

- تحلیل پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز قره‌سو در استان کرمانشاه
غلامرضا محمدی، رضا برنا، فریده اسدیان
- استخراج و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با به کارگیری الگوریتم SVM با کرنل چندجمله‌ای و روش حداکثر ...
محمدحسین رضایی مقدم، داود مختاری، نسرین سمندر
- پهنه‌بندی و تحلیل ژئومورفولوژیکی سیلاب رودخانه دینور (استان کرمانشاه) با استفاده از مدل هیدرولیکی ...
رؤیا پناهی، محمد مهدی حسین زاده
- تحلیل ارتباط بین سنجه‌های سیمای سرزمین و فرسایش خاک حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی، استان اردبیل
اردوان قربانی، زینب حزب‌اوی، رئوف مصطفی‌زاده، نازیلا علانی
- بررسی نقش فرایندهای ژئومورفیک در مورفولوژی نپگاه‌های مناطق نیمه‌خشک
ابوالفضل ربانی، ندا محسنی، سیدرضا حسین زاده
- بررسی دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشش‌سپهر نوع اصلی در نیمکره شمالی
محمد مرادی
- آشکارسازی روند بلندمدت بارش سالانه ایران‌زمین در ارتباط با تغییر فراوانی فرین‌های بارش روزانه
حسین عساکره، سیدابوالفضل مسعودیان، فاطمه ترکاری
- ارزیابی ناهمگونی مکانی در کیفیت بوم‌شناختی با استفاده از فن‌آوری سنجش‌ازدور ...
سعیده رنجبر، حمیدرضا کامیاب
- واکاوی همدیدی بارش سنگین مورخ ۲۸ اسفند ۱۳۹۷ شهر مینودشت
مهدی فروتن، برومند صلاحی
- آینده‌پژوهی تاب‌آوری سکونتگاه‌های شهری در برابر مخاطرات محیطی با تأکید بر پاندمی کرونا ...
حمیده غلامی، علی پناهی، حسن احمدزاده
- سنجش تاب‌آوری شهری در برابر خطر زمین‌لرزه (مورد مطالعه: کلان‌شهر تبریز)
فروغ نامجو، رسول صمد زاده، محمدتقی معصومی
- شناسایی مخاطرات آلاینده‌های مکان دفن پسماند مبتنی بر مدل RASCL (مطالعه موردی: شهر تنکابن)
المیرا عبداللهی، مهدی محمد علیخانی



فصلنامه

جغرافیا و مخاطرات محیطی

(نشریه علمی)

سال نهم، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

شاپا: ۱۶۸۲-۲۳۲۲

- تحلیل پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز قره‌سو در استان کرمانشاه
غلامرضا محمدی، رضا برنا، فریده اسدیان
- استخراج و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با به‌کارگیری الگوریتم SVM با کرنل چندجمله‌ای و روش حداکثر ...
محمدحسین رضایی مقدم، داود مختاری، نسرين سمندر
- پهنه‌بندی و تحلیل ژئومورفولوژیکی سیلاب رودخانه دینور (استان کرمانشاه) با استفاده از مدل هیدرولیکی ...
رؤیا پناهی، محمدمهدی حسین زاده
- تحلیل ارتباط بین سنجه‌های سیمای سرزمین و فرسایش خاک حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی، استان اردبیل
اردوان قربانی، زینب حزباوی، رئوف مصطفی‌زاده، نازیلا علایی
- بررسی نقش فرایندهای ژئومورفیک در مورفولوژی نبرگاه‌های مناطق نیمه‌خشک
ابوالفضل ربانی، ندا محسنی، سیدرضا حسین زاده
- بررسی دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشش‌سپهر نوع اصلی در نیمکره شمالی
محمد مرادی
- آشکارسازی روند بلندمدت بارش سالانه ایران زمین در ارتباط با تغییر فراوانی فرین‌های بارش روزانه
حسین عساکره، سیدابوالفضل مسعودیان، فاطمه ترکاری
- ارزیابی ناهمگونی مکانی در کیفیت بوم‌شناختی با استفاده از فن آوری سنجش‌ازدور ...
سعیده رنجبر، حمیدرضا کامیاب
- واکاوی همبستگی بارش سنگین مورخ ۲۸ اسفند ۱۳۹۷ شهر مینودشت
مهدی فروتن، برومند صلاحی
- آینده‌پژوهی تاب‌آوری سکونتگاه‌های شهری در برابر مخاطرات محیطی با تأکید بر پاندمی کرونا ...
حمیده غلامی، علی پناهی، حسن احمدزاده
- سنجش تاب‌آوری شهری در برابر خطر زمین‌لرزه (مورد مطالعه: کلان‌شهر تبریز)
فروغ نامجو، رسول صمد زاده، محمدتقی معصومی
- شناسایی مخاطرات آلاینده‌های مکان دفن پسماند مبتنی بر مدل RASCL (مطالعه موردی: شهر تنکابن)
المیرا عبداللهی، مهدی محمد علیخانی



دانشکده ادبیات و علوم انسانی

فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی

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

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

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 است

مدیر داخلی: دکتر ندا محسنی کارشناس اجرایی: سید محمد علی موسوی ویراستاری انگلیسی: دکتر ندا محسنی
ویراستاری ادبی: دکتر جواد میزبان حروف نگاری و صفحه آرایی: الهه تجویدی طراحی جلد: امیراسفندیار عامل محرایی

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 ۹۱۷۹۴۸۸۱۳

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

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)

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

فصلنامه جغرافیا و مخاطرات محیطی

(نشریه علمی)

سال نهم، شماره سی و هشتم، زمستان ۱۳۹۹

شاپا: ۱۶۸۲-۲۳۲۲

راهنمای تدوین و نحوه ارسال مقاله برای چاپ در فصلنامه علمی - پژوهشی

جغرافیا و مخاطرات محیطی

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

۲- مقاله باید حاصل کار پژوهشی نویسنده (یا نویسندگان) باشد، قبلاً در نشریه دیگری اعم از داخلی و خارجی و یا مجموعه مقالات 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 ضمائم 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 (۱۲ B Lotus) و در ادامه منابع انگلیسی (Times New Roman) 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. پاکزاد آزادخانی (استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری دانشگاه باختر ایلام)
۲. مرضیه اسمعیل پور (استادیار جغرافیای طبیعی - اقلیم شناسی دانشگاه مراغه)
۳. مریم ایلانلو (استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ماهشهر)
۴. ام البنین بذرافشان (دانشیار علوم و مهندسی آبخیزداری دانشگاه هرمزگان)
۵. شهرام بهرامی (استادیار ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری)
۶. مریم بیاتی خطیبی (استاد ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز)
۷. مجید جاوری (دانشیار اقلیم شناسی دانشگاه پیام نور)
۸. تورج جمشیدی خزلی (دانشجوی دکتری مخاطرات ژئومورفیک پژوهشگاه هواشناسی و علوم جو)
۹. مهدی جهانی (استادیار دانشگاه آزاد اسلامی مشهد)
۱۰. حسن حاجی حسینلو (استادیار تکنیک و زمین شناسی ساختمانی دانشگاه آزاد اسلامی خوی)
۱۱. صابر حیدری (دکتری خاک شناسی و عضو سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی استان کرمان)
۱۲. منصور خیری زاده (دانش اموزته دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز)
۱۳. حمید رحیمی (دانشجوی دکتری مخاطرات آب و هوایی، دانشگاه رازی، کرمانشاه)
۱۴. عباس رنجبر سعادت آبادی (دانشیار پژوهشکده هواشناسی و علوم جو)
۱۵. محمد رحیم رهنما (استاد گروه جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد)
۱۶. بتول زینالی (دانشیار جغرافیای طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی)
۱۷. حمید شایان (استاد گروه جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد)
۱۸. شعبان شتایی جویباری (استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان)
۲۰. ابراهیم فتاحی (دانشیار پژوهشکده هواشناسی و علوم جو تهران)
۲۱. علی فتح زاده (دانشیار مهندسی طبیعت دانشگاه اردکان)
۲۲. رئوف مصطفی زاده (دانشیار مرتع، آبخیزداری دانشگاه محقق اردبیلی)
۲۲. مهدی نادی (استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری)
۲۳. میثم ودیعتی (مدیر گروه پژوهشی آبهای زیرزمینی دانشگاه خوارزمی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
۱	● تحلیل پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز قره‌سو در استان کرمانشاه غلامرضا محمدی، رضا برنا، فریده اسدیان
۲۵	● استخراج و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با به‌کارگیری الگوریتم SVM با کرنل چندجمله‌ای و روش حداکثر ... محمدحسین رضایی مقدم، داود مختاری، نسرین سمندر
۴۵	● پهنه‌بندی و تحلیل ژئومورفولوژیکی سیلاب رودخانه دینور (استان کرمانشاه) با استفاده از مدل هیدرولیکی ... رؤیا پناهی، محمد مهدی حسین زاده
۶۵	● تحلیل ارتباط بین سنجه‌های سیمای سرزمین و فرسایش خاک حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی، استان اردبیل اردوان قربانی، زینب حزب‌آوی، رئوف مصطفی‌زاده، نازیلا علایی
۹۱	● بررسی نقش فرایندهای ژئومورفیک در مورفولوژی نبراهای مناطق نیمه‌خشک ابوالفضل ربانی، ندا محسنی، سیدرضا حسین زاده
۱۰۵	● بررسی دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشش‌سپهر نوع اصلی در نیمکره شمالی محمد مرادی
۱۲۱	● آشکارسازی روند بلندمدت بارش سالانه ایران زمین در ارتباط با تغییر فراوانی فرین‌های بارش روزانه حسین عساکره، سیدابوالفضل مسعودیان، فاطمه ترکرانی
۱۴۳	● ارزیابی ناهمگونی مکانی در کیفیت بوم‌شناختی با استفاده از فن‌آوری سنجش‌ازدور ... سعیده رنجبر، حمیدرضا کامیاب
۱۶۱	● واکاوی همدیدی بارش سنگین مورخ ۲۸ اسفند ۱۳۹۷ شهر مینودشت مهدی فروتن، برومند صلاحی
۱۷۹	● آینده‌پژوهی تاب‌آوری سکونتگاه‌های شهری در برابر مخاطرات محیطی با تأکید بر پاندمی کرونا ... حمیده غلامی، علی پناهی، حسن احمدزاده
۲۰۱	● سنجش تاب‌آوری شهری در برابر خطر زمین‌لرزه (مورد مطالعه: کلان‌شهر تبریز) فروغ نامجو، رسول صمد زاده، محمدتقی معصومی
۲۲۱	● شناسایی مخاطرات آلاینده‌های مکان دفن پسماند مبتنی بر مدل RASCL (مطالعه موردی: شهر تنکابن) المیرا عبداللهی، مهدی محمد علیخانی



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 کتبا به اطلاع طرف مقابل برساند. در صورت توافق طرفین به فسخ توافقنامه، نتیجه توسط دبیرانجمن یا مدیر مسئول به دبیرخانه کمیسیون نشریات علمی کشور اعلام شود. موسسه متقاضی حداکثر به مدت شش ماه از تاریخ فسخ توافقنامه فرصت دارد تا با تکمیل مدارک و ارسال سه شماره آخر از نشریه به دبیرخانه کمیسیون نشریات علمی کشور، تقاضای اعتبار مستقل نماید تا مراحل ارزیابی نشریه صورت گیرد.

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

دکتر احمدرضا بهرامی

معاون پژوهشی و فن‌آوری دانشگاه فردوسی مشهد

[Signature]



معاونت پژوهش و فن‌آوری

دکتر مجتبی یمانی

رییس هیأت مدیره انجمن ایرانی ژئومورفولوژی





Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

صص ۲۳-۱

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.66986.0>

مقاله پژوهشی

تحلیل پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز قره‌سو در استان کرمانشاه

غلامرضا محمدی - دانشجوی دکتری تخصصی آب و هواشناسی، گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

رضا برنا^۱ - دانشیار گروه جغرافیا، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

فریده اسدیان - استادیار گروه جغرافیا، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۵ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۹/۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۰/۱۵

چکیده

سیلاب یکی از بزرگ‌ترین مشکلات جهانی است به‌طوری‌که با افزایش شدت و فراوانی سیل، نگرانی‌های جهانی در خصوص افزایش مرگ‌ومیر و ضررهای اقتصادی ناشی از سیل افزایش یافته است. در این تحقیق با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های ایستگاه سینوپتیک، تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و روش تلفیق لایه‌ها (WLC) پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز قره‌سو مدل‌سازی شده است. نقشه نهایی خطر سیل خیزی بر پایه ترکیبی از عوامل و عناصر اقلیمی و فیزیکی یعنی ۱۰ عامل پوشش گیاهی، ارتفاع، مسیل سیلابی، زمین‌شناسی، کاربری اراضی، بارش، فاصله از رودخانه، شیب، خاک و تراکم زهکشی تهیه شد. وزن هر یک از معیارها با روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و جهت مدل‌سازی فضایی و تلفیق لایه‌ها برای تهیه نقشه پتانسیل سیل خیزی از روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) استفاده گردید. نتایج حاصل از پهنه‌بندی ریسک سیل خیزی نشان داد که طبقه ۴ به‌عنوان رده‌ای با خطر زیاد با ۲۱/۷ درصد و طبقه ۵ نیز با پتانسیل سیل خیزی خیلی زیاد با ۸/۴ درصد، بیشتر در مناطق کوهستانی شمال و مرکز منطقه واقع هستند که در مجموع حدود ۳۱ درصد از محدوده حوضه آبریز را پهنه‌های سیل‌خیز خطرپذیر زیاد تا خیلی زیاد در بر گرفته است و به دلیل اینکه بیشترین نقش را در تولید رواناب دارند، باید از نظر مدیریت آبخیزداری موردتوجه ویژه باشند. طبقات یک تا سه با پتانسیل سیل خیزی کم تا متوسط با قرارگیری در مناطق کم ارتفاع، دامنه و دشت‌های مرکز، جنوب و غرب حوضه قرار گرفته‌اند و بیش از ۶۹ درصد از منطقه را در بر گرفته‌اند.

کلیدواژه‌ها: سیل خیزی، سامانه اطلاعات جغرافیایی، تحلیل سلسله مراتبی، قره‌سو

۱- مقدمه

سیلاب مهم‌ترین مخاطرات در سطح جهان است که سبب خسارات زیادی به بخش کشاورزی، شیلات، مسکن و زیرساخت‌ها می‌گردد و به شدت روی فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی تأثیر می‌گذارد (چانگ^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). به‌طوری‌که سیلاب حدود ۴۰ درصد از آمار مرگ‌ومیرهای ناشی از بلایای طبیعی را در بر می‌گیرد و فقط در آخرین دهه قرن بیستم، مرگ حدود ۱۰۰ هزار نفر را رقم زد و زندگی حدود ۱,۴ میلیارد نفر را تحت تأثیر قرار داد (ازمونه و امربی^۲، ۲۰۱۲). با افزایش شدت و فراوانی رخداد‌های سیل، نگرانی‌های جهانی در خصوص افزایش مرگ‌ومیر و ضررهای اقتصادی ناشی از آن افزایش یافته است (سرحدی^۳ و همکاران، ۲۰۱۲). موکاند^۴ و همکاران (۲۰۱۱) در ویتنام با استفاده از روش AHP و کمی‌سازی میزان تأثیر عوامل مؤثر در سیل‌خیزی، به شناسایی عوامل مؤثر در خطر سیلاب پرداختند. سائینی و کائوشیک^۵ (۲۰۱۲) در هند با استفاده از تکنیک GIS و روش مجموع رتبه‌ها ابتدا با در نظر گرفتن وزنی برای عوامل هیدرولوژی، شیب، نوع خاک، تراکم زهکشی و پوشش زمین نقشه خطر سیل را در سه کلاس تهیه کردند. کین^۶ و همکاران (۲۰۱۱) در بزرگراه‌های منطقه فیولینگ چین با توجه به معیارهای زمین-شناسی، شدت بارش، فراوانی سیلاب، ژئومورفولوژی و پوشش گیاهی، به پهنه‌بندی خطر سیلاب با استفاده از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی پرداختند. میر^۷ و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی با استفاده از رویکرد چندمعیاره به تهیه نقشه ریسک سیل‌خیزی برای رودخانه مولد در آلمان اقدام کردند. در این مطالعه از دو قانون تصمیم‌گیری چندمعیاره مختلف و یک رویکرد اضافه وزن‌دار، برای ارزیابی خطر سیل در منطقه استفاده شده است. چیروبی^۸ و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی خطر جاری شدن سیلاب‌های شهری و تعیین عوامل مؤثر در کاهش خطر سیل در بوردو فرانسه پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که رفتار انسان با محیط یکی از عوامل در ایجاد یا کنترل سیلاب می‌تواند باشد. همچنین عوامل محیطی و انسداد در شبکه‌های فاضلاب‌های شهری از عوامل تأثیرگذار هستند. پورتیکویس مولا^۹ و همکاران (۲۰۱۶) بر اساس یک مدل مبتنی بر GIS به تجزیه و تحلیل واکنش هیدروژئومورفیک سیلاب ناگهانی ۱۹۵۷ شهر والنسیای اسپانیا پرداختند. بر اساس یافته‌های دارند و پژوه^{۱۰} (۲۰۱۹) سامانه‌های کم‌فشار عربستان و مدیترانه در

1 Chang

2 Ezemonye and Emeribe

3 Sarhadi

4 Mukand

5 Saini and Kaushik

6 Qin

7 Meyer

8 Cherqui

9 Portugués-Mollá

10 Darnd and Pazhoh

سطح زمین بیشترین نقش را در وقوع بارش‌های فراگیر، شدید و بادوام ایران دارند و نیمه غربی و جنوب غربی ایران منطبق بر رشته‌کوه‌های زاگرس بیشینه تمرکز این گونه بارش‌ها را به خود اختصاص داده‌اند.

تفقیان و قرمرز چشمه (۱۳۸۷) با بررسی سیل خیزی زیرحوضه‌های رود زرد در جنوب غرب ایران، عنوان کرده‌اند که عواملی چون نوع خاک، پوشش گیاهی، فاصله از خروجی و برخی پارامترهای فیزیکی از عوامل تأثیرگذار روی سیل خیزی زیر حوضه‌هاست. نجفی و نصری (۱۳۸۸) در حوضه اصفهان و سیرجان به این نتیجه رسیده‌اند که به ترتیب عوامل زمان تمرکز، شیب سطح حوضه و تراکم زهکشی آبراهه‌های درجه ۱ بیش‌ترین تأثیر را در ایجاد یا تشدید دبی‌های سیلابی دارند. امیدوار و کیانفر (۱۳۸۹) در حوضه آبخیز کنجانچم در استان ایلام با استفاده از نرم‌افزار ARCGIS و در نظر گرفتن ۲۸ پارامتر ژئومتری، فیزیوگرافی، نفوذپذیری و اقلیمی نقشه سیل خیزی را تهیه کردند. علایی طالقانی و همایونی (۱۳۹۰) با در نظر گرفتن ۱۴ عامل مؤثر در تولید رواناب و همپوشانی لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS حوضه دینور در شمال شرق استان کرمانشاه را به ۵ پهنه تولید سیلاب بالا، نسبتاً بالا، متوسط، نسبتاً کم و کم طبقه‌بندی کردند. ملکیان و همکاران (۱۳۹۱)، با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی به پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز اخترآباد اقدام کردند. آن‌ها نخست عوامل مؤثر در پهنه‌بندی پتانسیل سیل خیزی را شناسایی و وزن هرکدام از معیارها را با استفاده از نظر کارشناسان، از طریق فرآیند سلسله مراتبی فازی محاسبه کردند. سپس برای طبقه‌بندی پتانسیل سیل خیزی منطقه، نقشه نهایی به دست آمده از منطقه را در هفت کلاس طبقه‌بندی کردند که مناطق پرخطر در کلاس اول، و مناطق کم‌خطر را در کلاس هفتم تشکیل می‌دادند. نسرين‌نژاد و همکاران (۱۳۹۳) پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز باغان در جنوب استان فارس را با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) موردبررسی قرار دادند. در نتایج خود دریافتند که ۲۲ درصد از محدوده حوضه آبریز باغان در کلاس ۱ و ۲ یعنی پتانسیل سیل خیزی بسیار زیاد در مناطق کوهستانی قرار گرفته‌اند. مناطق با پتانسیل کم سیل خیزی با ۷۸ درصد در دامنه‌ها و دشت‌ها قرار گرفته‌اند. عابدینی و فتحی (۱۳۹۵) در پهنه‌بندی خطر وقوع سیل در حوضه آبریز کرگانرود به این نتیجه رسیدند که بیش از ۵۵ درصد از سطح حوضه را طبقه خطر زیاد و نسبتاً زیاد در بر می‌گیرد و به دلیل برخورداری از متوسط بارندگی سالانه ۱۰۵۸ میلی‌متر، شیب زیاد، سازندهای نفوذناپذیر و داشتن شکلی دیواره‌وار از قابلیت سیل خیزی نسبتاً زیادی برخوردار است. نظافتی نمین و خوش ولد (۱۳۹۵) در مطالعه‌ای به بررسی ویژگی‌های سیلاب‌های شهری بالخلوچای اردبیل با دوره‌های بازگشت مختلف پرداختند. نتایج نشان داد که سیلاب‌های حتی با دوره برگشت ۱۰ ساله می‌تواند در بخش‌های زیادی از اردبیل، باعث بروز خسارت شود. همچنین با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان مدیریت سیلاب را در نقاط پرخطر این مسیل اعمال نمود.

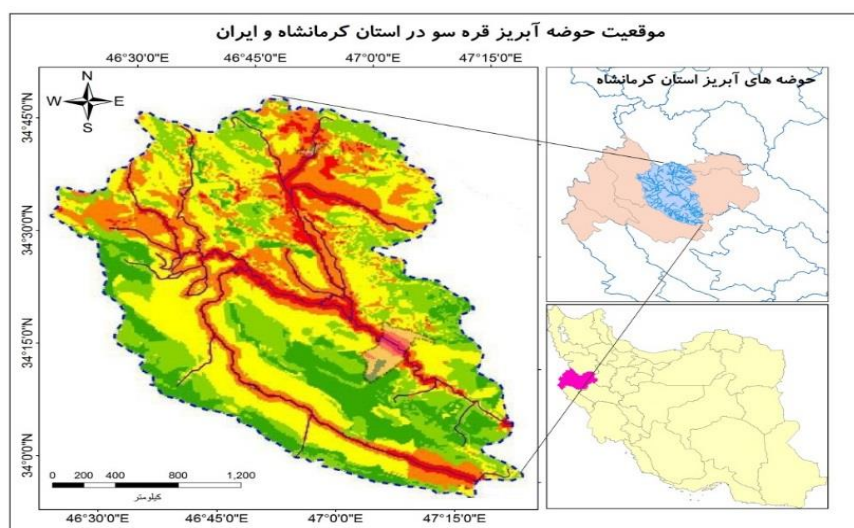
همان‌طور که در بخش قبلی آمده است، مطالعات بسیاری در زمینه ارزیابی پتانسیل سیل خیزی انجام شده است. در این مطالعات دو رویکرد غالب مشاهده می‌شود. یک، رویکرد آماری که با استفاده از پارامترهای تخصصی مربوط

به ویژگی‌های حوضه آبریز و داده‌های هواشناسی انجام می‌گیرد و رویکرد دوم در بستر سیستم اطلاعات جغرافیایی و با استفاده از داده‌ها و اطلاعات مکانی انجام می‌شود و نتیجه آن به صورت پهنه‌بندی است. در این مطالعه با توجه به سیلاب‌های سال‌های گذشته در استان کرمانشاه و خسارت‌های فراوان، تلاش بر این است تا بر اساس رویکرد دوم و معیارهای مکانی و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره، پتانسیل سیل‌خیزی در حوضه آبریز قره‌سو استان کرمانشاه مورد ارزیابی قرار بگیرد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز قره‌سو با مختصات جغرافیایی ۳۴ درجه و صفر دقیقه و ۳۰ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۵۴ ثانیه عرض شمالی و ۴۶ درجه ۲۲ دقیقه تا ۴۷ درجه ۲۲ دقیقه طول شرقی در استان کرمانشاه و در غرب ایران، واقع شده است. این حوضه با ایستگاه هیدرومتری قورباغستان در خروجی آن، از زیرحوضه‌های مهم حوضه آبخیز کرخه است و در شمال غربی آن قرار دارد. مساحت آن ۵۲۷۸ کیلومترمربع و حداکثر و حداقل ارتفاع آن به ترتیب ۳۳۶۰ و ۱۲۷۰ متر است. متوسط بارندگی سالیانه این حوضه بسیار متغیر و بین ۳۰۰ تا ۸۰۰ میلی‌متر است. سه رودخانه اصلی مرک، قره‌سو و رازآور در این حوضه جریان دارند. شکل ۱ موقعیت حوضه آبخیز قره‌سو در ایران و استان کرمانشاه و شبکه آبراهه‌ها را نشان می‌دهد. در سال‌های گذشته سیل‌های زیادی در این حوضه اتفاق افتاده است که موجب خسارات فراوانی شده است. از جمله در سال ۱۳۹۸ که میلیاردها تومان خسارات به زمین‌های کشاورزی، زیرساخت‌ها و آثار تاریخی و باستانی وارد کرد.

