaranchai, Tayebah Akbari Azirani, Alireza Shakiba, Fatemeh Rabbani, Ameneh Dasht-Bozorgi
- **Determining the Natural Frequency of Behbahan City Soil Using Microtremor Data Analysis** 11
Sasan Motaghed, Amin Nakhlian, Lotfolla Emadali, Nasrollah Eftekhari, Heshmatalla Mahmoudian
- **Zoning Land Surfaces of Shahroud Basin against the Occurrence of Landslides Using the Shannon Model** 12
Gholam Hassan Jafari, Rouhollah Khodaei
- **Analysis of the Tectonic Status of the Northwestern Zagros Anticlines and its Relationship with Seismic Centers** 13
Hamid Ganjaeian
- **Investigating Active Tectonic Traces and Signs in the Basin of Bidvaz Esfarayen Dam Using Morphotectonic Indicators** 14
Gholam Reza Maghami Moghim, Saeed Al-Reza Eslami, Nahid Ramazani
- **Exploring the Active Tectonics of Kalardasht and Abbasabad Basin based on Morphometric Indices** 15
Mohammad Khalaj, Hasan Alizadeh



JOURNAL OF GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS



Research Journal

Volume. 12, No. 48, Winter 2024

- **Investigating the Impacts of Land Use Changes on Soil Erosion in Givi City using the MABAC Multi-Criteria Decision-Making Model and Landsat Satellite Images (OLI-TM Sensors)**
Mousa Abedini, Elnaz Piroozi, Mehdi Faal Naziri
- **Analysis of Factors Affecting the Vulnerability of Arsbaran Protected Area and Development of Management Strategies Using the DPSIR Model**
Bitah Baheri, Soolmaz Dashti, Sahar Mokhtari
- **Analysis of the Trust Network among the Forest and Pasture Users of Ghaleh Shahin Watershed in Sarpol Zahab Township (Case Study: Naghareh Koub Village)**
Somayeh Shahbazi, Ali Asghar Mirakzadeh, Farhanaz Rostami Ghobadi
- **Analysis of the Level of Awareness and Knowledge of Risk Management among Rural Children from Earthquake Risk (Case Study: Villages of Zirkouh Township Located in South Khorasan Province)**
Tahereh Sadeghloo, Hamideh Molaei
- **Investigating the Relationship between Vegetation Indices and the Occurrence of Wildfire in the Vegetation Areas of Iran**
Kobra Shojaeizadeh, Mahmoud Ahmadi, Abbas Ali Dadashi-Roudbari
- **Investigating Maximum Discharge of Runoff Values in Shiraz Hydro Geomorphic Basin Using Gamble Distribution Model**
Shahram Roostaei, Hassan Eftekhari, Fariba Karami, Saeed Negahban
- **Prioritization and Spatial Analysis of Flood Potential based on FUZZY-AHP Approach (Case Study: Ghamsar Watershed)**
Danyal sayyad, Hoda Ghasemieh, Zahra Naserianasl
- **Investigating the Impact of Wavelet Network on the Efficiency of Artificial Neural Network in Predicting Flood Sediments**
Halimeh Yar, Mehdi Hayatzadeh, Ali Fathzadeh, Hamideh Afkhami
- **Investigating the Two-Dimensional HEC-RAS Model Capability for Flood Risk Mapping in the Qarachai River in Ramian, Golestan Province**
Mahbube Bai, Nasser Tahmasbipour, Hossein Zeinivand, Amir Sadoddin, Mehdi Kahe
- **Synoptic Analysis of the Impact of Cut-Off Lows in Heavy Rains in Iran**
Shahram Lotfi Qaranchai, Tayebah Akbari Azirani, Alireza Shakiba, Fatemeh Rabbani, Ameneh Dasht-Bozorgi
- **Determining the Natural Frequency of Behbahan City Soil Using Microtremor Data Analysis**
Sasan Motaghd, Amin Nakhlian, Lotfolla Emadali, Nasrollah Eftekhari, Heshmatalla Mahmoudian
- **Zoning Land Surfaces of Shahroud Basin against the Occurrence of Landslides Using the Shannon Model**
Gholam Hassan Jafari, Rouhollah Khodaei
- **Analysis of the Tectonic Status of the Northwestern Zagros Anticlines and its Relationship with Seismic Centers**
Hamid Ganjaeian
- **Investigating Active Tectonic Traces and Signs in the Basin of Bidvaz Esfarayen Dam Using Morphotectonic Indicators**
Gholam Reza Maghami Moghim, Saeed Al-Reza Eslami, Nahid Ramazani
- **Exploring the Active Tectonics of Kalardasht and Abbasabad Basin based on Morphometric Indices**
Mohammad Khalaj, Hasan Alizadeh



دانشگاه هرمزگان



دانشگاه علوم کشاورزی و علوم طبیعی کرمان



دانشگاه سیستان و بلوچستان



دانشگاه خوارزمی تهران



دانشگاه تبریز



دانشگاه اسنمان

ISSN:2322-1682

Published by

Ferdowsi University of Mashhad