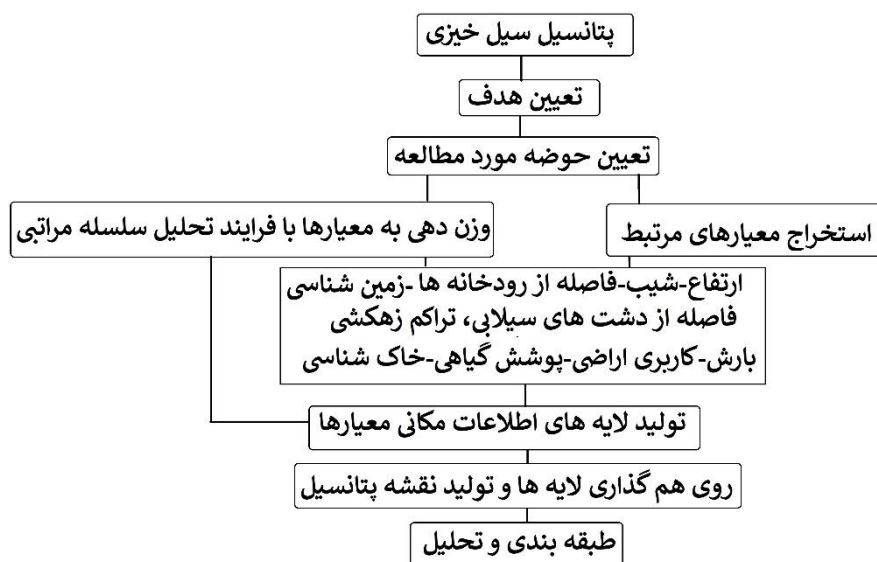


شکل ۱- منطقه مورد مطالعه

۲-۲- روش

۲-۲-۱- تعیین پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز قره‌سو

در شکل زیر چهارچوب روش پژوهش نشان داده شده است.



شکل ۲- فلوچارت فرایند تحقیق

همان‌طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، در این تحقیق به منظور ارزیابی پتانسیل سیل خیزی ابتدا معیارهای مربوطه بر اساس مطالعات پیشین انتخاب شده و سپس بر اساس نظریات کارشناسی و با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP)، وزن‌دهی و در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه پهنه‌بندی سیل خیزی تولید شد. برای این منظور ۱۰ معیار شیب، ارتفاع، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، بارش، رودخانه، مسیل‌های سیلابی، تراکم شبکه، کاربری اراضی و پوشش گیاهی که عوامل مؤثر در تولید سیل به شمار می‌روند، در نظر گرفته شد (جدول ۱). جهت مدل‌سازی فضایی و تلفیق لایه‌ها برای تهیه نقشه پتانسیل سیل خیزی از روش ترکیب خطی وزن‌دار (WLC) استفاده شده است.

جدول ۱- متغیرهای مورد استفاده جهت تعیین پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز قره‌سو در استان کرمانشاه

ردیف	معیار	منبع داده	مقیاس	مطالعات مرجع
۱	ارتفاع	سازمان زمین‌شناسی آمریکا	۹۰ متر	نسرين نژاد و همکاران، ۱۳۹۳
۲	شیب	تولید شده از لایه ارتفاع	۹۰ متر	کرم و بدخشان، ۱۳۹۱
۳	زمین‌شناسی	سازمان زمین‌شناسی کشور	۱/۲۵۰۰۰۰	کرم و بدخشان، ۱۳۹۱

ردیف	معیار	منبع داده	مقیاس	مطالعات مرجع
۴	خاک شناسی	موسسه تحقیقات خاک و آب	۱/۲۵۰۰۰۰	کرم و بدخشان، ۱۳۹۱
۵	بارش	سازمان هواشناسی کشور	۹۰ متر	کرم و بدخشان، ۱۳۹۱
۶	رودخانه	اداره منابع آب کشور	۱/۲۵۰۰۰۰	نسرین نژاد و همکاران، ۱۳۹۳
۷	مسیل های سیلابی	اداره منابع آب کشور	۱/۲۵۰۰۰۰	نسرین نژاد و همکاران، ۱۳۹۳
۸	تراکم شبکه زهکش	استخراج از لایه رودخانه ها	۱/۲۵۰۰۰۰	کرم و بدخشان، ۱۳۹۱
۹	کاربری اراضی	سازمان نقشه برداری کشور	۱/۲۵۰۰۰۰	نسرین نژاد و همکاران، ۱۳۹۳
۱۰	پوشش گیاهی	سازمان جنگل ها و مراتع	۱/۲۵۰۰۰۰	کرم و بدخشان، ۱۳۹۱

۲-۲-۲- فرایند سلسله مراتبی AHP

AHP را می توان به عنوان روشی برای وزن دهی یا رتبه بندی معیارها در فرایند تصمیم گیری شناخت. اگرچه در سه دهه گذشته اغلب از GIS به عنوان سیستم پشتیبان تصمیم گیری نام برده می شود، اما همیشه بر سر این موضوع که آیا این سیستم از قابلیت های سیستم پشتیبان تصمیم گیری مناسب بهره کافی می برد، بحث است. از آنجایی که GIS های فعلی دارای نسخه های قوی سیستم های پشتیبان تصمیم گیری نیستند، لذا باید اصولی را به کار گیرند تا بتوانند این ابزار را برای تصمیم گیری و قضاوت آماده نمایند. از دیگر محدودیت های این سیستم ها تلفیق و یکپارچه سازی سیستم های اطلاعات جغرافیایی با ارجحیت ها، در تصمیم گیری ها است. (احمدی زاده، بنای رضوی ۱۳۹۱) برای ارزیابی پتانسیل سیل خیزی در این تحقیق از فرایند سلسله مراتبی استفاده شده است. بر این اساس مراحل زیر به منظور توسعه پروسه تصمیم گیری فوق طی می گردد.

- شناسایی و تشکیل معیارها با استفاده از GIS
- ایجاد ساختار سلسله مراتبی
- تعیین ارزش گزینه ها به ازای معیارها و ایجاد ماتریس تصمیم
- بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم
- وزن دهی معیارها و نرمالیزه نمودن اوزان آن ها
- اعمال تابع تجمعی AHP و تصمیم گیری نهایی (میرزا پور و همکاران، ۱۳۹۲)

۲-۲-۳- روش ترکیب خطی وزنی (WLC)

رایج ترین تکنیک در تحلیل ارزیابی چندمعیاره است. اساس این روش بر مبنای میانگین وزنی است و تصمیم گیرنده مستقیماً بر مبنای اهمیت نسبی معیارها، وزن هایی به آن ها می دهد. سپس با ضرب وزن نسبی در مقدار آن معیار، یک وزن نهایی برای هر گزینه به دست می آید. پس از به دست آمدن وزن نهایی گزینه ها، گزینه ای که

بیشترین مقدار را داشته باشد، مناسب‌ترین گزینه برای هدف موردنظر خواهد بود. تکنیک WLC یکی از روش‌های ارزیابی چند معیاره MCE است که مطابق معادله (۱) محاسبه می‌گردد:

$$S = \sum w_i x_i \quad (1)$$

که در آن S معرف x_i تناسب سرزمین، w_i وزن فاکتور λ_m و x_i معرف محدودیت λ_m است. در این پژوهش تکنیک WLC در محیط Arc GIS و با استفاده از تابع Raster Calculator انجام شده است.

۳- نتایج

در این بخش نتایج تحقیق به ترتیب ارائه می‌شوند. در ابتدا لایه‌های مورد استفاده و اوزان آن‌ها که بر اساس AHP به دست آمده است در جدول ۲ نشان داده شده است. جدول (۲) وزن معیارهای مورد استفاده در تعیین پتانسیل سیل خیزی، درصد مساحت و امتیاز هر طبقه را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج حاصل از روش AHP، متغیرهای شیب، فاصله از رودخانه و پوشش گیاهی به‌طور برابر با ۰,۱۳، بیشترین وزن را به خود اختصاص داده‌اند. متغیر زمین‌شناسی نیز کمترین وزن را در میان متغیرهای مورد بررسی داشته است.

جدول ۲- وزن معیارهای مورد استفاده در تعیین پتانسیل سیل خیزی

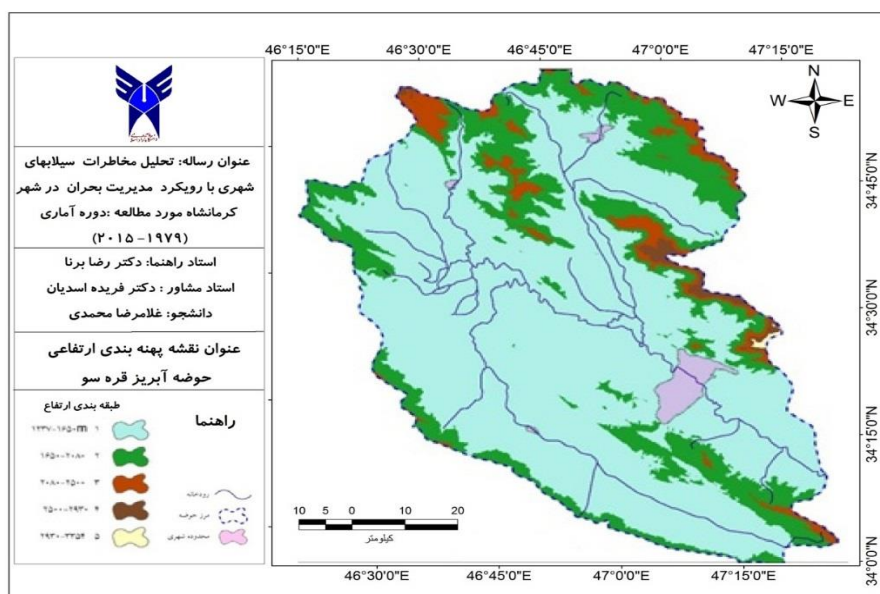
ردیف	وزن معیار	معیار	طبقه	امتیاز*
۱	۰,۱۳	پوشش گیاهی	کمتر از ۲۵ درصد	۴
			۲۵ تا ۵۰ درصد	۳
			بیشتر از ۵۰ درصد	۱
			پوشش جنگلی	۲
			کشاورزی	۵
۲	۰,۰۸	خاک‌شناسی	Rock Outcrops/Entisols	۴
			Rock Outcrops/Inceptisols	۳
			Inceptisols	۱
			Inceptisols/Vertisols	۲
۳	۰,۰۵	زمین‌شناسی	II-III	۱
			IV	۲
			V	۳
			VI	۴
			VII	۵
۴	۰,۱۳	شیب	۱۲-۰	۱
			۲۴-۱۲	۲
			۳۶-۲۴	۳

ردیف	وزن معیار	معیار	طبقه	امتیاز*
			۴۸-۳۶	۴
			۶۶-۴۸	۵
۵	۰,۱۲	ارتفاع	۱۶۵۰	۱
			۲۰۸۰	۲
			۲۵۰۰	۳
			۲۹۳۰	۴
			۳۳۵۴	۵
۶	۰,۱۳	فاصله از رودخانه	۱۰۰	۵
			۳۰۰	۴
			۱۰۰۰	۳
			۱۰۰۰۰	۲
			۱۷۸۰۰	۱
۷	۰,۱۲	فاصله از مسیرهای سیلابی	۵۰۰	۵
			۱۰۰۰	۴
			۵۰۰۰	۳
			۱۰۰۰۰	۲
			۲۴۴۰۰	۱
۸	۰,۰۹	بارش	۴۲۴	۱
			۴۶۸	۲
			۵۱۱	۳
			۵۵۵	۴
			۵۹۹	۵
۹	۰,۰۷	تراکم شبکه	۰,۰۱	۱
			۰,۱	۲
			۰,۱۵	۳
			۰,۲	۴
			۰,۳	۵
۱۰	۰,۰۸	کاربری اراضی	جنگل و باغ	۱
			کشاورزی-مراعات خوب	۲
			کاربری ترکیبی	۳
			شهر-مراعات فقیر-سنگلاخی	۴
			بایر-مسیل-تالاب	۵

*امتیاز ۱ مربوط به کمترین پتانسیل سیل خیزی و ۵ بیشترین پتانسیل سیل خیزی است.

ارتفاع

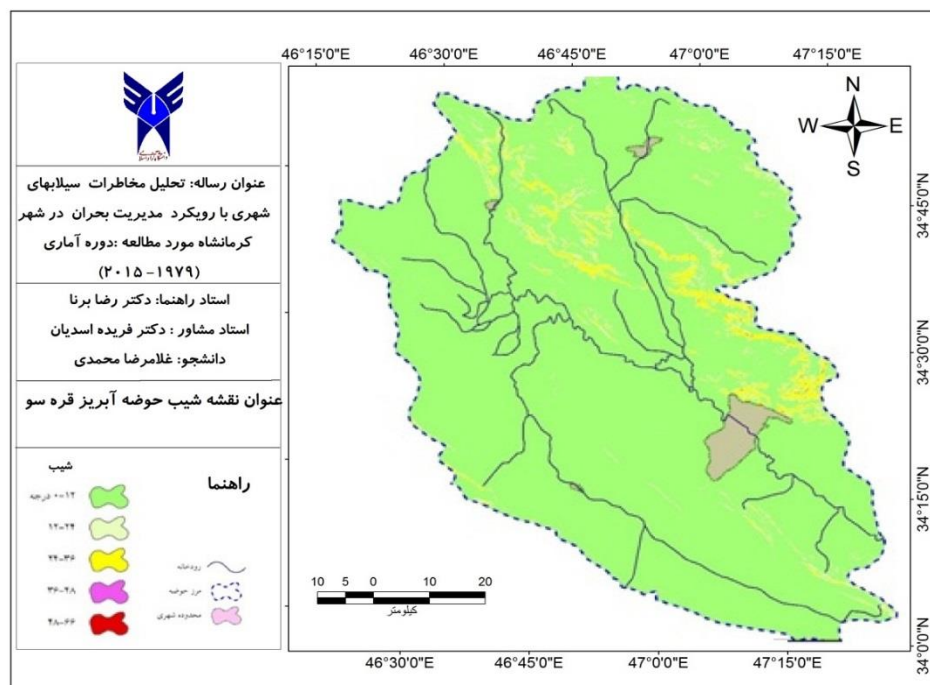
مدل رقومی ارتفاعی یک منبع مهم برای به دست آوردن عوامل توپوگرافیکی مؤثر در فعالیت سیل‌ها در منطقه است. با افزایش ارتفاع مقدار بارندگی نیز افزایش می‌یابد و با افزایش بارندگی در منطقه رواناب حاصل از آن نیز شدت می‌گیرد. طبق شکل ۳ نقشه مدل ارتفاعی، محدوده بیشترین ارتفاع مربوط به نواحی حاشیه حوضه به‌ویژه نیمه شمالی آن می‌باشد، و کمترین ارتفاع مربوط به مناطق مرکزی است.



شکل ۳- نقشه ارتفاع منطقه

شیب

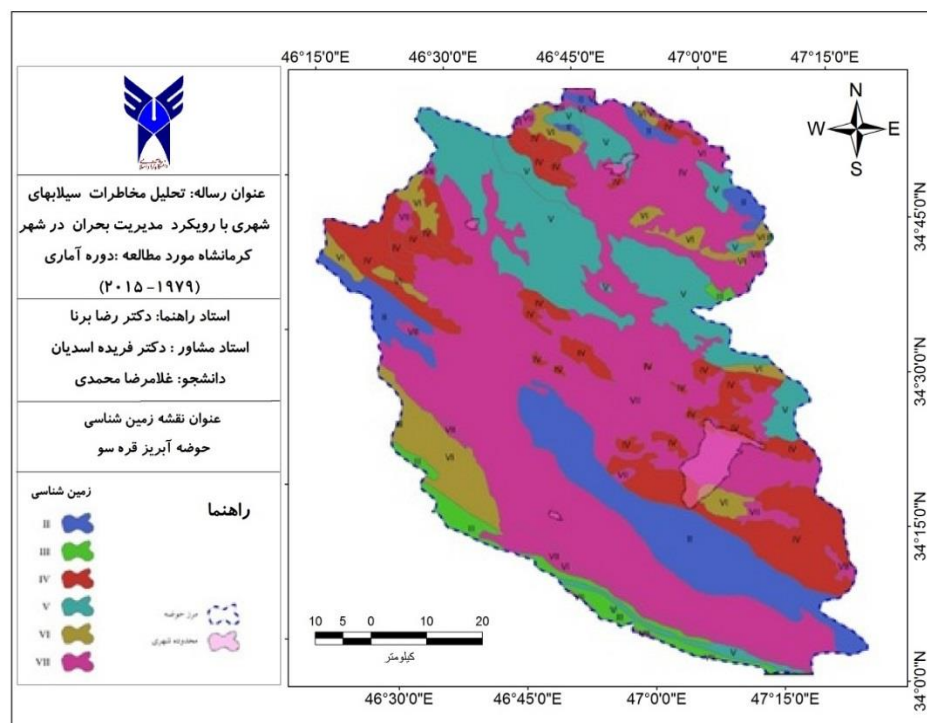
شکل ۴ نقشه شیب حوضه آبریز را نشان می‌دهد. بر اساس شکل بیشتر بخش حوضه را طبقه شیب کمتر از ۱۲ درصد در بر گرفته است؛ اما مناطق شمالی و شرقی حوضه تا شمال شهر کرمانشاه را شیب بیش از ۲۴ تا ۶۶ درصد پوشانده است و بعد از شهر کرمانشاه تا انتهای حوضه شیب کاهش مشخصی نشان می‌دهد. این وضعیت موجب انتقال حجم زیادی از رواناب به‌ویژه در زمان رخداد بارش‌های سنگین از ناحیه بالادستی حوضه به سمت مناطق پرجمعیت شهر کرمانشاه و ایستایی و کاهش سرعت آن موجب تخریب زمین‌های کشاورزی و مناطق مسکونی حاشیه رودها می‌گردد.



شکل ۴- نقشه شیب منطقه

زمین‌شناسی

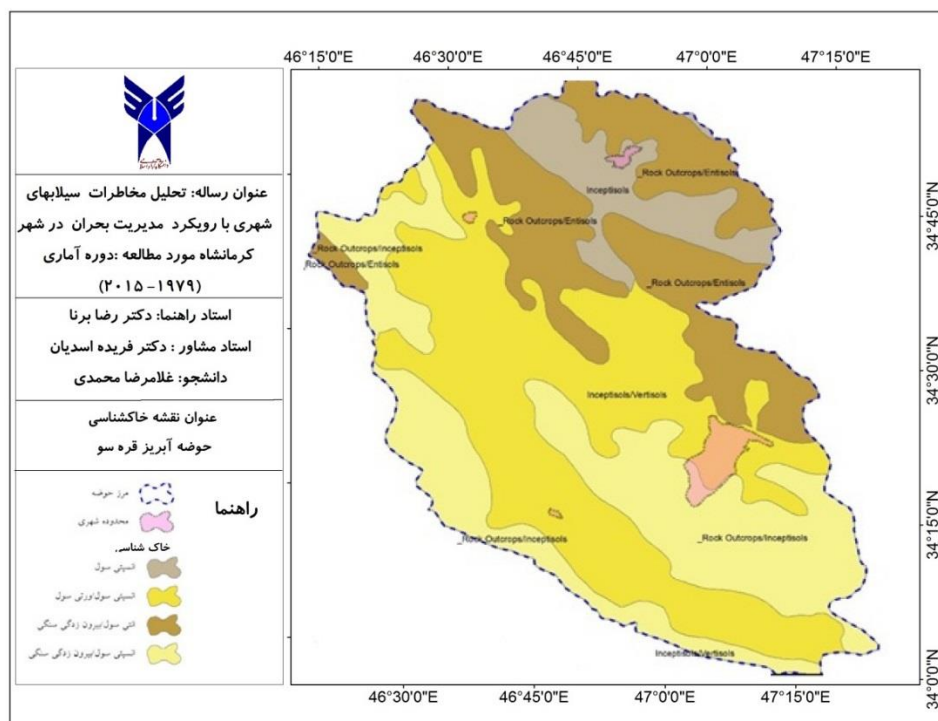
حوضه آبریز مورد مطالعه از نظر سازندهای زمین‌شناسی، از سازندهای مختلفی تشکیل شده است (شکل ۵). کهن‌ترین واحد رخنمون یافته در منطقه را سنگ‌های کرتاسه پائینی تشکیل داده است، بخش پائین این واحد، شامل دولومیت و سنگ آهک‌های دولومیتی برشی شده تیره همراه با آمونیت‌های کوچک و دوکفه‌ای‌های فراوان است. در لایه‌ی زمین‌شناسی مورد استفاده میزان حساسیت سازندها مورد استفاده قرار گرفته است که نشان دهنده میزان مقاومت در برابر فرسایش و سیل می‌باشد.



شکل ۵- نقشه زمین شناسی منطقه

خاک شناسی

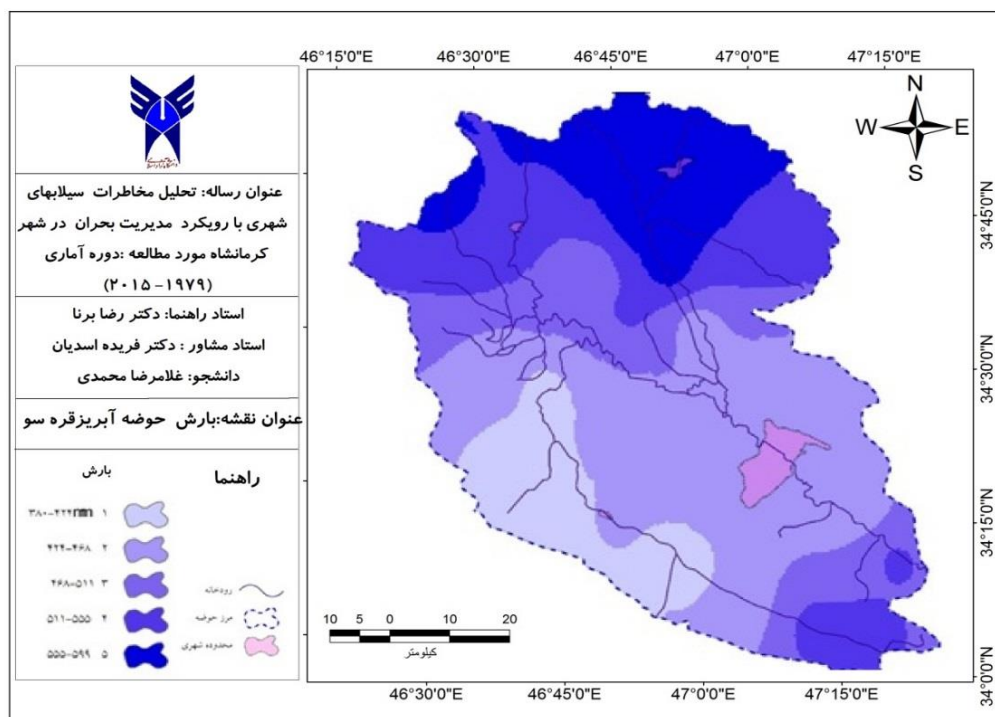
هر چقدر خاک سطحی تر و نفوذپذیری آن ضعیف تر باشد، رواناب سطحی و به تبع آن خطر وقوع سیل افزایش می‌یابد. از آنجایی که بخش اعظم حوضه پوشیده از خاک‌های کم‌عمق، رسی بافت‌ریز با بیرون زدگی سنگی می‌باشد (شکل ۶)، یکی از متغیرهای مؤثر در سیل‌خیزی حوضه مورد مطالعه وضعیت بافت خاک‌های آن است. خاک‌های سطحی و کم‌عمق حوضه همچنین در شیب‌های تند قرار گرفته‌اند و به دلیل نفوذپذیری اندک در زمان بارش‌های سنگین فرسایش‌پذیر بوده و باعث افزایش شدت رواناب می‌شوند.



شکل ۶- نقشه خاک شناسی منطقه

بارش

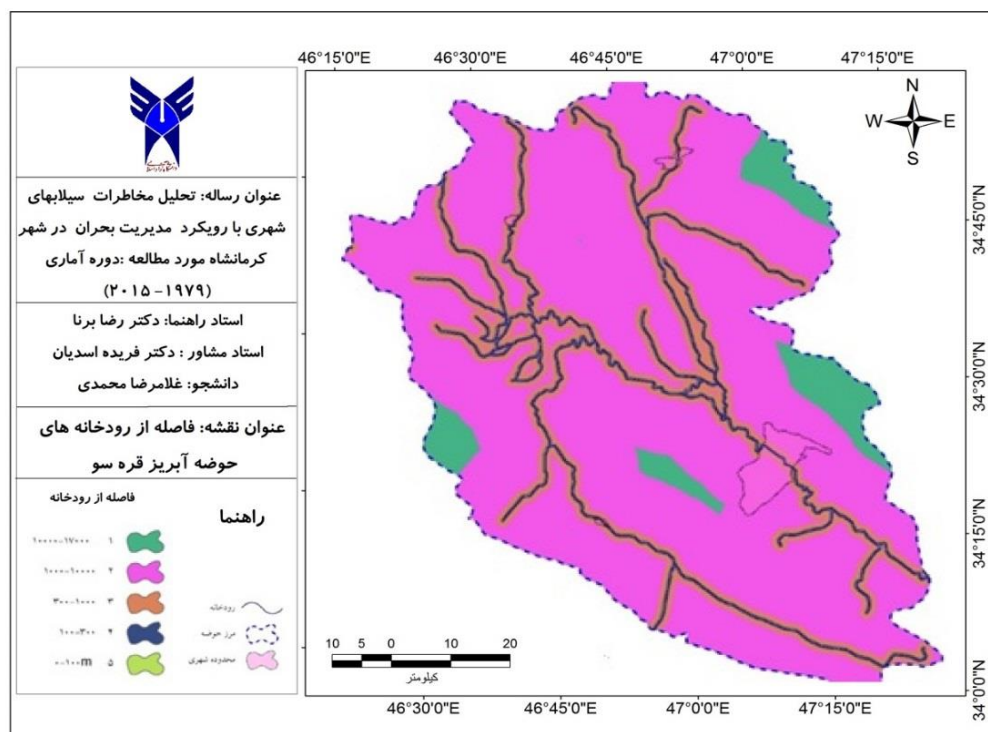
حوضه مورد مطالعه به دلیل قرارگیری در منطقه ورود بادهای غربی و سیکلون‌های مدیترانه‌ای در بیشتر طول سال دارای بارندگی بوده و میانگین بارندگی سالانه آن حدود ۴۳۰ میلی‌متر می‌باشد. از آنجا که این حوضه در یک منطقه کوهستانی قرار دارد، الگوی بارش علاوه بر شرایط جوی از ویژگی‌های محلی و محیطی نیز تأثیر می‌پذیرد و به مراتب شدیدتر و سنگین‌تر از سایر مناطق می‌باشد. لذا بارندگی می‌تواند عاملی مؤثر در وقوع سیل حوضه قره‌سو باشد. در شکل (۷) نیمه شمالی حوضه بیشترین ارزش را برای میزان بارش بیش از ۵۹۹ میلیمتر در اختیار دارد. نواحی غربی و مرکزی نیز کمترین میانگین بارش و ارزش را نشان می‌دهند.



شکل ۷- نقشه بارش منطقه

فاصله از رودخانه

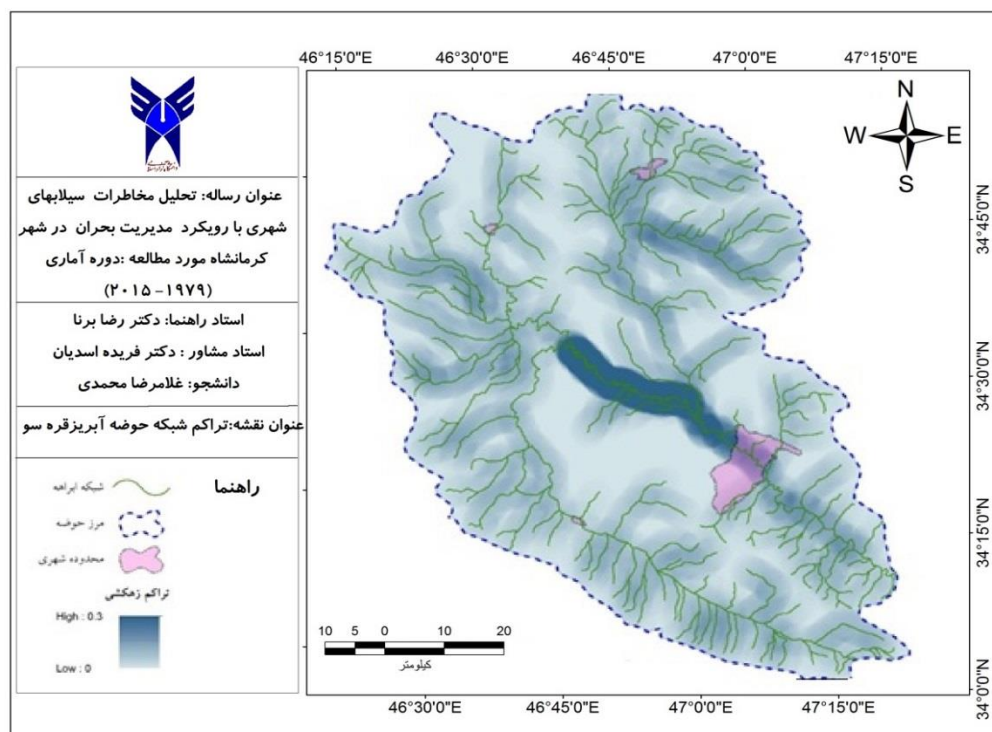
معیار فاصله از رودخانه یکی از متغیرهایی است که بیشترین وزن را با ۰,۱۳ در میان متغیرهای مورد بررسی داشته است. سهم عمده رواناب در محدوده مورد مطالعه از حاشیه‌های شمالی و شرقی حوضه به سمت نواحی مرکزی و جنوبی تخلیه می‌شوند (شکل ۸)؛ یعنی مناطقی که در بسترهای سیلابی قرار دارند و بیشترین پتانسیل وقوع سیل در این حریم‌ها می‌باشد. رفتار سیل در فاصله کم از آبراهه‌ها از فراوانی و شدت حمل بیشتری برخوردار است.



شکل ۸- نقشه فاصله از رودخانه

تراکم شبکه

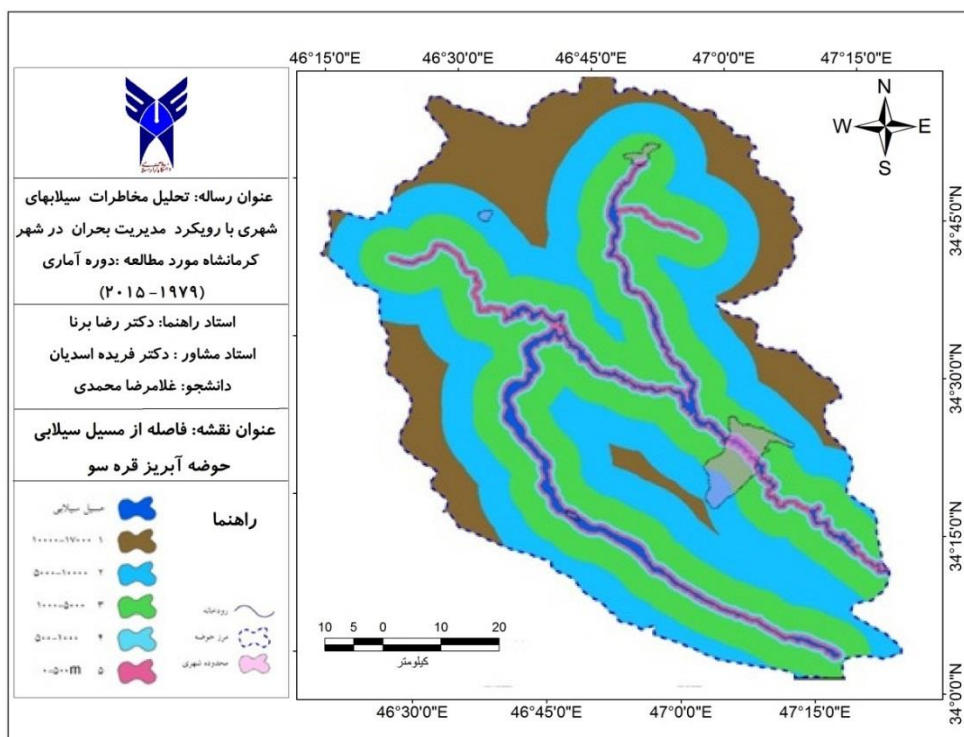
اگر مجموع طول تمام رودخانه‌ها و آبراهه‌های حوضه اندازه‌گیری شود و بر مساحت حوضه تقسیم گردد، عدد به دست آمده که معمولاً بر حسب کیلومتر در هر کیلومتر مربع تعریف می‌شود، تراکم شبکه زهکشی نامیده می‌شود. تراکم شبکه به طور مؤثری به لیتولوژی، شیب توپوگرافی و شرایط اقلیمی مربوط می‌شود (بهرامی و همکاران، ۱۳۸۷) و نقش اساسی در زمان تمرکز و اوج سیلاب دارد. در این راستا حوضه قره‌سو در بخش مرکزی منتهی به شهر کرمانشاه و بخش‌هایی از شمال حوضه بالاترین میزان تراکم را دارد که بیانگر مقاومت سنگ‌های تشکیل‌دهنده حوضه در مقابل فرایندهای فرسایشی و همچنین تیز بودن نقطه اوج منحنی تغییرات دبی سیل نسبت به زمان است (شکل ۹).



شکل ۹- نقشه تراکم زهکشی

فاصله از مسیل سیلابی

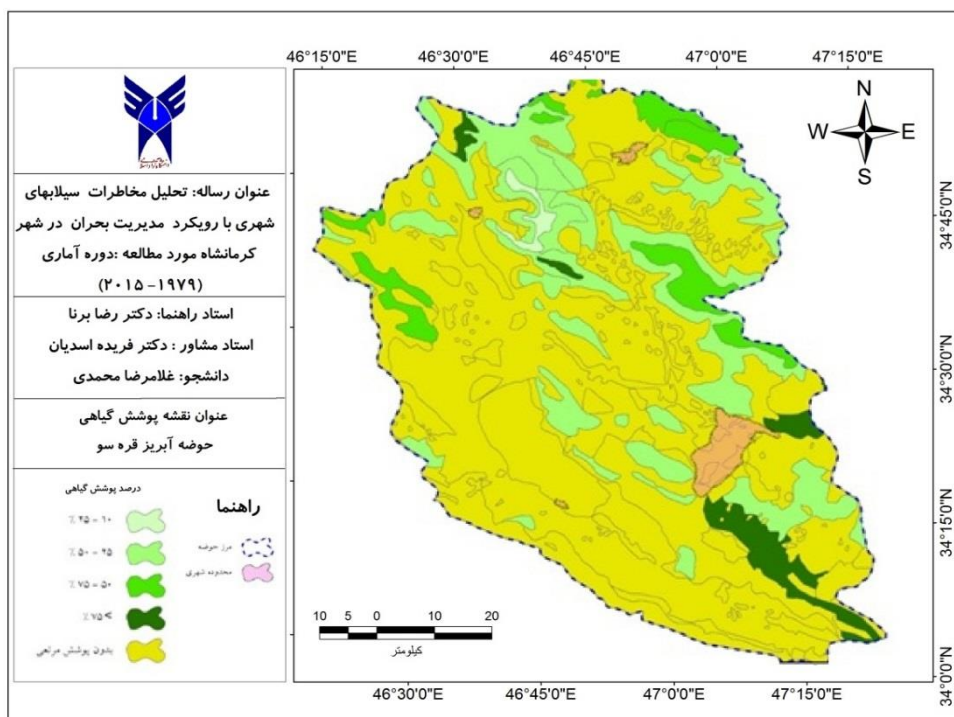
شکل (۱۰) نقشه فاصله از مسیل سیلابی را برای حوضه قره‌سو نشان می‌دهد. بر طبق شکل مسیل سیلابی منطبق بر حوضه بوده و فاصله ۰-۵۰۰ متری بیشترین وزن را در اثرگذاری بر رخداد سیل در حوضه دارد. همان‌طور که دیده می‌شود زیرشاخه‌های فرعی حوضه قبل از ورود به شهر کرمانشاه بهم متصل و یکی می‌شوند. در این وضعیت در زمان رخداد بارش‌های سنگین و رخداد سیل، رواناب با قدرت بیشترین به مسیر خود با ورود به شهر کرمانشاه ادامه می‌دهد که به تبع آن خسارات بیشتری را می‌تواند به وجود آورد. در این شکل مناطق مرکزی شهر که جزو پرجمعیت‌ترین نقاط محسوب می‌شود کمترین فاصله را با مسیل سیلابی دارند.



شکل ۱۰-نقشه فاصله از مسیل های سیلابی

پوشش گیاهی

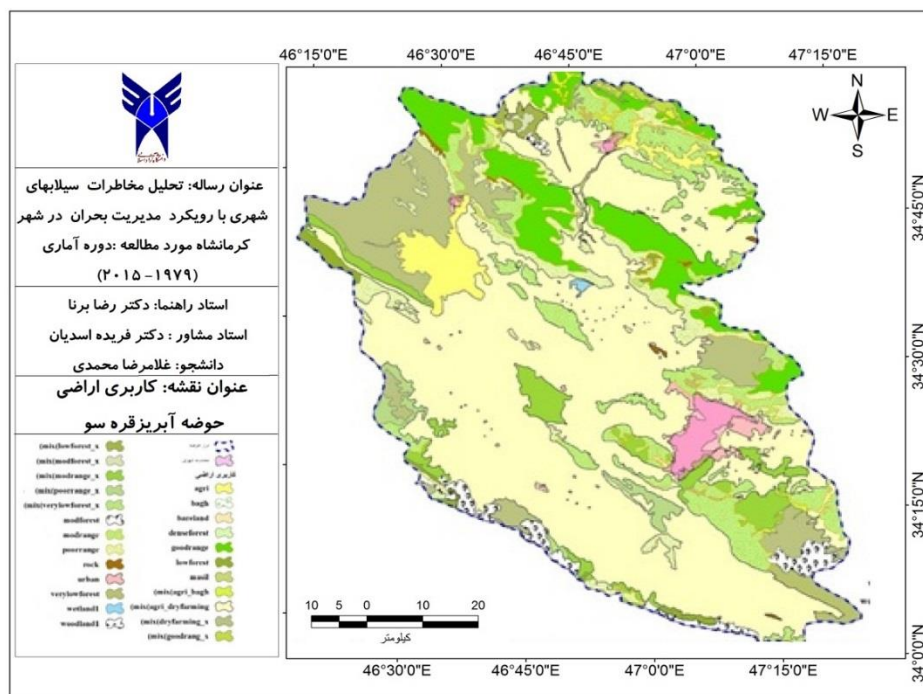
وقوع سیل رابطه معکوسی با تراکم پوشش گیاهی دارد. بدین معنی که با افزایش پوشش گیاهی شدت رواناب کاهش یافته و با کاهش پوشش گیاهی رواناب منطقه افزایش می یابد. در نواحی که تراکم پوشش گیاهی بالاست و یا مناطق جنگلی، آب حاصل از بارش زمان کافی برای نفوذ دارد ولی در مناطق فاقد پوشش گیاهی آب حاصل از بارش، بلافاصله بر روی زمین جاری شده و رواناب شکل می گیرد؛ بنابراین شاخص پوشش گیاهی یک عامل مهم در سیل خیزی حوضه آبریز می باشد. بدین منظور از روی شکل (۱۱) مشاهده می شود که بخش اعظم حوضه بدون پوشش مرتعی می باشد و تنها بخش های کوچکی از نواحی جنوبی، شرق و شمال حوضه با تراکم قابل ملاحظه پوشش گیاهی مواجه است. ملاحظه می شود که شهر کرمانشاه کمترین درصد پوشش گیاهی را دارد که خطر رخداد سیل در مناطق عبور حوضه آبریز در این ناحیه افزایش می دهد.



شکل ۱۱-نقشه درصد پوشش مرتعی

کاربری اراضی

بارش‌های زمین‌های لم‌یزرع و بدون پوشش گیاهی در مقایسه با نواحی جنگلی، به سرعت بر روی سطح زمین جاری می‌شوند. در نتیجه برخی نواحی کاربری اراضی (برای مثال درصد بالایی از کاربری‌های شهری) در مقایسه با نواحی مشابه که به وسیله جنگل و چمن پوشده شده‌اند رواناب شدیدتری جاری می‌شود. کاربری‌های منطقه مورد مطالعه شامل کشاورزی، باغ، جنگل با پوشش ضعیف تا قوی، مخلوط کشاورزی، بایر، آبی، سنگی و شهری می‌باشد؛ اما بخش اعظم محدوده حوضه را زمین‌های کشاورزی دیم خشک و بایر تشکیل می‌دهد. مساحت زیاد زمین‌های خشک با پوشش گیاهی و کشاورزی ضعیف موجب می‌شود که رواناب با سرعت و قدرت حمل بیشتری به‌ویژه در مناطق منتهی به شهر کرمانشاه و حاشیه رود قره‌سو نقش تخریبی بیشتری در زمان رخداد سیلاب‌های سنگین ایفا کند (شکل ۱۲).



شکل ۱۲- نقشه کاربری اراضی

نقشه نهایی پتانسیل سیل خیزی

پس از مشخص نمودن متغیرهای مؤثر بر سیلاب و تهیه نقشه‌های مربوط به هر یک از متغیرها در محیط نرم‌افزار GIS به هر یک از متغیرها بر اساس درجه اهمیت آن‌ها امتیازی داده شد. با استفاده از روش تحلیل ahp پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبریز قره‌سو پهنه‌بندی شد. سپس بر اساس درجه اهمیت و امتیاز تعلق گرفته اقدام به تلفیق لایه‌های ۱۰ متغیر ذکر شده با روش ترکیب خطی وزنی wlc گردید و حوضه به پنج پهنه با احتمال وقوع خیلی زیاد تا کم تقسیم شد. معادله ۱ وزن هر یک از معیارهای تعیین شده جهت تلفیق لایه‌ها و تعیین پتانسیل سیل‌خیزی حوضه را نشان می‌دهد.

بدین ترتیب نقشه پهنه‌بندی پتانسیل سیل‌خیزی از طریق هم‌پوشانی معیارهای مؤثر به دست آمد (شکل ۱۳). در این نقشه مقادیر با عدد بالاتر نشان‌دهنده نقاط دارای ریسک بالاتر و نواحی دارای مقادیر کمتر ریسک پایین‌تری دارند.

جدول ۳- مساحت و درصد طبقه‌های پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز قره‌سو

طبقه پتانسیل سیل خیزی	مساحت (هکتار)	درصد	
۱	۷۶۴۳۲	۱۳,۷۸	پتانسیل خیلی کم
۲	۱۲۴۵۴۱	۲۲,۶۱	پتانسیل کم
۳	۱۸۳۴۴۶	۳۳,۳۰	پتانسیل متوسط
۴	۱۱۹۹۰۲	۲۱,۷۶	پتانسیل زیاد
۵	۴۶۴۷۸	۸,۴۳	پتانسیل خیلی زیاد

۴- بحث

نتایج نشان می‌دهد که مناطق شمالی و مرکزی حوضه دارای پهنه خطر خیلی زیاد هستند (شکل ۱۳). عمده‌ترین دلیل آن این است که نواحی شمالی و مرکزی به دلیل ارتفاع زیاد، بارش بیشتر، پوشش گیاهی کم و شیب زیاد، مستعد خیزش رواناب‌های زیادتری هستند. نواحی شمالی با توجه به جهت شیب محل تجمع رواناب‌ها هستند. با توجه به عبور رودخانه قره‌سو از شهر کرمانشاه، مناطق مرکزی و شمالی شهر با خطر بسیار زیاد در هنگام بروز بارش‌های منجر به سیل مواجه می‌شوند.

نتایج ارائه شده در جدول (۳) نشان می‌دهد که طبقه ۱ کمترین نقش را در تولید رواناب دارد و بیشتر در دشت-های جنوبی و غربی حوضه قرار دارند و در واقع محل جاری شدن رواناب می‌باشند، در حدود ۱۳/۷۸ درصد از منطقه را شامل می‌شوند. طبقه ۲ به نسبت طبقه‌های ۳ تا ۵ پتانسیل سیل خیزی کمتری دارد و بیشتر در مناطق کم ارتفاع و با پوشش گیاهی نسبتاً خوب اما با فاصله نزدیک‌تر نسبت به آبراهه‌ها به صورت پراکنده در سراسر منطقه دیده می‌شوند. این طبقه دارای پتانسیل سیل خیزی کم و حدوداً ۲۲/۶ درصد از منطقه را فرا گرفته است. طبقه ۳ نیز در رده پتانسیل سیل خیزی متوسط قرار دارد و با ۳۳/۳ درصد بیشترین پهنه منطقه را پوشش می‌دهد. این طبقه نیز در مناطقی که مسیر عبور رود بوده است دیده می‌شود اما گستره آن در غرب و مرکز منطقه بیشتر بوده و ناحیه مابین مناطق کم‌خطر و پرخطر محسوب می‌شود. طبقه ۴ به عنوان رده‌ای با خطر زیاد با ۲۱/۷ درصد معادل ۱۱۹۹۰۲ هکتار و طبقه ۵ نیز با پتانسیل سیل خیزی خیلی زیاد با ۸/۴ درصد در سراسر مسیر عبور آبراهه‌ها دیده می‌شود اما بیشتر در مناطق کوهستانی شمال و مرکز منطقه واقع هستند؛ بنابراین می‌توان گفت که حدود ۳۱ درصد از محدوده حوضه آبریز را پهنه‌های سیل خیز خطرپذیر زیاد تا خیلی زیاد در بر گرفته است و به دلیل اینکه بیشترین نقش را در تولید رواناب دارند، باید از نظر مدیریت آبخیزداری مورد توجه ویژه باشند. تحقیقاتی در این زمینه انجام گرفته از جمله کرم و درخشان در سال ۱۳۹۱ در حوضه آبشوران کرمانشاه پتانسیل سیل خیزی را ارزیابی نمودند که حدود ۳۰ درصد مساحت حوضه دارای پتانسیل سیل خیزی می‌باشند. با توجه به اینکه آبشوران یکی از زیرحوضه‌های قره‌سو می‌باشد که شهر کرمانشاه در آن واقع شده است و نتایج آن نشان می‌دهد که مناطق حریم رودخانه‌های اصلی از جمله مناطق

دارای پتانسیل بالا می‌باشند که شباهت بالایی با نتایج این مطالعه دارد. همچنین عسگری و همکاران در سال ۱۳۹۷ مطالعه‌ای با رویکرد مشابه برای حوضه جعفرآباد ایلام انجام دادند که با استفاده از معیارهای فرسایش، پوشش گیاهی و سایر پارامترها پتانسیل سیل خیزی را در محیط GIS مدل‌سازی کرده و نتایج را در سطح زیرحوضه‌ها تحلیل کردند.

۵- نتیجه‌گیری

سیل، پدیده‌ای طبیعی است که با دوره بازگشت‌های مختلف بر اساس وضعیت حوضه‌های آبریز اتفاق می‌افتد. در دهه‌های اخیر و با رشد جمعیت انسانی و توسعه بی‌رویه شهرها و مراکز سکونت‌گاهی، انسان‌ها با تعرض به طبیعت به‌صورت همه‌جانبه، خودشان در معرض پدیده‌های طبیعی خطرناک مانند سیل قرار داده‌اند. با افزایش عواقب زیان‌های مالی و جانی در دهه‌های اخیر، برنامه‌ریزان به فکر چاره افتاده و در جانمایی شهرهای جدید این مساله را در نظر می‌گیرند؛ اما برای شهرهای قدیمی که در نزدیکی رودخانه‌ها و محل‌های طغیان آن‌ها هستند، باید راهکاری متفاوت ارائه کرد. در ابتدا نیاز به شناخت هرچه بیشتر وضعیت و پتانسیل سیل خیزی می‌باشد که این کار امروزه توسط روش‌ها و ابزارهایی که انسان توسعه داده است، امکان‌پذیرتر شده‌اند.

در این پژوهش جهت بررسی پتانسیل سیل خیزی از ۱۰ معیار مؤثر در سیل خیزی استفاده گردید. در این مطالعه و بسیاری از مطالعات داخلی و خارجی که در علوم طبیعی انجام شده‌است، سیستم اطلاعات جغرافیایی به دلیل قابلیت‌ها و ابزارهای مختلفی که دارد و همچنین به دلیل ملموس بودن نتایج آن بسیار موردتوجه قرار گرفته است. همچنین برای ارتقاء کارایی این سیستم‌ها از تکنیک‌های تصمیم‌گیری نیز استفاده می‌شود که کارایی آن را بیشتر می‌کند. سیل خیزی در حوضه علاوه بر فرسایش خاک، تجمع رواناب در آبراهه‌های اصلی، احتمال تشدید شکل‌گیری گالی‌ها و وقوع سیلاب در پایین دست حوضه و در محل ورود به بافت شهری کرمانشاه را افزایش می‌دهد. استفاده از مدل AHP در ترکیب با سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌تواند با سرعت و دقت نسبتاً قابل قبولی نواحی مستعد سیل-خیزی را مشخص و آشکار نماید. مقایسه‌ی پهنه‌های سیل‌خیز با تصویر ماهواره‌ای GOOGLE-EARTH منطقه و مشاهده‌های میدانی نشان می‌دهد که مدل AHP از دقت قابل قبولی برخوردار است. با این قضاوت محوری این مدل می‌تواند از عیوب آن نیز محسوب شود چون در صورت عدم وجود دانش و تجربه کافی و شناخت نسبت به موضوع و منطقه، ممکن است نتایج نه‌چندان صحیحی از این مدل حاصل شود. لیکن قابلیت پیوند آن با سیستم اطلاعات جغرافیایی و سرعت در تحلیل و محاسبات از مزایای آن محسوب می‌شود.

کتابنامه

- امیدوار، کمال؛ آزیتا، کیانفر؛ ۱۳۸۹. پهنه سیل خیزی پتانسیل حوضه آبریز کنجانچم. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. ۷۲: ۷۳-۹۰.
- بهرامی، شهرام؛ علوی پناه، کاظم؛ یمانی، مجتبی؛ ۱۳۸۷. تحلیل مورفومتری و مورفولوژی شبکه‌ی زهکشی در مخروط آتشفشانی تفتان. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. ۶۵: ۶۱-۷۲.
- ثقیان، بهرام؛ قرمز چشمه، بهمن؛ ۱۳۸۷. تغییرات مکانی شدت سیل خیزی. *تحقیقات منابع آب ایران*. (۱): ۲۸-۳۹.
- عابدینی، موسی؛ فتحی جوکدان، رقیه؛ ۱۳۹۵. پهنه بندی خطر وقوع سیل در حوضه آبریز کرگانرود با استفاده از ARC GIS. *هیدروژئومورفولوژی*. ۷: ۱-۱۷.
- علایی طالقانی، محمود؛ همایونی، صادق؛ ۱۳۹۰. پهنه حوضه بندی دینور از نظر تولید سیلاب با استناد به مؤلفه ژئومورفولوژی. *پژوهش نامه جغرافیایی*. ۱: ۳۹-۴۹.
- کرم، امیر؛ درخشان، فرزانه؛ ۱۳۹۱. پهنه بندی سیل خیزی، برآورد سیلاب و ارزیابی کارایی کانال‌های دفع آب‌های سطحی در حوضه‌های شهری (مطالعه موردی: حوضه آبشوران کرمانشاه). *فصلنامه جغرافیای طبیعی*. ۵ (۱۶): ۳۷-۵۴.
- محمدی، جمال؛ ضرابی، اصغر؛ احمدیان، مهدی؛ ۱۳۹۱. اولویت سنجی مکانی توسعه فضاهای سبز و پارک‌های شهری با استفاده از AHP (نمونه موردی: شهر میاندوآب). *فصلنامه علمی - پژوهشی نگرش‌های نو در جغرافیای انسانی*. ۴ (۲): ۶۱-۴۱.
- ملکیان، آرش؛ افتادگان خوزانی، اصغر؛ عشونژاد، غلام؛ ۱۳۹۱. پهنه حوضه بندی پتانسیل سیل خیزی آبخیز اختر آباد با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. ۴۴: ۱۵۲-۱۳۱.
- نجفی، علی؛ نصری، محمد؛ ۱۳۸۸. عوامل مؤثر در سیلاب حوضه آبخیز اصفهان-سیرجان به روش تحلیل عاملی. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*. ۲۰ (۳۶): ۱۱۸-۱۰۸.
- نسرین نژاد، نعمت اله؛ رنگزن، کاظم؛ کلانتری، نصر اله؛ صابری، عظیم؛ ۱۳۹۳. پهنه بندی پتانسیل سیل خیزی حوضه آبریز باغان با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی. *سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*. ۵ (۴): ۳۴-۱۵.
- نظافتی نمین، فردین؛ ندا خوش ولد؛ ۱۳۹۵. آنالیز ویژگی‌های سیلاب‌های شهری بالخلوچای اردبیل با دوره‌های بازگشت مختلف، دومین کنفرانس بین المللی یافته‌های نوین علوم و تکنولوژی. قم: مرکز مطالعات و تحقیقات اسلامی سروش حکمت مرتضوی.

- Cherqui, F., Belmeziti, A., Granger, D., Sourdril, A., Gauffre, P., 2015. Assessing urban potential flooding risk and identifying effective risk-reduction measures. *Environment*, 514: 418-425.
- Darand, M., Pazhoh, F., 2019. Synoptic analysis of sea level pressure patterns and Vertically Integrated Moisture Flux Convergence VIMFC during the occurrence of durable and pervasive rainfall in Iran. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 86: 10-17. doi.org/10.1016/j.dynatmoce.2019.02.004
- Ezemonye, M.N., Emeribe, C.N., 2012. Flood Characteristics and management adatatios in parts of the IMO River system. *Journal of Environmental Studies and Management*, 4(3):56-64.
- Ghaggar Basin: A case study of Guhla block, Kaithal, Haryana, India. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 3(1): 42-54.
- Meyer, V., Scheuer, S., Haase, D., 2009. A multicriteria approach for flood risk mapping exemplified at the Mulde river, Germany. *Natural Hazards*, 48(1): 17-39.
- Mukand, N.M.D., Huynh, S.B. Luong, T., 2011. Evaluation of food risk param eters in the Day River Flood Diversion Area, Red River Delta, Vietnam. *Nat Hazards*, 56:169–194.
- Portugués-Mollá, X., Bonache-Felici, J.F., Mateu-Bellés, J., Marco-Segura, B., 2016, A GIS-Based Model for the analysis of an urban flash flood and its hydro-geomorphic response. The Valencia event of 1957. *Journal of Hydrology*, 541: 582-596.
- Qin, Q.M., Tang, H.M., Chen,H.K., 2011. Zoning of highway flood-triggering environment for highway in Fuling District, Chongqing. *International Conference on Photonics, 3Dimaging, and Visualization. International Society for Optics and Photonics*, 530-538.
- Saini, S.S., Kaushik, S.P., 2012. Risk and vulnerability assessment of flood hazard in part of Sarhadi, A., Soltani, S. Modarres, R., 2012. Probabilistic f ood inundation m apping of unga uged rivers: Linking GIS techniques and frequency analysis. *Journal of Hydrology*, 458–459: 68–86.



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

صص ۴۴-۲۵

 <https://dx.doi.org/10.22067/geoeoh.2021.67231.0>

مقاله پژوهشی

استخراج و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی با به کارگیری الگوریتم SVM با کرنل چندجمله‌ای و روش حداکثر احتمال در محدوده حوضه آبریز اوجان چای بستان آباد

 محمدحسین رضایی مقدم^۱ - استاد ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

داود مختاری - استاد ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

نسرین سمندر - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۱۲ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۱۰ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۱/۱۸

چکیده

از آنجاکه زمین به عنوان یکی از نهاده‌های بخش تولید است، نه تنها در اقتصاد کشاورزی و منابع طبیعی بلکه در اقتصاد کل کشور نقش به سزایی دارد و توجه به زمین و تغییرات به وجود آمده در آن، امری ضروری است. تحقیق حاضر به منظور بررسی روند تغییرات کاربری اراضی حوضه آبریز اوجان چای با استفاده از سنجش از دور و GIS انجام شده است. از تصاویر چند زمانه سنجنده TM سال ۱۹۸۷ و ETM⁺ سال ۲۰۰۲ و ETM⁺ سال ۲۰۱۵ استفاده شد و نقشه‌های کاربری اراضی بر اساس پردازش رقومی حداکثر احتمال و ماشین بردار پشتیبان تهیه شد. نقشه‌های کاربری اراضی به همراه اطلاعات زمینی وارد محیط GIS شدند و میزان و نوع تغییرات کاربری اراضی در منطقه به دست آمد. با توجه به نتایج، روش SVM برای برآورد تغییرات منطقه مورد مطالعه کارآمدتر بوده به گونه‌ای که نتایج استخراج شده از درصد دقت و ضریب کاپای بالاتری برخوردار است. از نتایج ارزیابی‌ها می‌توان چنین استخراج کرد که روند تغییرات کاربری در برخی کاربری‌ها مانند اراضی زراعی و مراتع بالا است. اراضی زراعی از ۳۳ درصد به ۳۷ درصد در طی بازه زمانی ۲۸ ساله نوسان داشته و اراضی مرتعی نیز از ۵۱ درصد به ۴۹ درصد کاهش داشته که این دو کاربری بیشترین تغییرات را داشته‌اند. در نهایت با توجه به اینکه بیشتر تغییرات مربوط در تغییر مرتع به اراضی زراعی و بالعکس بوده است؛ بنابراین لزوم تمرکز فعالیت‌های مدیریت و اصلاح اراضی بر روی این نوع کاربری افزایش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: کاربری اراضی، تغییرات، سنجش از دور، GIS، اوجان چای.

۱-مقدمه

در طول زمان، الگوهای پوشش زمین و به تبع آن کاربری اراضی دچار تغییر و دگرگونی اساسی می‌شوند و عامل انسانی می‌تواند بیشترین نقش را در این فرآیند ایفا نماید. امروزه بر پایه پیشرفت‌های تکنولوژیکی حاصله در قلمرو سنجش از راه دور، می‌توان تصاویر ماهواره‌ای را به منظور بررسی دقیق‌تر تغییرات محیطی بهنگام پردازش و نتایج نهایی را به‌طور مصور مدل‌سازی نمود (سلمانی و همکاران، ۱۳۹۱). استفاده انسان از زمین، ساختار و عملکرد اکوسیستم را تغییر می‌دهد (تو، ۲۰۰۶، آوتوو، ۲۰۰۹)^۱. اهمیت پوشش گیاهی یا کاربری اراضی به‌عنوان یک عامل پویا و مؤثر بر شرایط زیستی ایجاب می‌کند که همواره اطلاعات کمی و کیفی دقیقی از آن تهیه و تغییرات مربوط به آن در بازه‌های زمانی کوتاه‌مدت تعیین شود (کومن و همکاران، ۲۰۰۹)^۲. با استفاده از تکنیک‌های GIS و RS تهیه نقشه کاربری اراضی در زمان‌های مختلف و مقایسه آن‌ها با یکدیگر در راستای دستیابی به نقشه تغییرات ایجاد شده به‌راحتی قابل انجام است (گومه، ۲۰۱۲)^۳. با استفاده از داده‌های چندزمانه سنجش‌ازدور با کمترین زمان و هزینه می‌توان نسبت به استخراج کاربری‌های اراضی اقدام نمود و سپس با مقایسه آن در دوره‌های زمانی مختلف نسبت تغییرات را ارزیابی کرد (ربیعی و همکاران، ۱۳۸۴). بسیاری از مطالعات مدل‌سازی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از سری‌های زمانی تصاویر سنجش‌ازدور برای استخراج پارامترهای تأثیرگذار بر تبدیل کاربری‌ها به‌صورت تجربی در سراسر منطقه انجام می‌گیرد (گانوی و لاثروب، ۲۰۰۵)^۴. در واقع مدل ابزار بسیار خوبی برای فهم و درک بهتر و سریع‌تر پیچیدگی‌های یک سیستم است (تورنس و اوسولیوان، ۲۰۰۱)^۵. امروزه با توجه به عوامل زیادی گسترش جمعیت و شهرنشینی رو به افزایش است و به دنبال آن گسترش شهری می‌تواند به تغییرات کاربری زمین منجر شود (سپهری و همکاران، ۱۳۹۸). نقشه‌های پوشش اراضی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای نقش مهمی در ارزیابی منطقه‌ای و ملی ایفا می‌کنند (خورن و همکاران، ۲۰۰۹)^۶ از جمله کاربردهای سنجش‌ازدور فرآیند آشکارسازی تغییرات کاربری و پوشش اراضی در دو جفت تصویر با موقعیت مکانی یکسان در زمان‌های مختلف است. ازجمله روش‌های آشکارسازی تغییرات، روش پس از طبقه‌بندی^۷ (سینگه و همکاران: ۲۰۰۵، راکه، ۱۹۸۹)^۸ می‌باشد. در این روش تأثیرات اتمسفر، سنجنده و محیط کاهش می‌یابد و تغییرات به‌صورت ماتریس بیان می‌گردد ولی صحت این نوع آشکارسازی به صحت طبقه‌بندی تصاویر بستگی دارد (یو و همکاران، ۲۰۱۲)^۹. عموماً روش‌های طبقه‌بندی به دو

1 Theau, Awotwi,

2 Koomen et al.

3 Gumeh,

4 Conway & Lathrop

5 Torrens & Osullivan,

6 Khorn&et al

7 Post Classification Method

8 Radke, R. J,1989, Singh &et

9 Yu and et al,

روش پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم می‌شود که از روش‌های پارامتریک می‌توان روش ^۱MLC را که از واریانس و کوواریانس داده‌ها استفاده می‌کند و در صورت نرمال بودن نقاط آموزشی دقت قابل قبولی را می‌دهد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵) و از روش‌های ناپارامتریک، می‌توان از ماشین بردار پشتیبان ^۲SVM نام برد (فودی و همکاران، ۲۰۰۴).^۳ این روش‌ها از ویژگی‌های آماری داده‌ها استفاده نمی‌کنند و اخیراً جزو تکنیک‌های طبقه‌بندی قرار گرفته‌اند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵) تئوری SVM توسط واپتیک و همکاران در سال ۱۹۷۱ پیشنهاد شد و در سال ۲۰۰۰ جزئیات آن بررسی شد و سپس در سال ۲۰۰۴ برای استفاده در سنجش‌ازدور مورد استفاده قرار گرفت (اسریواستیو، ۲۰۱۲).^۴ در ارتباط با پیشینه تحقیق، می‌توان به پژوهش‌هایی اشاره کرد که ازجمله: نیتز و همکاران^۵ (۲۰۱۲) برای بررسی نوع محصولات زراعی دشت‌های کانادا را مورد طبقه‌بندی قرار دادند و برای این منظور روش‌های ^۶RF، ^۷ANN، SVM و MLC را مورد مقایسه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که روش SVM از صحت بالاتری نسبت به روش‌های دیگر برخوردار است. (کولیوس، ۲۰۱۳)^۸ برای آشکارسازی تغییرات از روش SVM و ANN همچنین از تصاویر لندست ۷ استفاده کرد و به این نتیجه رسید که روش SVM کارایی بهتری دارد. (یو و همکاران، ۲۰۱۲) برای تهیه نقشه لیتولوژی از روش‌های MLC و SVM همچنین تصاویر Aster استفاده کرد و نتیجه گرفت که روش SVM صحت بالاتری در تهیه این نوع نقشه‌ها دارد. اندریانی (۱۳۹۵) با مقایسه کرنل‌های موجود در روش SVM نتیجه گرفت که با افزایش تعداد باندهای شرکت کننده در طبقه‌بندی، کرنل چندجمله‌ای نسبت به دیگر کرنل‌ها دقت بالاتری دارد. بررسی صحت، ارزیابی میزان تطابق نقشه حاصل از طبقه‌بندی با واقعیت زمینی می‌باشد (لفسکی و کوهن، ۲۰۰۳).^۹ معمول‌ترین اجزای بررسی صحت شامل صحت کلی، صحت تولیدکننده، صحت استفاده کننده و ضریب کاپا می‌باشد (لو و همکاران، ۲۰۰۴).^{۱۰} برای ارزیابی صحت کلی پارامترها، یک معیار ارزش‌گذاری صحت طبقه‌بندی است که برای این کار از ماتریس درهمی پیشنهادی (دلفی و اسمیت، ۱۹۹۹)^{۱۱} استفاده می‌شود که در این ماتریس از مجموع پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده تمامی طبقات به مجموع پیکسل‌های کل تصویر استفاده می‌شود و در نتیجه این معیار فقط به‌عنوان صحت کلی لایه تولید شده خواهد بود. ضریب آماره کاپا نیز یکی دیگر از معیارهای ارزیابی صحت نقشه است. این ضریب نشان دهنده توافق حاصل از طبقه‌بندی با واقعیت زمینی

1 Maximum Likelihood Classification

2 Support Vector Machine

3 Foody, M. G and et al

4 Srivastava, P. K

5 Nitze, A. & et al

6 Random forest

7 Artificial neural network

8 Kolios, S

9 Lefsky and Cohen

10 Lu et al

11 Dellepiane and Smith

می باشد و بین صفر تا یک متغیر است. عدد یک نشان دهنده توافق صددرصد لایه طبقه بندی شده با واقعیت زمینی می باشد (استهمان، ۲۰۰۴)^۱. در این تحقیق جهت بررسی تغییرات مساحت پوشش زمین حوضه آبریز اوجان چای از تصاویر ماهواره ای لندست ۵-۷ و ۸ بعد از اعمال تصحیحات لازم استفاده شد و به بررسی دقت الگوریتم SVM با کرنل چندجمله ای و روش حداکثر احتمال در استخراج تغییرات کاربری اراضی در این محدوده پرداخته شده است که تبدیل اراضی و تغییر کاربری در سطح آن اتفاق افتاده که مغایر با اصول زیست محیطی و توسعه پایدار می باشد. لذا، این پژوهش با هدف بررسی تغییرات تبدیل کاربری های اتفاق افتاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۵، ۷ و ۸ در فواصل زمانی ۲۸ ساله انجام گرفته تا مقدار، درصد و موقعیت مکانی این تغییرات مشخص گردد. تا کنون در این منطقه مطالعه ای در رابطه با تغییرات کاربری صورت نگرفته است و این پژوهش کاری جدید برای این منطقه به حساب می آید. امید است از نتایج آن در مدیریت اصولی و توسعه پایدار منطقه مورد مطالعه استفاده شود

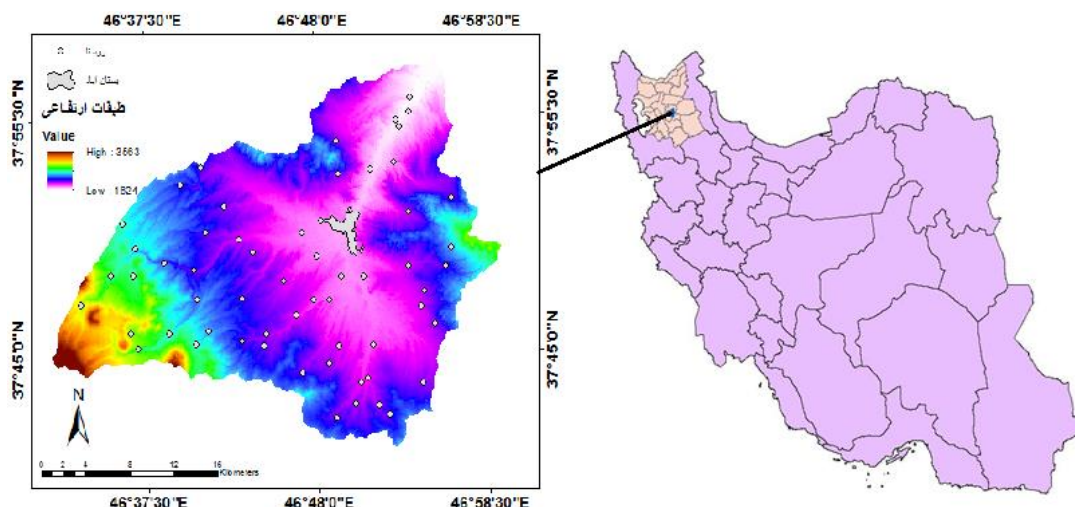
۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه اوجان چای در دامنه های شرقی سهند واقع شده است و آب های دامنه شرقی این توده کوهستانی را زهکشی می کند. این رودخانه به طول ۳۵/۷۷ کیلومتر و با مساحت حوضه آبریز ۱۰۲۹ km^۲ در مختصات جغرافیائی ۳۷ درجه و ۵۴ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۳۱ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ در شمال غربی ایران گسترش یافته است. این رودخانه پس از زهکشی بخشی از دامنه شرقی کوهستان سهند در نهایت به رودخانه آجی چای تبریز می ریزد. بیشترین ارتفاع حوضه ۳۴۷۸ متر و پایین ترین ارتفاع در بخش خروجی حوضه به ارتفاع ۱۵۲۸ متر می باشد. محدوده حوضه با استفاده از لایه رقومی ارتفاعی نوع ASTER^۲ با استفاده از توابع ARC Hydro استخراج گردیده است (شکل ۲). در این حوضه علاوه بر شهرستان بستان آباد که در بخش مرکزی حوضه قرار گرفته است، در حدود ۷۱ سکونتگاه روستایی نیز وجود دارد. با توجه به وجود آب که از دامنه های سهند سرچشمه می گیرد، و با توجه به مواد خروجی که فوران های توده سهند در زمین های اطراف به جای گذاشته است، زمین های حاصلخیزی به وجود آورده و کمک شایانی به کشاورزی منطقه داشته است. با توجه به همین عوامل سکونتگاه های موجود در این حوضه بیشتر در بخش جنوبی و جنوب غربی حوضه و در واقع در دامنه های سهند استقرار یافته اند. (شکل ۲).

1 Stehman, 2004:743

2 Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز اوجان چای (مأخذ: نویسندگان)

۲-۲- روش کار

به منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، از تصویر ماهواره‌ای لندست ۵ (TM) سال ۱۹۸۷ و لندست ۷ (ETM+) سال ۲۰۰۲ و لندست ۸ (ETM+) برای سال ۲۰۱۵ استفاده شده است. از مدل رقومی ارتفاعی استر برگرفته شده از مشاهدات جهانی سازمان زمین‌شناسی آمریکا^۱ با اندازه پیکسل ۲۸ متری برای استخراج حوضه و تصحیح توپوگرافیکی تصویر انجام شد. بدین منظور مراحل پیش پردازش که شامل تصحیحات اتمسفری، هندسی و ارتفاعی است، بر روی تصاویر ماهواره‌ای انجام شد. بعد از برش منطقه مطالعاتی از روی تصویر، با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و از طریق بازدید زمینی و تفسیر بصری، مناطق تعلیمی برای هر کلاس کاربری در دو مرحله قبل از طبقه‌بندی و بعد از طبقه‌بندی برداشت شد. در این مرحله سعی شد انتخاب مناطق تعلیمی از پراکنش خوبی برخوردار باشد. در مرحله بازدید میدانی جهت تعیین نقاط تعلیمی با استفاده از GPS، با مصاحبه حضوری ساکنین منطقه، از چندین نقطه که کاربری آن‌ها در سال ۱۳۶۶ و ۱۳۸۰ اطمینان حاصل شده بود، استفاده شد. با در نظر گرفتن تفکیک‌پذیری باندها، باندهای مناسب برای طبقه‌بندی ۴، ۵ و ۷ انتخاب شد. تصاویر مربوط به سال‌های موردنظر به فرمت پلیگون تبدیل شده، مساحت پوشش‌های مورد نظر محاسبه شد. سپس تصاویر پوشش هر سال مورد طبقه‌بندی مجدد قرار گرفت و نقشه‌های نهایی هر سال به ۴ طبقه تقسیم یافت. در ادامه هر تصویر به فرمت برداری تبدیل و مساحت کاربری‌های آن به دست آمد. با وارد کردن جداول اطلاعات توصیفی هر سال به نرم‌افزار اکسل روند تغییرات مساحت پوشش‌های زمین در فاصله سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ تخمین زده شد. جدول (۱)

1 Enhanced Thematic Mapper Plus

2 The USGS Global Visualization Viewer

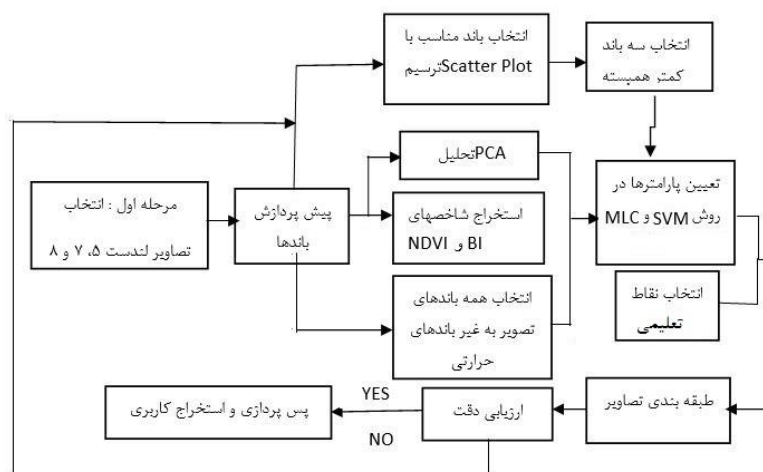
کلاس‌های قدیم و جدید تصاویر لندست را نشان می‌دهد. در راستای کاهش تعداد طبقه‌ها و ساده‌سازی روند محاسبات کلیه طبقه‌های مربوط به کاربری مرتعی مثل مراتع درجه ۱، مراتع درجه ۲ و مراتع درجه ۳ همگی تحت عنوان یک طبقه واحد مرتع بررسی شده‌اند و از طرفی مراتع منطقه مورد مطالعه اکثراً از نوع ضعیف تا متوسط بودند و این خود دلیلی بر ادغام طبقات گردید. همچنین دو طبقه اراضی کشاورزی آبی و باغی به یک طبقه اراضی کشاورزی آبی و باغی تقلیل یافتند.

جدول ۱- کلاس‌های قدیم و جدید لندست

کلاس‌های قدیمی	IGBP (Type 1)	کلاس‌های جدید
۱	مناطق مسکونی	۱
۲	کشاورزی آبی	۲
۲	مناطق باغی	۲
۴	اراضی زراعی دیم	۳
۵	مرتع درجه ۱	۴
۶	مرتع درجه ۲	۴
۷	مرتع درجه ۳	۴

(مأخذ: یافته‌های نویسندگان)

شکل ۱ مراحل استخراج کاربری اراضی با روش SVM و MLC را نشان می‌دهد:



شکل ۱- مدل مفهومی استخراج کاربری اراضی با روش SVM و MLC در منطقه مورد مطالعه (مأخذ: نویسندگان)

نویسندگان)

شاخص پوشش گیاهی^۱ (NDVI)، شاخص خاک بایر^۲ (BI) و تحلیل مؤلفه اصلی (PCA) به عنوان باند ورودی در طبقه بندی ها شرکت داده شد و دقت آن ها مورد بررسی قرار گرفت.

طبقه بندی با روش ماشین بردار پشتیبان^۳ SVM: این روش با استفاده از یک تابع کرنل سیگموئیدی، معادل شبکه عصبی پرسپترون دو لایه ای می باشد. به عبارتی این تابع داده های آموزشی را که به صورت غیر خطی در فضای چند بعدی با استفاده از تابع کرنل طرح ریزی می شود، در یک مجموعه داده به صورت خطی از هم جدا می کند که نتیجه آن طبقه بندی خطی بین داده ها می باشد. ویژگی اصلی این روش توانایی بالا در استفاده از نمونه های تعلیمی کمتر و رسیدن به دقت بالاتر نسبت به سایر روش های قبلی می باشد. این روش طبقه بندی کننده به صورت باینری عمل کرده و دو کلاس را با استفاده از یک فراصفحه از هم جدا می کند. برای تعریف نحوه قرارگیری این صفحه از کرنل هایی استفاده می گردد که در این مطالعه از کرنل چند جمله ای زیر استفاده گردیده است (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵، ۷۲)

$$K(x_i, x_j) = (g x_i^T x_j + r)^d, g > 0 \quad \text{رابطه (۱)}$$

x_i, x_j : مجموعه ای از داده های آموزشی، g : گاما: یک پارامتر تعریف شده توسط کاربر به عنوان عرض کرنل، d : درجه چند جمله ای، r : اریب یا تمایل و T : ماتریس واحد. در این کرنل از پارامتری به عنوان پنالتی^۴ برای بهبود خطای طبقه بندی استفاده می شود که افزایش آن تا حدی باعث کم شدن خطای طبقه بندی می شود. همچنین از یک مقدار به عنوان آستانه تحریک (بایاس)^۵ استفاده می گردد (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به اینکه الگوریتم های طبقه بندی پیکسل پایه بر اساس ماتریس واریانس و کوواریانس عمل می کنند، بنابراین حداقل پیکسل های مورد نیاز برای هر کلاس $n+1$ می باشد n (به معنای تعداد باندهای مورد استفاده در عملیات طبقه بندی می باشد) اما در بهترین حالت بایستی تعداد نمونه های تعلیمی بین $n+1$ تا $n+10$ باشد. همچنین سعی شد از کلاس هایی که دارای الگوهای طیفی متفاوتی بودند نمونه های تعلیمی بیشتری برداشت شود تا تغییرات طیفی این کلاس ها در طبقه بندی دخالت داده شود (نظری سامانی و همکاران، ۱۳۸۹). در این تحقیق از روش طبقه بندی حداکثر احتمال نیز استفاده شد که به عنوان یکی از دقیق ترین روش های طبقه بندی پیکسل پایه توسط اکثر محققین پذیرفته شده است. در طبقه بندی تصاویر ماهواره ای به دو روش نظارت شده یا نظارت نشده انجام می گیرد. در طبقه بندی نظارت شده برای رده بندی پیکسل ها از نمونه هایی آموزشی استفاده می شود؛ بدین معنی که با تعریف پیکسل های مشخصی از تصویر برای هر کدام از

1 Normalize Difference Vegetation Index

2 Bare Soil Index

3 Support Vector Machine

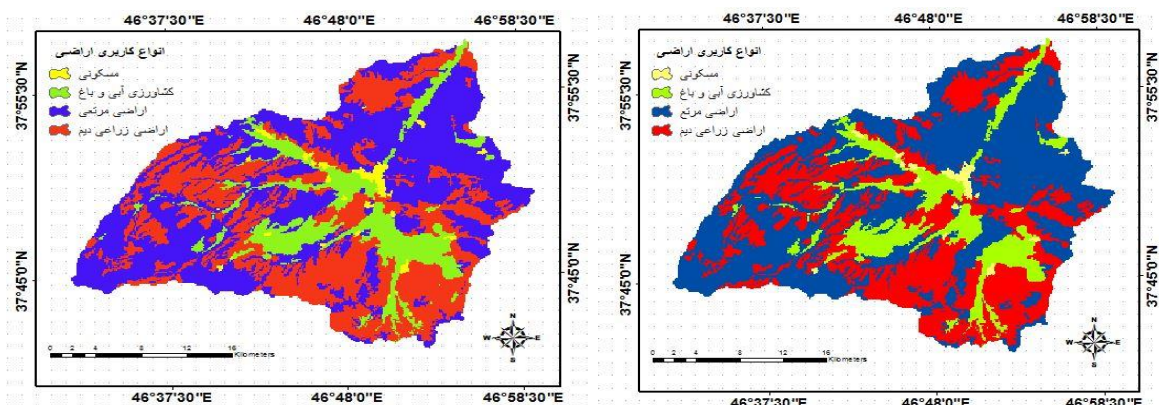
4 Penalty Parameter

5 Bias

کلاس‌ها، عمل طبقه‌بندی در قالب کلاس‌های در نظر گرفته شده انجام می‌شود. سپس با استفاده از الگوریتم خاصی عمل طبقه‌بندی انجام می‌شود که می‌توان به الگوریتم‌های حداکثر احتمال و حداقل فاصله تا میانگین اشاره کرد که در این روش ارزش بازتابی هر پیکسل ناشناخته براساس واریانس و کوواریانس آن طبقه واکنش طیفی ویژه تجزیه و تحلیل می‌شود و فرض بر این است که توزیع داده‌های هر طبقه براساس توزیع نرمال در اطراف پیکسل میانگین آن طبقه قرار گرفته‌اند. این فرض براساس تجارب حاصل از بازتاب انرژی از اجسام پذیرفته شده است. در عمل واریانس یا کوواریانس و میانگین طبقه‌های مختلف هر تصویر ماهواره‌ای، برای طبقه‌بندی پدیده‌ها محاسبه می‌شود تا هریک از پیکسل‌ها در طبقه‌ای تعلق یابد که حضورش در آن طبقه از احتمال بیشتری برخوردار است (صالحی و همکاران، ۱۳۹۸). طبقه‌بندی حداکثر احتمال MLC جزو روش‌های طبقه‌بندی پیکسل پایه و آماری می‌باشد. در این روش کلاسی به پیکسل مورد نظر تعلق می‌گیرد که بیشترین احتمال تعلق پیکسل به آن کلاس وجود دارد، به عبارتی جزو روش‌های پارامتریک می‌باشد که از واریانس و کوواریانس داده‌ها استفاده می‌کند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۵) نقشه طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از نرم‌افزار ENVI و روش طبقه‌بندی نظارت شده از نوع بیشترین احتمال و روش ماشین بردار پشتیبان به دست آمد. به منظور تعیین دقت طبقه‌بندی از نقاط برداشت شده زمینی استفاده شد. در این مرحله با انجام مقایسه بین نقشه حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره و بازدیدهای میدانی، ماتریس خطا تهیه شد و در نهایت بر اساس معیارهای صحت کلی، ضریب کاپا، دقت کاربر و دقت تولید کننده میزان دقت طبقه‌بندی تصاویر به همراه کلاس‌های مختلف کاربری ارضی محاسبه شد.

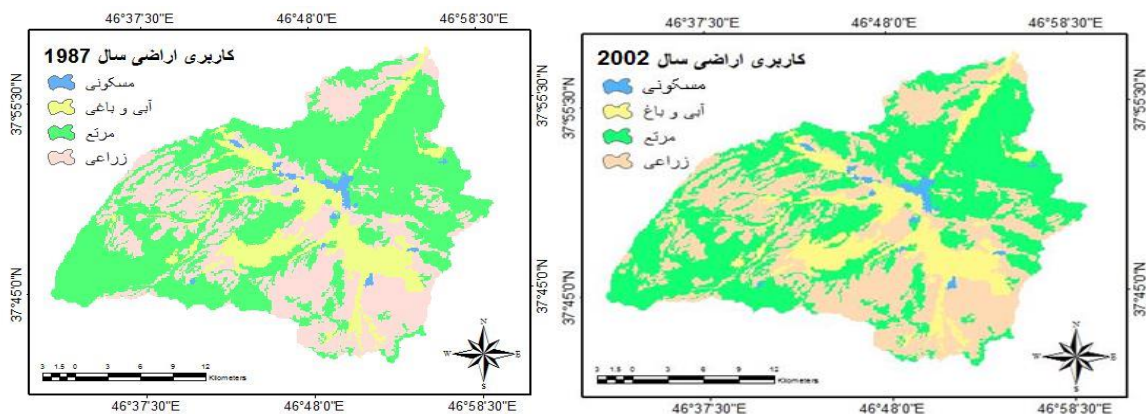
۳- نتایج

در پژوهش حاضر سعی بر آن است تا تغییرات کاربری اراضی در بازه‌ی زمانی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۶۶ (۱۹۸۷-۲۰۱۵) با روش‌های ماشین بردار پشتیبان و حداکثر مشابهت و ارزیابی این تغییرات و در نهایت به دست آوردن ماتریس انتقال وضعیت مد نظر قرار گرفته شود. در این راستا شکل شماره ۳ نقشه پوشش سطح زمین در سال ۲۰۱۵ با هر دو روش کار شده را نشان می‌دهد. در این نقشه‌ها طبقه‌بندی‌های کاربری اراضی به صورت ادغام شده ارائه شده است. پس از استخراج نقشه‌های کاربری اراضی و شاخص پوشش گیاهی از تصاویر لندست، و ادغام این دو نقشه با یکدیگر، روند تغییرات کاربری اراضی برای سه دوره زمانی در حوضه مورد مطالعه بررسی شد.

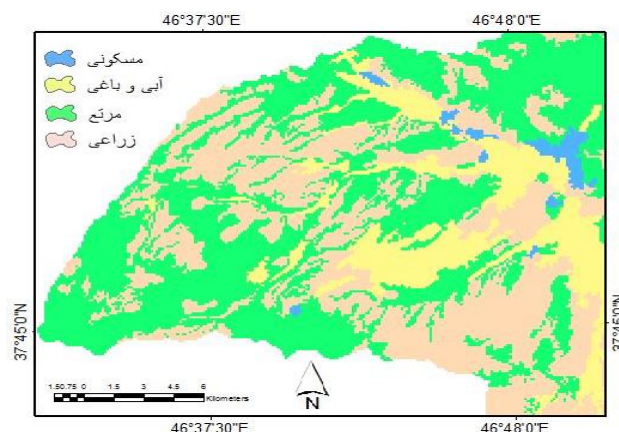


شکل ۳- نقشه کاربری اراضی و پوشش زمین محدوده حوضه اوجان چای مربوط به سال ۲۰۱۵ با مدل‌های MLC (سمت راست) و SVM (سمت چپ) (مأخذ: نویسندگان)

با بررسی نقشه‌های استخراج شده از هر دو مدل و ارزیابی دقت نقشه‌ها و تفسیر بصری آن‌ها، نتایج حاکی از آن بود که نقشه‌های استخراجی مدل SVM از درصد دقت و ضریب کاپای بالاتری برخوردار است. نتایج اولیه به دست آمده از این طبقه‌بندی با نتایج ارائه شده محققان قبلی که در پیشینه به آن‌ها اشاره شده است مشابهت دارد و با توجه به اینکه ضریب دقت و کارایی مدل و همخوانی نتایج با واقعیت در بحث تغییرات کاربری بسیار مهم می‌باشد در ادامه نقشه‌های استخراجی با مدل SVM در طی سال‌های ۱۳۶۶، ۱۳۸۱ و ۱۳۹۵ و جزئیات تغییرات رخ داده در طی حدوداً ۲۸ سال ارائه شده‌اند. (شکل‌های شماره ۴-۵-۶ و ۷).

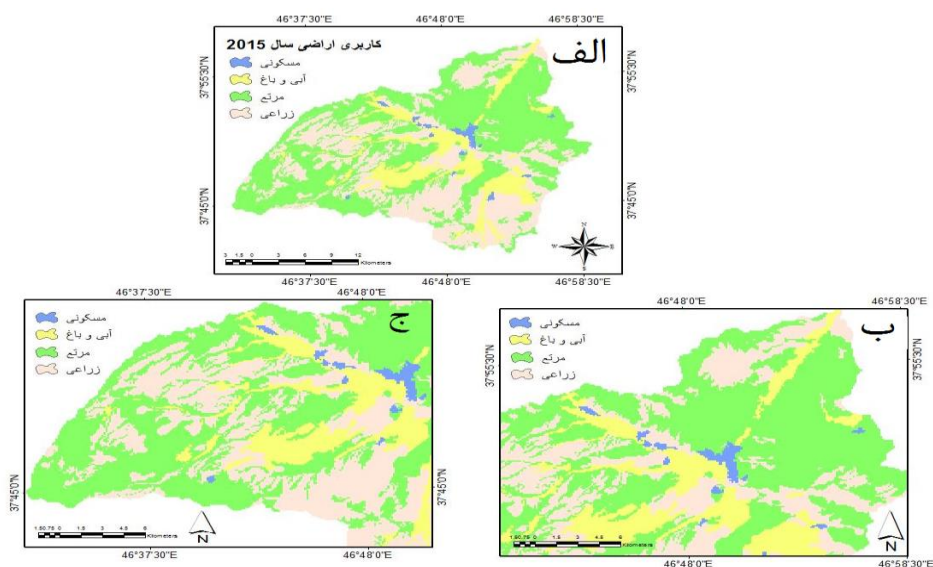


شکل ۴- نقشه کاربری اراضی محدوده اوجان چای در سال‌های (۱۳۶۶) ۱۹۸۷ و (۱۳۸۱) ۲۰۰۲ با مدل SVM (مأخذ: نویسندگان)



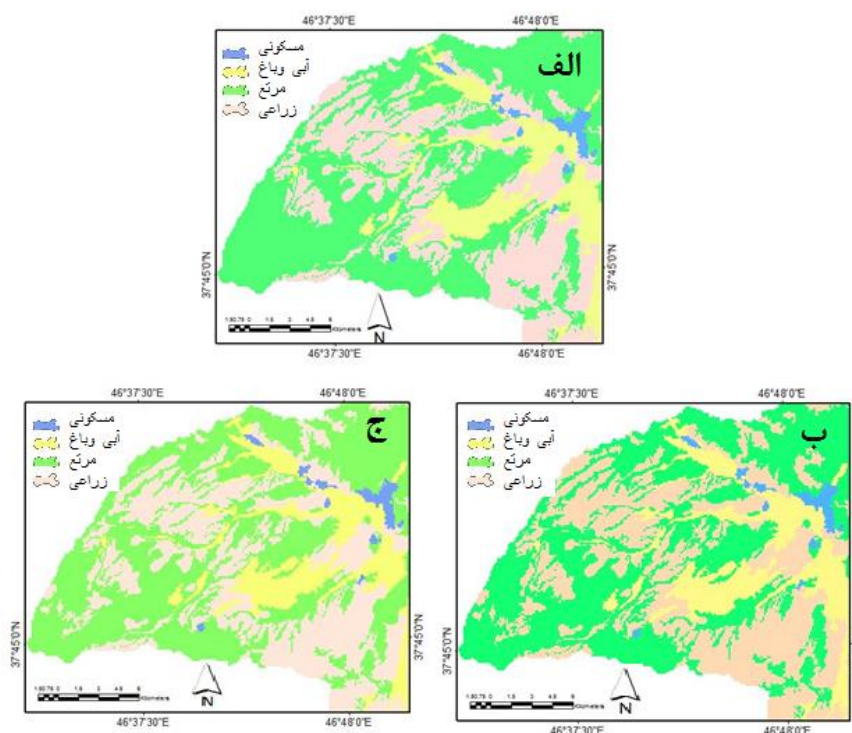
شکل ۵- نمایی از تغییر کاربری بخش غربی به زمین‌های زراعی که در طی ۱۵ سال اتفاق افتاده است. (مأخذ: نویسندگان)

نقشه‌های استخراجی گویای آن هستند که بخش وسیعی از منطقه تحت پوشش کاربری زراعی و مرتع می‌باشند و تغییرات کاربری در طی بازه زمانی ۱۵ ساله اکثراً در این قسمت‌ها ایجاد شده است و همان‌طور که از شکل ۵ می‌توان استخراج کرد، اکثر تغییرات از سال ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۱ در نیمه‌های غربی حوضه که زمین زراعی در آن بخش‌ها تمرکز دارند رخ داده است.



شکل ۶- نقشه کاربری اراضی محدوده اوجان چای در سال (۱۳۹۵) ۲۰۱۵ (الف)، نمایی از تغییر بخش شرقی به زراعت و باغ (ب) و بخش غربی به مرتع (ج) که در طی حدوداً ۲۸ سال اتفاق افتاده است (مأخذ: نویسندگان)

همان‌طور که در نقشه‌های شکل ۶ می‌توان مشاهده کرد، در سال ۲۰۱۵ نیز نسبت به نقشه‌های ۲۸ سال گذشته، بخش اعظم منطقه مورد مطالعه تحت پوشش زمین‌های زراعی و مرتعی می‌باشد. تغییرات بخش‌های مسکونی و باغات در طی دوره ۲۸ ساله نیز مشاهده می‌شود. با توجه به نقشه‌های مقایسه‌ای بخش‌های غربی و شرقی حوضه، در هر دو نیمه بیشترین تغییرات مربوط به کاربری‌های مرتع و زراعی می‌باشد.



شکل ۷- تغییرات رخ داده در نیمه غربی حوضه اوجان چای در سال‌های ۱۹۸۷ (الف)، ۲۰۰۲ (ب) و ۲۰۱۵ (ج)
با مدل SVM (مأخذ: نویسندگان)

با توجه به توضیحات شکل‌های ۵ و ۶ و برای برجسته کردن توضیحات و تغییرات رخ داده در کاربری‌های اراضی، شکل ۷ ارائه شده است تا نمای واضحی از تغییرات کاربری اراضی رخ داده در طی بازه زمانی ۲۸ ساله در منطقه مورد مطالعه نشان داده شود. همان‌طور که از نقشه‌ها قابل استنباط می‌باشد، تغییرات کاربری اراضی از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۵ از کاربری زراعی به مرتع و بالعکس بسیار مشاهده می‌شود. تغییرات رخ داده به صورت آمار و ارقام در جداول ۷-۴ به طور مفصل ارائه شده‌اند.

جدول ۲ نتایج مربوط به میزان تغییرات رخ داده در بازه زمانی ۲۰۰۲-۱۹۸۷ (۱۳۸۱-۱۳۶۶) را برحسب هکتار نشان می‌دهد. در بین این تغییرات نزدیک به ۹۴ درصد از سطح کاربری‌های قبلی در سال ۱۹۸۷ بدون هیچ‌گونه

تغییری در سال ۲۰۰۲ نیز یافت شده‌اند. در واقع تبدیل اراضی از شرایط مرتع به دیمزار و زراعی و همچنین از دیمزار به مرتع نیز در درجه بعدی اهمیت قرار دارد و در شرایط فعلی بیش از ۵۰ درصد منطقه مرتع می‌باشد. علاوه بر موارد فوق موارد مختلفی در حد زیر یک درصد (اعم از تبدیل اراضی مرتعی به باغات و همچنین باغ به اراضی زراعی نیز به دست آمده است). این ارقام، از یک سو می‌تواند نشانه تغییرات جزئی در این نوع کاربری‌ها باشد و از سوی دیگر می‌تواند شامل خطاهای مربوط به هر کدام از این کلاس‌های کاربری اراضی باشد.

جدول ۲- توزیع سطوح انواع کاربری و پوشش اراضی به تفکیک در سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۲

نوع پوشش گیاهی و کاربری زمین	مساحت هکتار	مساحت در سال ۱۹۸۷ به درصد	مساحت در سال ۲۰۰۲ به هکتار	مساحت در سال ۲۰۰۲ به درصد	تغییرات کاربری و پوشش زمین به درصد	مساحت میزان تغییرات کاربری و پوشش زمین به هکتار
مناطق مسکونی	۹۲۰/۸۷۰	۱/۱۹	۸۵۹۲/۹۱۰	۲۵/۱	۹۳/۳۹	۰/۶۰
اراضی کشاورزی آبی	۹۲۹/۹۶۶۸	۱۳/۳۱	۲۶/۱۰۰۳۸	۸۱/۱۳	۲۷۱/۳۶۹	۰/۵
مرتع	۵۷/۳۷۴۶۸	۵۱/۵۸	۱/۳۶۰۷۲	۶۵/۴۹	-۱۳۹۶/۴۷	۱/۹۳
اراضی زراعی	۰۰۸۲/۲۴۶۳۱	۳۳/۹۰	۱/۲۷۲۹۸	۵۸/۳۷	۰۹۱۸/۲۶۶۷	۳/۶۸
مجموع	۴۲۷۲/۷۲۶۳۹	۱۰۰	۴۲۷۲/۷۲۶۳۹	۱۰۰	-	-

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست

بر اساس نتایج به دست آمده از نقشه کاربری اراضی در سال ۱۳۶۶ بیشترین کاربری متعلق به اراضی مرتعی و زراعی و همچنین بر اساس نقشه کاربری اراضی سال‌های ۱۳۸۱ و ۱۳۹۵ مشابه سال ۱۳۶۶ بیشترین کاربری متعلق به اراضی مرتعی و زراعی می‌باشد (شکل‌های ۴، ۵، ۶).

جدول ۳ نیز مقادیر کاربری اراضی و میزان تغییرات آن‌ها در منطقه مورد مطالعه را برحسب هکتار در طی بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۰۲ (۱۳۹۵-۱۳۸۱) نشان می‌دهد. در بین این تغییرات نزدیک به ۹۷ درصد از سطح کاربری‌های قبلی در سال ۲۰۰۲ بدون هیچ‌گونه تغییری در سال ۲۰۱۵ نیز یافت شده‌اند. در واقع تبدیل اراضی از شرایط زراعی به مرتع در این بازه نیز مشهود است. براین اساس مشخص می‌شود که بیشترین حد افزایش، مربوط به کاربری مرتع و برعکس بیشترین کاهش مربوط به کاربری زراعی می‌باشد.

جدول ۳- توزیع سطوح انواع کاربری و پوشش اراضی به تفکیک در سال‌های ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵

نوع پوشش گیاهی و کاربری زمین	مساحت در سال ۲۰۰۲ به هکتار	مساحت در سال ۲۰۰۲ به درصد	مساحت در سال ۲۰۱۵ به درصد	مساحت در سال ۲۰۱۵ به درصد	تغییرات کاربری و پوشش زمین به درصد	مساحت میزان تغییرات کاربری و پوشش زمین به هکتار
مناطق مسکونی	۸۵۹۲/۹۱۰	۲۵/۱	۸۵۹۲/۹۱۰	۲۵/۱	۰	۰
اراضی کشاورزی آبی	۲/۱۰۰۳۸	۸۱/۱۳	۴۳۸/۹۵۳۴	۱۲/۱۳	-۰/۶۹	-۵۰۳/۷۶۲
مرتع	۱/۳۶۰۷۲	۴۹/۶۵	۵۷/۳۶۷۰۲	۵۲/۵۰	۰/۸۷	۶۲۸/۴۷
اراضی زراعی	۱/۲۷۲۹۸	۳۷/۵۸	۵۶/۲۵۴۹۱	۰۹/۳۵	-۲/۴۹	-۵۱۰۸۷/۵۴
مجموع	۴۲۷۲/۲۶۳۹	۱۰۰	۴۲۷۲/۲۶۳۹	۱۰۰		

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست

به منظور ارزیابی دقیق تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه روش انطباق جداول و مقایسه سه تصویر طبقه‌بندی شده سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ مورد استناد قرار گرفت. نتایج حاصله نشان دهنده ۱۰/۲۲ درصد تغییر در کاربری اراضی منطقه می‌باشد که بیشترین تغییر مربوط به کلاس اراضی زراعی با ۶/۱۷ درصد و کمترین تغییر مربوط به مناطق مسکونی با ۰/۰۶ درصد می‌باشد.

۴- بحث

تغییرات کاربری اراضی یکی از عامل‌های مهم در تغییر جریان هیدرولوژیک، فرسایش حوضه و انهدام تنوع زیستی است. بنابراین می‌توان با اطلاع از روند تغییرات کاربری اراضی در راستای هدایت اکوسیستم به سمت تعادل قدم برداشت. داشتن آمار و اطلاعات به هنگام، لازمه مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی است. یکی از مبانی مدیریت منابع طبیعی، اطلاعات مربوط به نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی است (نظری سامانی و همکاران، ۱۳۸۹). در طول زمان، الگوهای پوشش زمین و به تبع آن کاربری اراضی دچار تغییر و دگرگونی اساسی می‌شوند و عامل انسانی می‌تواند بیشترین نقش را در این فرآیند ایفا نماید (اخوان قالیباف و همکاران، ۱۳۹۸) در این تحقیق جهت بررسی تغییرات مساحت پوشش زمین حوضه آبریز اوجان چای از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵-۷ و ۸ بعد از اعمال تصحیحات لازم استفاده شد و به بررسی دقت الگوریتم SVM با کرنل چندجمله‌ای و روش حداکثر احتمال در استخراج تغییرات کاربری اراضی در این محدوده پرداخته شد که تبدیل اراضی و تغییر کاربری در سطح آن اتفاق افتاده که مغایر با اصول زیست‌محیطی و توسعه پایدار می‌باشد. این پژوهش به بررسی تغییرات تبدیل کاربری‌های اتفاق افتاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و ۸ در فواصل زمانی ۲۸ ساله پرداخت و مقدار، درصد و موقعیت مکانی این تغییرات مشخص گردید (شکل‌های ۷ و ۶-۵) (جداول ۳ و ۲). در مرحله پیش پردازش تصحیحات

هندسی و رادیومتریکی روی تصاویر انجام شد. تصحیح رادیومتریکی زمانی انجام می‌گیرد که، از تصاویر چند زمانه یعنی تصاویری که مربوط به فصول یا سال‌های مختلف و یا سنجنده‌های مختلف هستند، استفاده شود (صالحی و همکاران، ۱۳۹۸). پیش از به‌کارگیری داده‌های ماهواره‌ای در تجزیه تحلیل رقومی، کیفیت آن‌ها از نظر وجود خطای هندسی، پرتوسنجی مانند راه‌راه شدگی، زیر هم قرار نگرفتن خطوط اسکن، پیکسل‌های تکراری، خطاهای اتمسفری مانند وجود لکه‌های ابر موردبررسی قرار گرفت. به‌منظور انجام تصحیحات رادیومتریکی بر روی تصاویر نیاز است ارزش رقومی ثبت‌شده از یک پیکسل معین که در سال‌های مختلف، تحت تأثیر زاویه دید، موقعیت و زاویه خورشید و شرایط اتمسفری قرار می‌گیرد، خطاهای آن رفع گردد (صالحی و همکاران، ۱۳۹۸). به‌منظور بررسی تغییرات کاربری اراضی، از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۲۰۰۲-۱۹۸۷ و ۲۰۱۵ استفاده شد. از آنجاکه تفکیک و شناسایی پدیده‌ها به لحاظ رنگ نتایج بهتری ارائه می‌دهد ولی نمایش داده‌های حاصل از اسکنرها در تک باندها با استفاده از گام خاکستری است، تصویر رنگی کاذب هر تاریخ با استفاده از ترکیب باندهای ۲۳۴ به ترتیب بارنگ‌های مادون قرمز، قرمز و سبز تولید در محیط نرم‌افزار ENVI 4.8 تولید شد. این تصاویر به تجسم انواع کاربری‌ها در منطقه کمک می‌کنند. از روش طبقه‌بندی نظارت شده برای تهیه نقشه‌های پوشش اراضی استفاده شد. در اولین گام یک طبقه‌بندی نظارت شده، تعریف مناطقی است که به‌مثابه نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس هستند، بر روی تصاویر انجام شد. برای این مرحله با تفسیر بصری تصویر ترکیب رنگی کاذب و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه‌برداری کشور، نمونه‌های تعلیمی برای هر کلاس تعریف شدند، سپس نمونه‌های تعلیمی به شیوه رقومی کردن روی صفحه رایانه رقومی شدند. در مرحله دوم، نمونه‌های تعلیمی تفکیک شدند و مرحله سوم طبقه‌بندی کاربری اراضی با الگوریتم حداکثر احتمال در طبقه‌بندی نظارت شده و روش ماشین بردار پشتیبان در چهار کلاس کاربری شامل اراضی زراعی، مرتع، آبی و باغی و مسکونی صورت گرفت. الگوریتم حداکثر احتمال، فرض می‌کند که احتمال‌های برآورد برای همه طبقات برابر هستند و هیستوگرام باندهای ورودی جهت به دست آوردن یک خروجی دقیق، دارای توزیع نرمالی می‌باشند. این روش متوسط، واریانس‌ها و تغییرپذیری در ارزش‌های طیفی هر کلاس را به‌عنوان مجموعه‌ای از داده‌های زمینی به دست می‌آورد؛ بنابراین نیازمند داده‌های زمینی دقیق است. پس‌ازاین فرآیند، طبقه‌بندی‌های به دست آمده، در محیط ARCGIS 10.3 رقومی شدند تا نقشه کاربری اراضی حوضه مورد مطالعه برای سال‌های موردبررسی به دست آمد (شکل ۳). نتایج حاکی از تغییرات کاربری اراضی در سال‌های مختلف و تبدیل انواع کاربری‌ها می‌باشد (جدول ۲ و ۳) که بیشترین تغییرات برای کاربری‌های زراعی و مرتعی می‌باشد. برای استفاده از نقشه‌های پوشش زمین به دست آمده برای هر دوره ماتریس تبدیل وضعیت کلاس‌های پوشش زمین بین دو دوره زمانی محاسبه شده است. از نقشه پوشش سال ۱۳۶۶ و ۱۳۸۱ ماتریس تبدیل وضعیت اول (جدول ۴) و از نقشه پوشش سال ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۵ ماتریس تبدیل وضعیت دوم (جدول ۵) محاسبه شده است. این ماتریس‌ها حاوی اطلاعات و تبدیل هر کلاس

به سایر کلاس‌ها می‌باشد. ماتریس مساحت انتقال نشان‌دهنده تعداد پیکسل‌هایی است که از هر کلاس به کلاس‌های دیگر تبدیل شوند.

بررسی تغییرات صورت گرفته ماتریس تبدیل وضعیت برای بازه‌های زمانی مورد مطالعه تهیه شد و صحت طبقه‌بندی‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

ماتریس تبدیل وضعیت

جدول ۴- ماتریس مساحت انتقال وضعیت بین سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۶۶ (۲۰۰۲-۱۹۸۷) (مترمربع)

کاربری اراضی	مسکونی	کشاورزی آبی و باغ	اراضی زراعی و دیم	مرتفع
مسکونی	۸۷۰۹۲۰	۰	۰	۰
کشاورزی آبی و باغ	۰	۳۶۹۳۳۱	۶۱۲۹	۰
اراضی زراعی و دیم	۲۵۶۸۲	۳۶۷۲	۲۶۶۷۹۱	۶۵۸۴/۳۸
مرتفع	۱۵۵۱۴۲	۱۷۱۲۰۴۰/۳۳	۲۴۸۴۰۸۵	۱۳۹۶۴۷

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست

با توجه به خروجی جدول شماره ۳ مشخص می‌شود که بیشترین تغییر باغات و زمین‌های کشاورزی آبی به سایر کاربری‌ها، مربوط به اراضی زراعی است و بیشترین تغییر اراضی زراعی به کاربری مرتفع و بالعکس بیشترین تغییر مرتفع به اراضی زراعی می‌باشد. در واقع در ماتریس احتمال انتقال مساحت، احتمال تغییر هر کلاس به سایر کلاس‌های موجود نشان داده می‌شود.

جدول ۵- ماتریس مساحت انتقال وضعیت بین سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۹۵ (مترمربع)

کاربری اراضی	مسکونی	کشاورزی آبی و باغ	اراضی زراعی و دیم	مرتفع
مسکونی	۹۱۰۸۵۹۲	۰	۰	۰
کشاورزی آبی و باغ	۰	۹۵۳۴۴۳	۲۸۵۳	۰
اراضی زراعی و دیم	۰	۱۷۲۵	۲۵۴۹۱۵۶	۱۹۳۸۲
مرتفع	۰	۳۵۲۶۷	۳۸۰۰۵۵۰۳	۳۶۷۰۲۵۷

مأخذ: یافته‌های نگارندگان از تصویر ماهواره‌ای لندست

با توجه به خروجی جدول شماره ۴ مشخص می‌شود که بیشترین تغییر مربوط به تبدیل اراضی مرتعی به اراضی زراعی و دیم می‌باشد.

۴-۱- بررسی صحت طبقه‌بندی

یافته‌های مربوط به صحت طبقه‌بندی برای تصاویر زمان‌های مختلف مطابق جدول ۱ می‌باشد. بر اساس این جدول در هر دو تصویر میزان صحت کلی از میزان ضریب کاپا بیشتر است. از طرف دیگر میزان ضرایب به دست آمده بیانگر این است که تصاویر ماهواره با دقت قابل قبول قادر به تهیه نقشه‌های کاربری اراضی است. بالاتر بودن میزان ضریب صحت کلی نسبت به ضریب کاپا به ماهیت محاسبه ضرایب فوق مربوط است (فاطمی ۲۰۰۵). معمولاً صحت کلی یک برآوردگر خوش‌بینانه است و بالاتر از مقدار واقعی به دست می‌آید درحالی‌که ضریب کاپا میزان دقت را نسبت به یک طبقه‌بندی تصادفی محاسبه می‌نماید (لئو و ماسون، ۲۰۰۹، ۲۸۰). شاخص کاپا از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$Kappa = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} * 100$$

رابطه (۱)

 P_0 = درستی مشاهده شده P_c = توافق مورد انتظار

جدول ۶- نتایج کلی دقت طبقه‌بندی تصاویر

سال	تصویر	صحت کلی %	ضریب کاپا
۱۹۸۷	TM	۹۱/۳۸	٪۸۸
۲۰۰۲	ETM ⁺	۸۵/۴۲	٪۷۶
۲۰۱۵	ETM ⁺	۸۹/۶۵	٪۸۷

(مأخذ: نویسندگان)

این مقادیر ضریب کاپا و صحت کلی بالای ۸۰ درصد نشان‌دهنده این است که به‌طورکلی توافق خوبی بین طبقه‌بندی و انواع طبقات کاربری موجود در زمین وجود دارد (طاهری و همکاران ۱۳۹۷).

جدول ۷- میزان دقت و ضریب کاپا در روش‌های SVM و MLC با تعداد باندهای مختلف حاصل از تصویر

لندست ۸

باند دقت	۳ باند با کمترین همبستگی	۸ باند لندست ۸	۸ باند لندست ۸ و شاخص‌های تولید کننده
نوع روش	SVM MLC	SVM MLC	SVM MLC
صحت کلی	٪ ۷۲	٪ ۷۹	٪ ۸۱
شاخص کاپا	۰/۹۱	۰/۷۲	۰/۷۸

(مأخذ: نویسندگان)

مناسب‌ترین نتیجه (جدول ۷) به عبارتی تعداد باندهای مناسب در روش SVM کرنل چندجمله‌ای درجه ۵، ۸ باند لندست ۸ و شاخص‌های تولید کننده می‌باشد و در روش MLC با سه باند کمتر همبسته بالاترین نتیجه و بالاترین درصد دقت را دارد. با استفاده از جدول (۷) و نتایج به دست آمده از الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی تصویر ETM⁺ با ۸ باند این تصویر با استفاده از الگوریتم SVM درجه ۵ مورد طبقه‌بندی قرار گرفت و نتایج از درصد صحت بالایی برخوردارند. از بررسی جدول ۷ می‌توان چنین نتیجه گرفت که تعداد باندهای بیشتر در روش SVM کارایی بیشتری نسبت به روش MLC در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای دارد و تفکیک کلاس‌هایی که دارای رفتار طیفی مشابه هستند راحت‌تر می‌باشد.

پس از استخراج نقشه‌های کاربری اراضی و شاخص پوشش گیاهی از تصاویر لندست، و ادغام این دو نقشه با یکدیگر، روند تغییرات کاربری اراضی برای سه دوره زمانی ۲۰۱۵ و ۲۰۰۲، ۱۹۸۷ در حوضه مورد مطالعه طی دوره ۲۸ ساله مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مساحت انواع کاربری‌ها در جدول ۳ و ۲ آورده شده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد بیشترین و کمترین تغییرات در بازه زمانی ۱۹۸۷-۲۰۱۵ به ترتیب مربوط کاربری اراضی زراعی و مسکونی می‌باشد. تغییر کاربری اراضی به عنوان عاملی پایه در تغییرات زیست‌محیطی عمل کرده و به یک خطر جهانی تبدیل شده است. بازبینی این تغییرات از طریق تصاویر ماهواره‌ای و پیش‌بینی و ارزیابی پتانسیل آن‌ها از طریق مدل‌سازی می‌تواند به برنامه ریزان منابع طبیعی برای تصمیمات آگاهانه‌تر کمک کند. داشتن آمار و اطلاعات به هنگام از کاربری‌ها موجود، لازمه مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی است.

۵- نتیجه‌گیری

یافته‌های تحقیق حاضر حاکی از آن است که داده‌های حاصل از سنجش‌ازدور و تفسیر رقومی به همراه نمونه‌برداری تعلیمی اطلاعات بسیار خوبی در اختیار کاربران قرار می‌دهد. با توجه به اینکه هدف از پژوهش مقایسه دو الگوریتم ماشین بردار پشتیبان و حداکثر احتمال می‌باشد، لذا در روش ماشین بردار پشتیبان برای طبقه‌بندی از کرنل چندجمله‌ای با درجه ۵ به دلیل دقت بیشتر آن نسبت به دیگر درجه‌ها استفاده گردید (اندریانی، ۱۳۹۳، ۱۰۳). در این پژوهش تغییرات پوشش زمین در کاربری‌های باغات و زمین‌های کشاورزی آبی و مناطق مسکونی، زمین‌های زراعی دیم و مراتع با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در بازه زمانی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۶۶ با الگوریتم حداکثر مشابهت و ماشین بردار پشتیبان استخراج شد. انتقال کاربری‌ها به ترتیب در بازه زمانی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۶۶ مربوط به اراضی زراعی، مرتع، باغات و زمین‌های کشاورزی آبی و مناطق مسکونی است و مشخص شد که مساحت اراضی زراعی در سال ۱۳۸۱ به نسبت سال ۱۳۶۶ افزایش داشته، اما در سال ۱۳۹۵ کاهش چشمگیری داشته است. مساحت مناطق مسکونی در طی سال‌های ذکر شده تغییر چشمگیری نداشته و بیشترین افزایش از سال ۱۳۶۶ به ۱۳۸۱ بوده به طوری که در سال ۱۳۸۱ با ۹۱۰/۸۵۹۲ هکتار به بیشترین حد ممکن افزایش یافته است.

اراضی مرتعی نیز روند نزولی را در بازه زمانی ۱۳۸۱-۱۳۶۶ طی کرده است و مساحت آن هر سال به نسبت سال بعد کاهش یافته است ولی مساحت مراتع در طی سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۸۱ روند صعودی را طی کرده است. با توجه به خروجی نقشه‌ها در سه بازه زمانی ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۵ مشخص شد که بیشترین تغییرات کاربری مربوط به اراضی زراعی دیم و مرتع بوده است که نتیجه آن باعث از بین رفتن خاک و افزایش تخریب مراتع شده است. همچنین صحت طبقه‌بندی روش‌های SVM و MLC با استفاده از ۸ باند تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ به ترتیب با دقت کلی ۸۱٪ و ۹۰٪ و ضریب کاپای ۰/۷۸ و ۰/۸۸ به دست آمد؛ بنابراین نتایج به دست آمده از این پژوهش با یافته‌های پژوهشگرانی چون رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۵)، نیتز و همکاران (۲۰۱۲) و اندریانی (۱۳۹۳) مبنی بر اینکه روش جدید SVM نسبت به روش‌های قدیمی‌تر از جمله MLC از دقت بالاتری برخوردار است مورد تأیید می‌باشد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که تصاویر ماهواره‌ای از قابلیت بالایی برای تفکیک سریع اراضی زراعی و تهیه نقشه انواع محصولات در منطقه و تعیین سطح زیر کشت با دقت نسبتاً مناسب در مقیاس منطقه‌ای برخوردار است که با نتایج طاهری و همکاران (۱۳۹۷)، خدابنده لو و همکاران (۱۳۹۸) مطابقت دارد. همچنین داده‌های ماهواره‌ای این قابلیت را دارا هستند که با صرف کمترین انرژی و هزینه در مقیاس‌های وسیع، نوع و سطح پوشش و کاربری‌های مختلف را با دقت بالا به‌منظور بررسی تأثیر پارامترهای مدیریتی در یک سال خاص و یا سال‌های مختلف استخراج کنند. با توجه به اینکه، استفاده نامناسب از زمین‌های موجود و تغییرات کاربری در سال‌های اخیر و از میان رفتن باغات و زمین‌های کشاورزی و مراتع که خود به ایجاد مشکل در توسعه هماهنگ و پایدار و بروز تأثیرات منفی بر کیفیت زندگی تبدیل شده است، این امر ضرورت دارد که برای جلوگیری از تغییرات کاربری و تخریب محیط‌زیست، به‌خصوص در سال‌های اخیر تدبیری اندیشیده شود و در حفظ منابع طبیعی و محیط‌زیست اهتمام لازم به عمل آید.

کتابنامه

- اخوان قالیباف، محمد؛ علی پور، حمید، قلیوف، الوست؛ کورنوا، ماریا؛ مختاری، محمدحسین؛ ۱۳۹۸. بررسی تغییرات مساحت پوشش زمین و کاربری حوضه آبخیز دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر MODIS. هیدروژئومورفولوژی. شماره ۱۸. ۹۷-۱۱۳.
- اندریانی، صغری؛ ۱۳۹۳. کاربرد تکنیک‌های سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در بررسی تغییرات کاربری اراضی و تأثیر آن بر دبی رودخانه (مطالعه موردی: صوفی چای). استاد راهنما دکتر محمدحسینی رضایی مقدم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی. دانشگاه تبریز.

- خدابنده لو، بهروز؛ خاوربان نهزک، حسن؛ قربانی، اردوان؛ ۱۳۹۸. آشکارسازی تغییرات کاربری / پوشش اراضی با استفاده از طبقه‌بندی شی گرای تصاویر ماهواره‌ای (مطالعه موردی: حوزه آبریز قره سو استان اردبیل. *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*. شماره ۳. ۷۶-۹۲.
- ریبی، حمیدرضا؛ علی محمدی، عباس؛ ضیائی، پرویز؛ ۱۳۸۴. کشف و ارزیابی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهر اصفهان به کمک سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی. *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*. ۴ سال چهارم. شماره ۴۳. ۵۴-۴۱.
- رضایی مقدم، محمدحسین، اندریانی، صغری، ولی زاده کامران، خلیل، الماس پور، فرهاد؛ ۱۳۹۵. تعیین بهترین الگوریتم استخراج کاربری و پوشش اراضی و کشف تغییرات از تصاویر ماهواره‌ای لندست (مطالعه موردی، حوضه صوفی چای مراغه). *فضای جغرافیایی*. شماره ۵۵. ۸۵-۶۵.
- سپهری، علیرضا؛ جمالی، علی اکبر؛ حسن‌زاده، محمد؛ ۱۳۹۸. تحلیل و مقایسه تغییرات کاربری / پوشش اراضی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی (مطالعه موردی اراضی تفت و مهریز). *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*. شماره ۴. ۹۰-۱۰۵.
- سلمانی، حسن؛ محسنی ساروی، محسن؛ روحانی، حامد؛ سلاجقه، علی؛ ۱۳۹۱. ارزیابی تغییر کاربری و تأثیر آن روی رژیم هیدرولوژیکی در حوضه آبخیز قزاقلی استان گلستان، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز. شماره ۶. ۶۰-۴۳.
- صالحی، ناهید؛ اختصاصی، محمدرضا؛ طالبی، علی؛ ۱۳۹۸. پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از مدل زنجیره مارکوف CA-MARKOV (مطالعه موردی: حوزه آبخیز صفارود رامسر). *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*. شماره ۱. ۱۰۶-۱۲۰.
- طاهری، فروزان؛ رهنما، محمدرحیم؛ خوارزمی، امیدعلی؛ خاکپور، براتعلی؛ ۱۳۹۷. بررسی و پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه شهر شان‌دیز طی سال‌های (۱۳۷۹-۱۳۹۴). *جغرافیا و توسعه*. شماره ۵۰. ۱۲۷-۱۴۲.
- فاطمی، سید باقر؛ رضایی، یوسف؛ ۱۳۸۹. مبانی سنجش‌ازدور. انتشارات آزاده.
- نظری سامانی، علی اکبر؛ قربانی، مهدی؛ کوهبانی، حمیدرضا؛ ۱۳۸۹. ارزیابی روند تغییرات کاربری اراضی حوزه آبخیز طالقان در دوره ۱۳۶۶ تا ۱۳۸۰. مرتع. شماره ۳. ۴۴۲-۴۵۱.

- Awotwi, A., 2009. Detection of land use and land cover change in Accra, Ghana, between 1985 and 2003 using Landsat imagery. M. Sc. Thesis, Division of Geoinformatics Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden.
- Conway, T.M. and Lathrop R.G.Jr., 2005. Modeling the ecological consequences of landuse policies in an urbanizing region. *Environmental Management* 35: 278-291.
- Dellepiane, S. G. Smith, P. C., 1999. Quality assessment of image classification algorithms for, land cover mapping: A review and a proposal for a cost based approach, *International Journal of Remote Sensing* 20: 1461-1468.

- Foody, M. G. Mathur, A., 2004. A relative evaluation of multiclass image classification by support vector machines, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 42: 1335-1343.
- Gumeh, Z., 2012. Monitoring land use changes in Karaj and its association to landscape profiles, M. Sc. thesis, University of Shahid Chamran, Ahvaz.
- Knorn, J. A. Rabe, C. V. Radeloff, T. Kuemmerle, J. Kozak and Hostert, P., 2009. Land cover mapping of large areas using chain classification of neighboring Landsat satellite images. *Remote Sens. Environ.* 113: 957-964.
- Kolios, S. Stylios, C. D., 2013. Identification of land cover land use changes in the greater area of the Preveza peninsula in Greece using Landsat satellite data, *Applied Geography* 40: 150-160.
- Koomen, E. Stillwell, J. Bakema, A. and Scholten, H. J., 2007. *Modeling Land-Use Change, Progress and Applications*. Springer, Dordrecht, the Netherlands.
- Lefsky, M. A. Cohen, W. B., 2003. Selection of remotely sensed data, In: Wulder, M. A. Franklin, S. E. editors, *Remote sensing of forest environments: Concepts and case studies*, Kluwer Academic Publishers, Boston: USA.
- Liu, J. G. & P. M. Mason., 2009. *Essential image processing and GIS for Remote Sensing*, Wiley Blackwell publications.
- Lu, D. Mausel, P. Brondizio, E. Moran, E., 2004. Change detection techniques, *International Journal of Remote Sensing* 25: 2365-2407.
- Nitze, A. Schulthess, B. Asche, H., 2012. Comparison of machine Learning algorithms random forest, artificial neural network and support vector Machine to maximum Likelihood for supervised crop type classification, *Proceedings of the 4th Gambia, Rio de Janeiro Brazil*, 35-40.
- Radke, R. J. Andra, S. O. Kofahi, A. Roysam, B., 2005. Image change detection algorithms: a systematic survey, *IEEE Transactions on Image Processing*, 14: 294-287.
- Shalkoff, R. J., 1997. *Artificial Neural Networks*, McGraw-Hill Companies Pub, New York.
- Singh, A., 1989. Digital change detection techniques using remotely sensed data, *Remote Sensing, Review article* 10: 989-1003.
- Srivastava, P. K. Han. D. Rico-Ramirez, M. A. Bray, M. Islam, T., 2012. Selection of classification techniques for land use land cover change investigation, *Advances in Space Research* 50: 1250-1265.
- Stehman, S. V., 2004. A critical evaluation of the normalized error matrix in map accuracy assessment, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 6. 743-751.
- Theau, J., 2006. Detection of changes using remote sensing: an overview of principles and applications. *Geo-Spatial and Range Sciences Conference*. Idaho State Univ. Pocatello, ID, USA.
- Torrens, P. M. and Osullivan, D., 2001. Cellular automata and urban simulation: where do we go from here? *Environment and Planning B* 28: 163-168.
- Vapnik, V. N., 1999. *The nature of statistical Learning theory*, Second Edition, New York: Springer-Verlag.
- Yu, L. Porwal, A. Holden, E. Dentith, M. C., 2012. Towards automatic lithological classification from remote sensing data using support vector machines, *Computers & Geosciences* 45: 229-239.



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

صص ۶۴-۴۵

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoe.h.2021.67233.0>

مقاله پژوهشی

پهنه‌بندی و تحلیل ژئومورفولوژیکی سیلاب رودخانه دینور (استان کرمانشاه) با استفاده از مدل

هیدرولیکی HEC-RAS

رؤیا پناهی^۱ - دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

محمد مهدی حسین‌زاده - دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲۱ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۱۴ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۱/۲۱

چکیده

سیل متداول‌ترین مخاطره طبیعی است که تکرار وقوع آن در حال افزایش و خطرات مرتبط با آن در حوضه‌های شهری و روستایی از اهمیت جهانی برخوردار است. هدف این پژوهش پهنه‌بندی مخاطره سیلاب رودخانه دینور در استان کرمانشاه است؛ بنابراین جهت شبیه‌سازی سیلاب از مدل عددی HEC-RAS استفاده شد و از طریق الحاقی HEC-GEORAS در محیط GIS و پردازش داده‌های ژئومتری به کار گرفته شد. با استفاده از نرم‌افزار SMADA، دوره بازگشت دبی پیک لحظه‌ای محاسبه شد و پهنه سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف ۲ و ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال منطقه شبیه‌سازی شده است و با کمک مدل رقومی عمق آب و لایه کاربری اراضی، میزان خسارت با استفاده از معادله تابع عمق و خسارت در دوره بازگشت‌های ۲۵ سال، ۵۰ و ۱۰۰ سال محاسبه شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که پهنه گسترش سیلاب در دوره بازگشت ۲۵ سال ۴۰/۳۴ کیلومترمربع و در دوره بازگشت ۵۰ سال ۴۳/۵۱ و در دوره بازگشت ۱۰۰ سال، ۴۴/۲۸ کیلومترمربع را تحت مخاطره قرار داده است. از نظر خسارت، سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال یک سیل مبنا در نظر گرفته شده است که خسارت قابل توجهی را نشان می‌دهد که تمام مزارع زراعی را تحت پوشش قرار می‌دهد، ولی سیل در دوره بازگشت‌های کمتر قسمتهایی از مزارع را تحت تأثیر قرار می‌دهد اما قابل کنترل است؛ درحالی‌که سیل‌های ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ ساله بسیاری از مراکز روستایی و مزارع را کامل تحت مخاطره قرار داده است با توجه به نتایج میزان

خسارت سیلاب ۱۰۰ ساله نسبت به ۲۵ ساله، در حدود ۷۰ درصد و نسبت به ۵۰ ساله به طور متوسط ۸۵ درصد بیشتر بوده است که لزوم کنترل سیلاب جهت مدیریت پایدار ضرورت دارد.

کلیدواژه‌ها: پهنه‌بندی سیلاب، رودخانه دینور، مدل عددی HEC-RAS.

۱- مقدمه

بارش شدید، شهرنشینی، تغییرات توپوگرافی منجر به تشدید و بروز مخاطرات طبیعی می‌شود همچنین بلایای طبیعی غالباً باعث ایجاد اختلالات در اکوسیستم‌های طبیعی می‌شوند. سیل شایع‌ترین و گسترده‌ترین بلایای طبیعی در سراسر جهان است که بیشترین تکرار وقوع آن در آسیا بوده است (آنیس^۱ و همکاران، ۲۰۱۶). در قرن بیست و یک افزایش احتمال خطر سیلاب به دلیل تغییرات آب و هوایی و گرم شدن کره زمین نگرانی‌های بین‌المللی را به خود جلب کرده است (رحمانی رضاییه^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). در هنگام طغیان سیلاب، آب مناطق زیادی از سطح زمین را که قبلاً تحت پوشش سیلاب نبوده‌اند، تحت تأثیر قرار می‌دهد که باعث از بین رفتن زمین‌های زراعی، زیر ساخت‌های مهم، جابجایی جمعیت‌ها، اختلال در فعالیت‌های اقتصادی و مرگ انسان‌ها می‌شود (نکونونو^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). در طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ سیل‌ها تقریباً نیمی از مخاطرات مرتبط با تغییرات آب و هوایی را به خود اختصاص داده‌اند که ۲۰ درصد از مرگ و میرها و حدود ۴۰ درصد از خسارات مرتبط با سیل بوده است (گراوند^۴ و همکاران، ۲۰۲۰). در ۱۹ مارس ۲۰۱۹ باران شدید در ایران آغاز شد و تا آوریل ۲۰۱۹ ادامه یافت که منجر به جاری شدن سیل در ۳۱ استان شد. این سیل در ابتدا در شمال شرقی ایران از جمله شهرهای گرگان، بندر ترکمن، آزادشهر، آق‌قلا، گنبدکاووس، بندر گز، علی‌آباد و مینودشت آغاز شد. (www.ifrc.org) دفتر هماهنگی امور بشردوستانه سازمان ملل متحد گزارش داد در اثر بارش‌های مارس و آوریل ۲۰۱۹ در ایران در حدود ۱۴۰ رودخانه طغیان کرده‌اند و استان‌های گلستان، ایلام، لرستان و خوزستان به شدت آسیب دیده‌اند. این سیلاب گسترده در ایران حدود ۱۰ میلیون نفر (حدود یک از ۸ شهروند ایران) را تحت تأثیر قرار داد که ۷۸ نفر جان خود را از دست داده و ۱۱۳۷ نفر نیز زخمی شدند. براساس گزارش‌های فدراسیون بین‌المللی جوامع صلیب سرخ و هلال احمر، ۳۸۰۰ شهر و روستا در اثر سیل‌ها متأثر شده‌اند، ۶۵۰۰۰ خانه ویران شده حدود ۳۶۵۰۰۰ نفر به طور موقت آواره شدند و در پناهگاه‌های اضطراری یا موقتی اقامت گزیدند. با در نظر گرفتن خسارت‌ها، این یکی از بزرگ‌ترین فجایع طبیعی طی ۲۰ سال گذشته در ایران بوده است (شکری^۵ و همکاران، ۲۰۲۰). با توجه به موارد فوق، تهیه نقشه‌های مناطق احتمال خطر سیل می‌تواند پایه‌ای برای استراتژی کاهش خطر سیل باشد هرچند تهیه این نقشه‌ها در کشورهای درحالی‌که توسعه

1 Anees

2 Rahmani-Rezaeieh

3 Nkwunonwo

4 Geravand

5 Shokri

به‌اندازه کافی مورد توجه قرار نگرفته است علاوه بر آن تهیه آن‌ها احتیاج به مدل رقومی ارتفاعی دقیق (لیدار) دارد که در کشورهای در حال توسعه در دسترس نیست (نکوننو و همکاران، ۲۰۲۰). مدل‌سازی عددی یک موضوع مهم در مدیریت احتمال خطر سیلاب می‌باشد از دهه ۱۹۷۰ مدل‌های عددی یک بعدی در زمینه مدل‌سازی سیلاب مورد استفاده قرار گرفت. ساختن مدل‌های عددی شامل چهار مرحله، ساختن مدل ریاضی با فرضیات مناسب، توسعه یک مدل عددی مناسب، به دست آوردن نتایج و در نهایت تفسیر نتایج به کمک جداول و نمودارها و نمایش گرافیکی و ارائه راه‌حل‌های ممکن می‌باشد (آنیس و همکاران، ۲۰۱۶؛ خلف الله و سعیدی^۱، ۲۰۱۸). مدل‌های عددی یک بعدی به علت محاسبه سریع و کاربرد آسان آن مورد توجه اغلب محققان قرار گرفت (خلف الله و سعیدی، ۲۰۱۸؛ پاراهی^۲، ۲۰۱۸). با پیشرفت فناوری محاسباتی مدل‌های عددی یک یا دو بعدی و چند بعدی توسعه یافت که ابتدا در زمینه مطالعات فرسایش و رسوب و سپس در زمینه هیدرولوژی مورد استفاده قرار گرفت (دوتا^۳ و همکاران، ۲۰۱۳؛ ساملا^۴ و همکاران، ۲۰۱۷). در میان مدل‌های عددی، HEC_RAS مدل یک بعدی عددی می‌باشد که به دلیل سازگاری با GIS به‌طور گسترده مورد استفاده قرار گرفت و به‌وسیله (برونر^۵، ۲۰۰۱) توسعه پیدا کرد و جریان‌های هیدرولیک را به‌صورت جریان‌های پایدار و ناپایدار و محاسبات انتقال و رسوب و مدل‌سازی دمای آب را انجام می‌دهد (شیلی^۶ و همکاران، ۲۰۱۵). مطالعات متعددی با نرم‌افزار HEC_RAS انجام می‌شود که شامل محاسبات تعیین پهنه‌های سیلاب (بلانگر^۷ و همکاران، ۲۰۱۵؛ کویروگا^۸ و همکاران، ۲۰۱۶) و علاوه بر آن، پاراهی و همکاران (۲۰۱۸) به مدیریت سیلاب رودخانه ماهاندی با استفاده از RSA-HEC و توزیع گامبل به مطالعه پرداخته است که در این مطالعه سیل با دوره بازگشت ۲۵ ساله با توجه به تغییرات آب و هوایی مورد مطالعه قرار گرفته است نتایج نشان می‌دهد که از ۳۶ مقطع برداشت شده ۲۳ مقطع آب ۰،۱۱ تا ۱۰ متر در ساحل سمت چپ و ۹ متر در ساحل سمت راست افزایش پیدا کرده است و همچنین زلناکووا^۹ و همکاران (۲۰۱۹) به مدل‌سازی احتمال خطر سیلاب رودخانه اسلاوینس در اسلواکی به مطالعه پرداخته‌اند که با تلفیق GIS و ارزیابی آسیب‌های سیل را با استفاده از تحلیل هزینه (CA) انجام داده‌اند که این مدل در (RAS-HEC) اجرا شده است که در نهایت مناطق احتمال خطر سیلاب مشخص گردیده است و میزان خسارت محاسبه شده است. علاوه بر آن بسیاری از پژوهشگران به مطالعه تغییرات مورفولوژی کانال و بستر (هاپکینز و داوون^{۱۰}، ۲۰۱۵) و شبیه‌سازی حمل و انتقال رسوب (علی و همکاران،

1 Khalfallah & Saidi

2 Parhi

3 Dutta

4 Samela

5 Brunner

6 Shelley

7 Bélanger

8 Quiroga

9 Zelenakova

10 Hopkins and Dawers

۲۰۱۴)، با استفاده از نرم‌افزار RAS-HEC به مطالعه پرداخته‌اند. لازم به ذکر است که در راستای برآورد و پهنه‌بندی سیلاب در مناطق مختلف با استفاده از روش‌های مختلف مدل‌های یک بعدی و دو بعدی در ایران مطالعات مختلفی صورت گرفته است که می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد از جمله رضایی مقدم و همکاران (۱۳۹۶)، حجازی و همکاران (۱۳۹۸) و شفیعی و همکاران (۱۳۹۹) به پهنه‌بندی خطر وقوع سیلاب با استفاده از مدل یک بعدی HEC-RAS و همچنین روستایی و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از شبیه‌سازی دو بعدی جریان در محیط نرم‌افزار Milk به مطالعه رفتار هیدرولیک رودخانه پرداخته‌اند و پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه کرده‌اند و علاوه بر آن نوروژی و همکاران (۱۳۹۵) به محاسبه اثر عدم قطعیت تابع دبی - احتمال در برآورد ریسک خسارت کشاورزی ناشی از سیل با کمک HEC-RAS و با استفاده از روش مونت کارلو به مطالعه پرداخته است در نهایت با تلفیق ریسک زمانی و مکانی خسارت عدم قطعیت تابع دبی - احتمال در محاسبه ریسک منظور گردید و خسارت سالیانه مورد انتظار کشاورزی محاسبه شد؛ بنابراین هدف اصلی این مطالعه تخمین میزان سیلاب و خسارات حاصل از آن است بازه مورد مطالعه بخشی از رودخانه دینور به طول ۲۰ کیلومتر است. حوضه دینور از زیر حوضه‌های حوضه آبریز گاماسیاب می‌باشد. با توجه به وضعیت اقلیمی و بیشترین میانگین دبی سالیانه ۱۲۲۲/۷۷ مترمکعب بر ثانیه در سال از مناطق مستعد سیل است و علاوه بر اینها با توجه به محدودیت منابع آبی در کشور، بهره‌وری پایین، تمرکز مراکز جمعیتی، کشاورزی و صنعت در حاشیه رودخانه دینور روند استفاده از این منابع را تشدید نموده و آن‌ها را در معرض انواع تهدیدها قرار داده است، به‌طوری‌که بی‌توجهی به این موضوع می‌تواند روند توسعه این مناطق را در آینده نزدیک با موانع و تنگناهای جدی مواجه نماید به همین دلیل جهت مدیریت سیلاب رودخانه دینور و کاهش میزان خسارت و استفاده درست از منابع آبی با کمک مدل یک بعدی HEC-RAS پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه و میزان خسارت آن برآورد شده است.

۲- مواد و روش

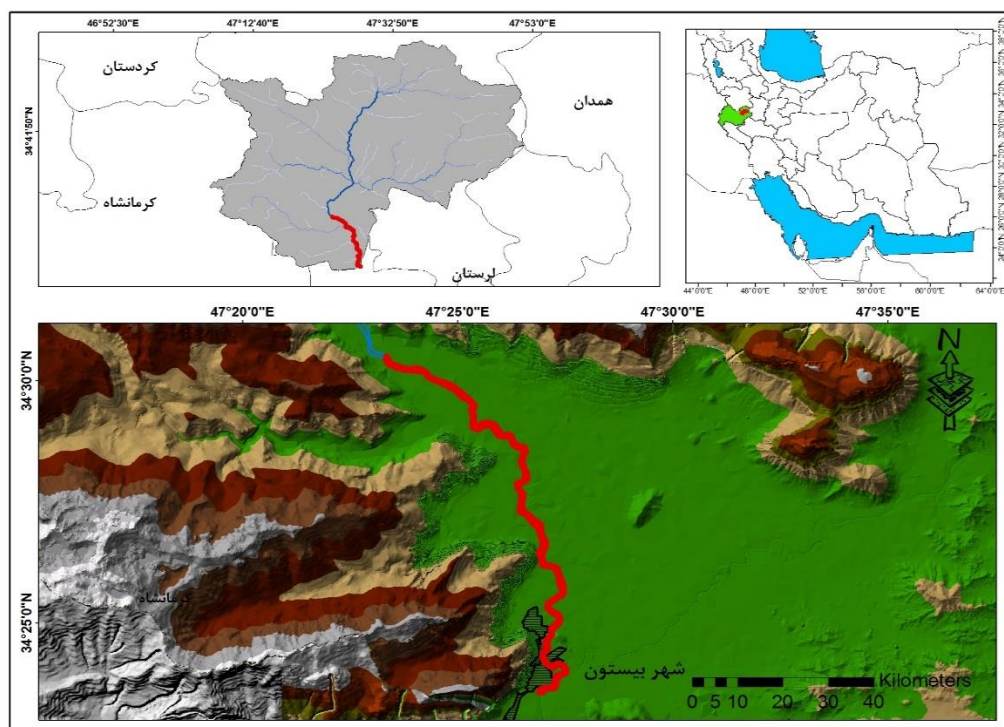
۲-۱- منطقه پژوهش

برای تعیین محدوده ابتدا حدود طبیعی حوضه آبریز دینور بر روی ۱۰ شیت نقشه توپوگرافی در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ ترسیم شد. منطقه مورد مطالعه بین $47^{\circ}5'$ تا $47^{\circ}51'$ طول شرقی و $34^{\circ}23'$ تا $34^{\circ}53'$ عرض شمالی واقع شده است. حوضه مربوطه در شمال شرق استان کرمانشاه واقع شده است و از نظر تقسیمات سیاسی جزء شهرستان‌های سنقر و صحنه می‌باشد (شکل ۱). وسعت حوضه آبریز ۲۱۹۰ کیلومترمربع، محیط حوضه دینور برابر با ۳۰۷ کیلومتر و حداقل ارتفاع حوضه ۱۲۰۰ متر و حداکثر ارتفاع آن ۳۳۰۰ متر می‌باشد (جدول ۱). تمامی رودخانه‌های حوضه به رودخانه دینور ختم می‌شوند و رودخانه دینور به گاماسیاب می‌ریزد. از مهم‌ترین

رودخانه‌های حوزه می‌توان به رودخانه‌های عالی‌سیاه، چم سرخلیجه، کنگر شاه و دینور اشاره کرد. از ارتفاعات مهم حوزه می‌توان به ارتفاعات پراو، دالاخانی درویش‌ری، امروله و ... اشاره کرد. مراکز مهم سکونت‌نای حوزه آبریز دینور عبارتند از سنقر، میانراهان، فارسینج، کندوله، سطر می‌باشد. متوسط بارش سالیانه منطقه در یک دوره آماری ۲۴ ساله ۴۱۹/۵ میلی‌متر و متوسط درجه حرارت نیز ۱۴ درجه سانتی‌گراد، کمترین متوسط دما در دی‌ماه به میزان ۶- درجه سانتی‌گراد و بیشترین مقدار متوسط دما در تیرماه به میزان ۲۸ درجه می‌رسد. اقلیم منطقه در اقلیم نمای آمبرژه در اقلیم نیمه‌خشک سرد قرار می‌گیرد و ایستگاه هیدرومتری حیدرآباد بر روی رودخانه دینور در مرز خروجی حوزه آبریز دینور قرار دارد.

جدول ۱- مساحت و محیط و طول حوزه و ضرایب شکل حوزه آبریز دینور

واحد هیدرولوژیک حوزه آبریز گاماسیاب	مساحت (km ²)	محیط (km)	طول حوزه (km)	ضرایب شکل حوزه			
				گراویلیوس	شیوم	روش هورتن	روش میلر
دینور	۲۱۹۰	۳۰۷	۸۵/۵	۱/۸	۱/۹۳	۰/۲۹	۰/۲۹



شکل ۱- نقشه موقعیت حوزه آبریز دینور در استان و کشور

۲-۲- روش پژوهش

به منظور انجام مطالعات تعیین حدود بستر و تهیه مدل رقومی ارتفاع منطقه، از نقشه ۱:۲۵۰۰۰ سازمان نقشه برداری استفاده شده است و مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک ۵ متر منطقه تهیه شده است. ترسیم نقشه ها و تحلیل داده ها در محیط نرم افزار GIS و تهیه مدل هیدرولیکی در نرم افزار HEC-RAS با ورژن (۵,۰,۳) ایجاد شده است. در محیط GIS با استفاده از ابزار HEC-Geo RAS برای تهیه داده های هندسی و محاسبات مسیر رودخانه، رسم مقاطع و انتقال آن ها به HEC-RAS استفاده گردید. در اولین مرحله در HEC-Geo RAS لایه خط مرکزی جریان تهیه گردید. از این لایه به منظور تعیین محدوده قرارگیری مقاطع، نمایش موقعیت رودخانه در مدل HEC-RAS و تعریف جهت جریان در رودخانه استفاده گردید. در ادامه جهت جداسازی مجرای اصلی رودخانه از سواحل آن، لایه سواحل رودخانه^۱ ترسیم و در ادامه لایه ابعاد مسیر جریان تهیه گردید. از این لایه به منظور تعیین ابعاد مسیر هیدرولیکی جریان در مجرای اصلی جریان و ساحل چپ و راست آن در ناحیه سیلاب گیر استفاده شده است. کلید اصلی شبیه سازی سیلاب، مقاطع عرضی می باشند، مقاطع در جهت جریان، عمود بر مسیر جریان از ساحل سمت چپ به ساحل سمت راست کشیده شد. HEC-Geo RAS تمام اطلاعات ژئومتری رودخانه با کمک لایه RAS تهیه می شود. لایه های RAS ویژگی های ژئومتری زمینی را با رقومی کردن لایه های مختلف و سپس بازیابی دوباره داده ها جمع بندی می کند (یرامیلی^۲، ۲۰۱۲). در ادامه اطلاعات به محیط HEC-RAS منتقل شدند. یکی از پارامترها در مدل سازی، ضریب مانینگ است که بر روی سرعت جریان و پهنه گسترش سیلاب تأثیرگذار است. مقدار ضریب زبری مانینگ به عواملی از قبیل: زبری بستر کانال، نامنظمی سطح مقطع، پوشش گیاهی، شکل مسیر، وجود موانع در مسیر جریان، دبی جریان بستگی دارد (کوان^۳، ۱۹۵۶؛ سانچز و رومان^۴، ۲۰۰۷). جهت محاسبه ضریب زبری مانینگ از روش کوان (۱۹۵۶) استفاده شده است (جدول ۲). در مرحله بعد جهت تعیین دوره بازگشت از دبی پیک لحظه ای حیدرآباد با دوره آماری مشترک ۴۱ ساله (۱۳۵۵-۱۳۹۶) استفاده شده است. با استفاده از نرم افزار SMADA با توزیع پیرسون تیپ سه، که انطباق منحنی تئوری با داده های تجربی دارای بهترین برازش بوده است انتخاب شد و دبی پیک لحظه ای برای دوره بازگشت های ۲ و ۳ و ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله محاسبه شد (جدول ۲). برای محاسبه پروفیل های سطح آب از حالت جریان دائمی و رژیم فوق بحرانی استفاده گردید. نتایج حاصل HEC-RA به محیط GIS منتقل شده است و پهنه سیلاب در طول رودخانه دینور محاسبه و مدل سازی گردید.

1 Bank Lines

2 Yerramilli

3 COON

4 Sanchez and Roman

جدول ۲- مقدار ضریب زبری مانینگ در مقاطع رودخانه دینور

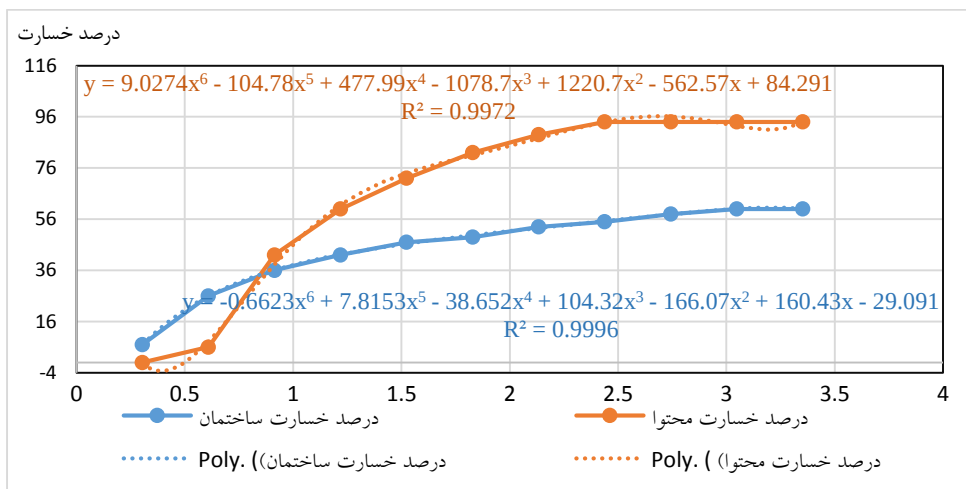
شماره بازه	مقاطع	ساحل چپ	کانال	ساحل راست
۱	۱-۱۰۰	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۶
۲	۱۰۱-۲۰۰	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۵
۳	۲۰۱-۳۳۰	۰/۰۷	۰/۰۴	۰/۰۷

جدول ۳- دبی با دوره بازگشت‌های مختلف رودخانه دینور

ایستگاه	۲	۵	۱۰	۲۵	۵۰	۱۰۰	۲۰۰
حیدرآباد	۱۱۴/۰۱	۱۵۵/۸۲	۲۵۷/۵۸	۳۲۰/۶۱	۳۶۱/۹۸	۳۹۸/۷۳	۴۳۱/۳۸

میزان خسارت براساس نشریه ۱۶۴ نون وزارت نیرو انجام گرفته است. بر اساس این نشریه، درصد خسارت در کشور آمریکا با توجه به متغیرهای مدت و عمق متفاوت است. (معاونت امور آب و آبفا وزارت نیرو، ۱۳۹۵) در این پژوهش مدت استغراق کمتر از ۲۴ ساعت در نظر گرفته شده است و از طریق پرسش محلی و مشاهدات میدانی نوع محصول غالب و میزان درآمد حاصل از محصول در هر هکتار و ارزش ساختمان‌های روستایی و محتوای آن‌ها به دست آمده است (جدول ۵). برای برآورد خسارت وارده به ساختمان‌ها از نمودار خسارت بی بعد وارده به کاربری‌های مختلف که توابع خسارت فیزیکی آن‌ها توسط بیمه فدرال ایالات متحده تهیه شده، استفاده شده است (شکل ۲). در ادامه برای تعیین تابع عمق خسارت برای هر محصول کشاورزی یا برای هر ترکیب کشت، برقراری معیار درصد خسارت ناشی از سیلاب با ارتفاع مشخص برای هر یک از ماه‌ها یا فصول، مرحله رشد در طول دوره رشد گیاه است که در جدول (۴) بیان شده است استخراج گردید. سپس کاربری اراضی حوضه دینور براساس پهنه سیل با دوره بازگشت مختلف جدا شده و میزان عمق آب هر پیکسل در دوره بازگشت‌های مختلف در هر کاربری استخراج شده است. در مرحله بعد جهت محاسبه خسارت ساختمان‌های روستایی براساس نشریه ۱۶۴ نون وزارت نیرو ابتدا ارزش ساختمان برآورد می‌شود (جدل ۵) و سپس برای محاسبه خسارت در یک عمق مشخص، ارزش ساختمان به درصد برای همان عمق به‌عنوان ضریب لحاظ می‌شود (شکل ۲).

حال برای ارزیابی خسارات وارده بر کاربری‌های مختلف، پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف که حاوی اطلاعات عمق آب می‌باشد از شبیه‌ساز HEC-RAS به صورت فایل RASTER به نرم‌افزار ArcGIS انتقال داده شد. با توجه به قابلیت‌های GIS، اطلاعات ارتفاع عمق آب در تمامی پیکسل‌های تحت تأثیر قابل استخراج می‌باشد. با همپوشانی نقشه‌های کاربری اراضی با نقشه‌های رستری، پهنه‌بندی دوره بازگشت‌های مختلف کاربری‌های زیر آب رفته مشخص شد. سپس خسارت‌های وارده بر کاربری‌های زیر آب رفته (مسکونی و کشاورزی) با توجه به ارزش هر کاربری محاسبه شده است.



شکل ۲- معادله درصد خسارت برای نوع ساختمان و محتوای آن‌ها در ارتباط با عمق آب (سازمان بیمه فدرال آمریکا)

جدول ۴- درصد خسارت برای گیاهان زراعی و نوع ساختمان و محتوای آن‌ها در ارتباط با عمق آب کشاورزی و مسکونی (سازمان بیمه فدرال آمریکا). نشریه ۱۶۴ نون وزارت نیرو

نوع کاربری	نوع محصول	ماه	درصد خسارت برای عمق‌های مختلف	
			X>0.6	X<0.6
کشاورزی	گندم	مارس	۱۰	۷
		آوریل	۴۱	۳۷
		می	۶۱	۳۹
		جون	۲۷	۴۸
		جولای	۳۶	۲۱
		اوت	۹	۵
		سپتامبر	۷	۴
		اکتبر	۹	۵
		نوامبر	۷	۵
	ذرت	آوریل	۱	۱
		می	۸	۶
		جون	۴۱	۲۸
		جولای	۵۶	۲۱
		اوت	۲۶	۸
		سپتامبر	۱۸	۳
		اکتبر	۱۴	۲
		نوامبر	۳	---
	جو	آوریل	۳۵	۲۲

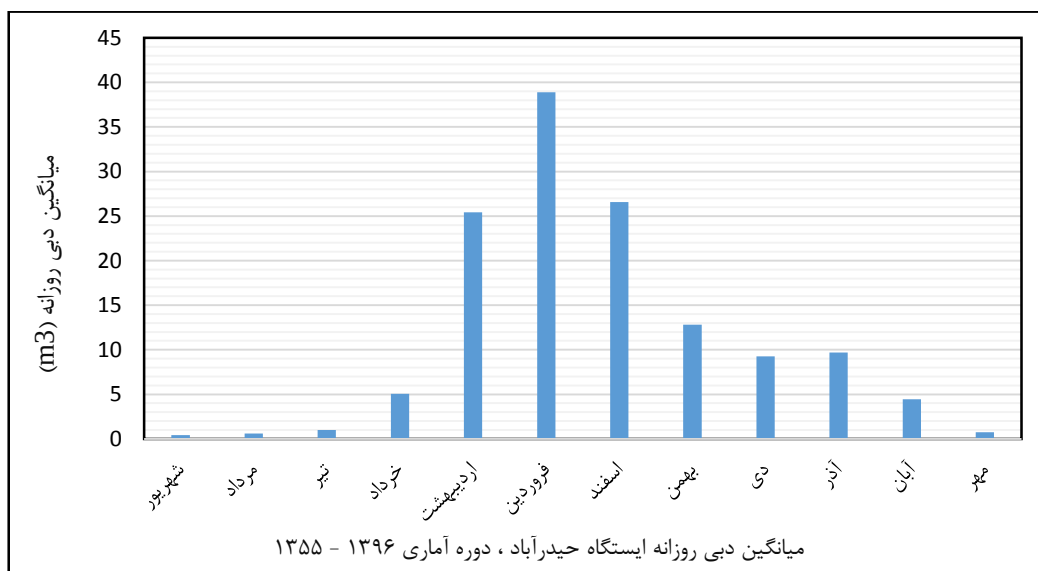
نوع کاربری	نوع محصول	ماه	درصد خسارت برای عمق‌های مختلف	
			$X > 0.6$	$X < 0.6$
		می	۱۹	۱۳
		جون	۳۵	۲۴
		جولای	۳۰	۲۰

جدول ۵- ارزش پیکسل‌های محاسبه شده در کاربری کشاورزی و مسکونی

نوع کاربری	متوسط مساحت زیر بنا (مساحت هر پیکسل) مترمربع	ارزش ساختمان (به میلیون تومان)	ارزش محتویات (میلیون تومان)
مسکونی	۴۰۰	۴۳	۳۰
کشاورزی	۴۰۰	ارزش هر پیکس به تومان	
		گندم	۳۶۰۰۰۰
		ذرت	۴۸۰۰۰۰
		جو	۲۰۰۰۰۰

جدول ۶- میانگین دبی روزانه ایستگاه حیدرآباد در دوره آماری ۱۳۵۵ - ۱۳۹۶

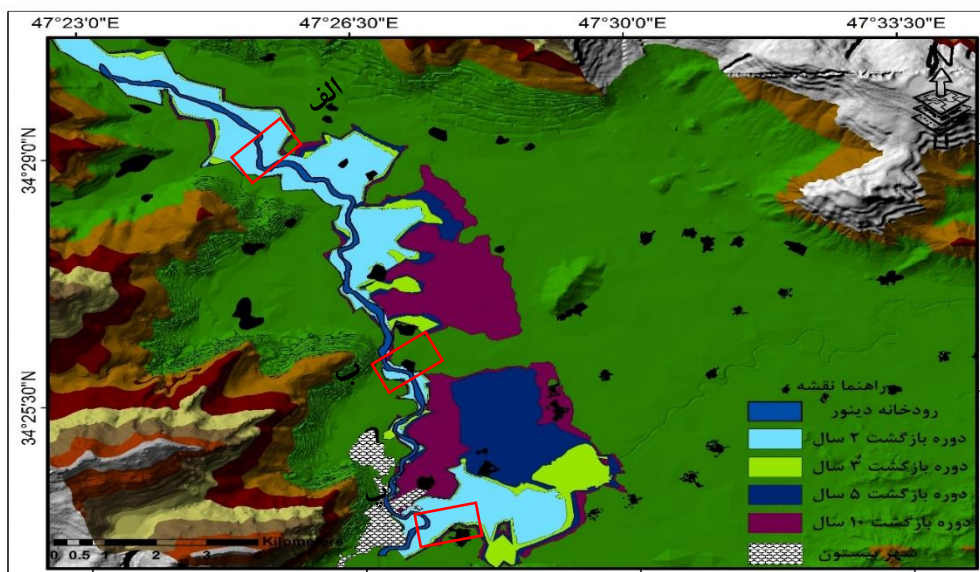
مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	سال
۰/۶۷	۴/۴۴	۹/۶۸	۹/۲۴	۱۲/۸۳	۲۶/۵۷	۳۸/۸۹	۲۵/۴۱	۵/۰۷	۱/۰۱	۰/۶۱	۰/۴۲	۱۳۹۶ - ۱۳۵۵



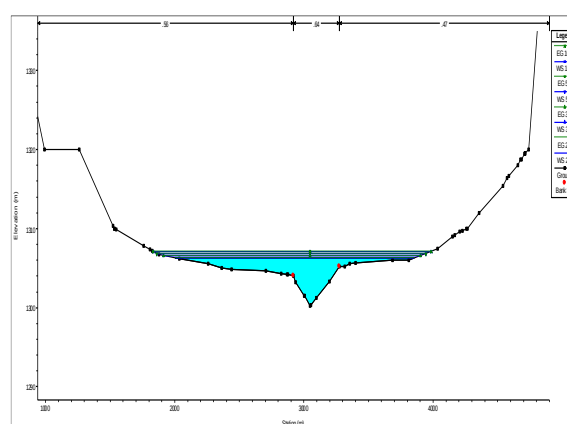
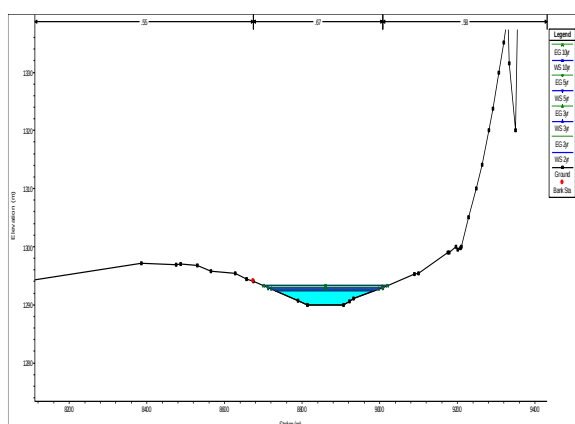
شکل ۳- میانگین دبی ماهیانه ایستگاه حیدرآباد حوضه آبریز دینور

۳- نتایج و بحث

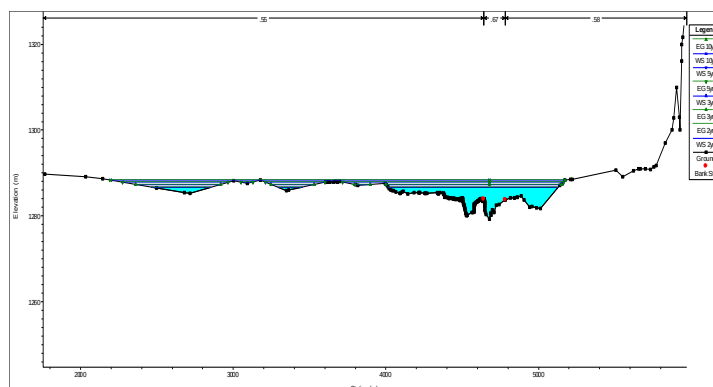
شبیه‌سازی جریان‌های پایدار با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS در طول رودخانه دینور با طول ۲۰ کیلومتر از حدود سد انحرافی نازیان تا محدود شهر بیستون در استان کرمانشاه شبیه‌سازی شده است. رودخانه دینور در بازه مورد مطالعه دارای ضریب انحنای ۱/۴۳ بوده است و از نظر الگوی، دارای الگوی سینوسی می‌باشد. شیب رودخانه ۰,۱۱۸ درصد بوده است که در داخل دشت چمچمال جریان پیدا کرده است. واحد دشت دارای رسوبات منفصلی با شیب کمتر از ۸٪ دیده می‌شود که بر روی سازندهای قدیمی قرار می‌گیرد و تمام زمین‌های اطراف رودخانه دینور دارای کاربری کشاورزی (اغلب گندم، ذرت) بوده است. جنس رسوبات کف بستر رودخانه از واحدهای سنگی شیلی و مارن تشکیل شده است، در منطقه مورد بحث دشت آبرفتی و بعضی از واریزه‌های ریزدانه نیز دیده می‌شود که باعث ایجاد مجموعه‌های ریزدانه می‌گردد و محل استفاده آن‌ها در سدهای خاکی استفاده می‌شود و در سمت راست رودخانه ارتفاعات کوهستانی پراو قرار داشته است. این واحد دارای شیب بیش از ۲۵٪ و اختلاف ارتفاع نسبی بالاتر از ۵۰۰ متر است. این مناطق کوهستانی با دامنه موافق یکنواخت که با توجه به جنس سخت سنگی آن میزان فرسایش کم بوده و دارای رخنمون سنگی تقریباً یکنواخت می‌باشد. ایستگاه حیدرآباد، بر روی مرز خروجی محدوده آبریز دینور بر روی رودخانه دینور قرار داشته و دبی حداکثر لحظه‌ای در دوره بازگشت‌های ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال از آن استخراج گردیده است (جدول ۳). شبیه‌سازی سیل در دوره بازگشت‌های مختلف برای منطقه مورد مطالعه محاسبه شده است. پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های ۲، ۳، ۵ و ۱۰ سال دارای آهنگ ملایمی بوده است اما در دوره بازگشت‌های ۲۵ سال به بعد دارای آهنگ نسبتاً سریعی بوده است (شکل ۴ و ۵). در قسمت پایین‌تر رودخانه دینور به علت شیب کمتر، پهنه سیلاب گسترده‌تر شده است و تعدادی از مراکز روستایی در دوره بازگشت‌های ۵ و ۱۰ سال در معرض مخاطره سیل قرار گرفته‌اند. در دوره بازگشت ۵ به‌طور متوسط به ترتیب در ساحل سمت راست پهنه گسترش سیلاب ۲۰۰ تا ۵۰۰ و ساحل سمت چپ ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ متر گسترش پیدا کرده است و در دوره بازگشت ۱۰ سال ۵۰۰ تا ۸۰۰ متر در ساحل سمت راست و ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر در ساحل سمت چپ پهنه سیلاب گسترش داشته است (شکل ۴ و ۵).



شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دینور در دوره بازگشت ۲ و ۳ و ۵ و ۱۰



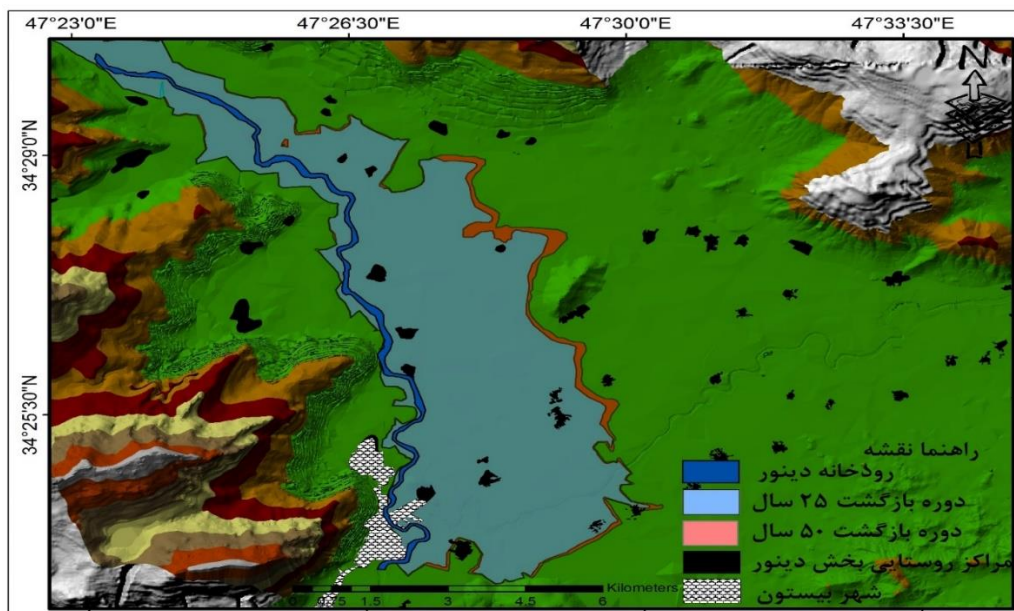
الف: حد گسترش سیلاب در کرانه‌های چپ و راست در دوره بازگشت‌های ۲، ۳، ۵ و ۱۰ سال



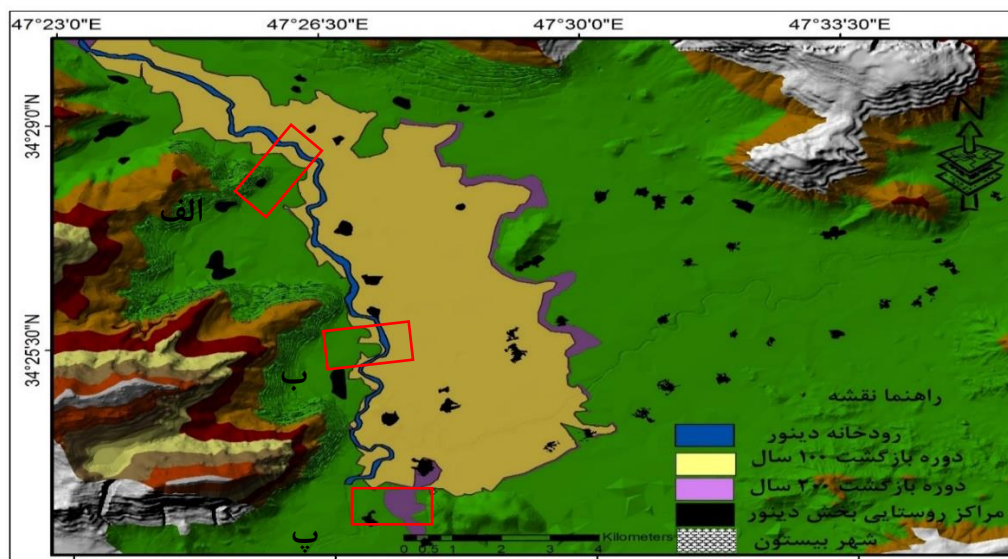
ب: حد گسترش سیلاب در کرانه‌های چپ و راست در دوره بازگشت‌های ۲، ۳، ۵ و ۱۰ سال

با توجه به تغییرات آب و هوایی مهم‌ترین دوره بازگشت، دوره بازگشت ۲۵ سال می‌باشد (پاراهی و همکاران، ۲۰۱۸). پهنه سیلاب در این دوره بازگشت نسبت به دوره بازگشت‌های قبل آهنگ گسترش سریعی داشته است. در ساحل سمت چپ حداکثر گسترش را داشته است و به بیش از ۲/۵ کیلومتر رسیده است و در دور بازگشت ۵۰ سال به حدود ۳ کیلومتر و در دوره بازگشت ۱۰۰ سال به ۳/۳ کیلومتر رسیده است (شکل ۵).

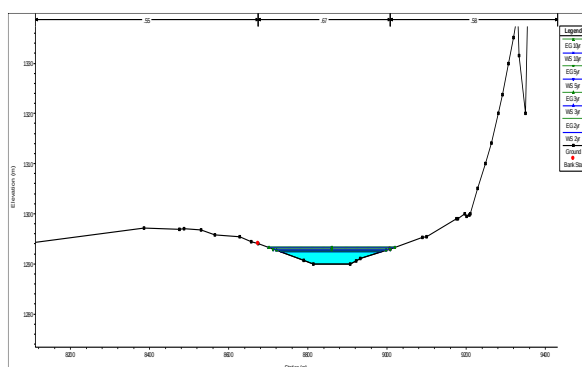
در ابتدای بازه مورد مطالعه، پهنه سیلاب به علت محدودیت توپوگرافی در دوره بازگشت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال آهنگ رشد کمتری داشته است و در این بخش سیلاب دارای بیشترین عمق بوده است. پهنه‌های گسترش سیلاب بسیار به هم نزدیک شده است. در این محدوده فرم کانال و دشت سیلابی به‌طور کامل تحت تأثیر نیمرخ عرضی دره قرار گرفته است و با توجه به توپوگرافی، گسترش عرضی زیادی نداشته و تفاوت دوره بازگشت‌های مختلف از طریق ارتفاع آب مشخص می‌شود (شکل ۵ و ۶). علاوه بر آن در ساحل سمت راست به علت محدودیت توپوگرافی (کوهستانی بودن) سیلاب گسترش چندانی نداشته است ولی در ساحل سمت چپ (با توجه به شیب دشت چمچمال) به حداکثر گسترش خود رسیده است. همچنین مساحت پهنه سیلاب در دوره بازگشت‌های ۲۵ سال معادل ۴۰/۳۴، ۵۰ سال معادل ۴۳/۵۱ و ۱۰۰ سال معادل ۴۴/۲۸ و ۲۰۰ سال معادل ۴۹/۱۶ کیلومترمربع بوده است. علاوه بر آن میزان عمق آب در دوره بازگشت‌های ۲۵ سال ۱، ۵۰ سال ۱۰/۳۰ و ۱۰۰ سال ۱۰/۸۶ و ۲۰۰ سال ۱۰/۹۸ متر بوده است. در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال اغلب مراکز روستایی و بخش شرقی شهر بیستون در معرض مخاطره سیلاب قرار گرفته‌اند (شکل ۵ و ۶).



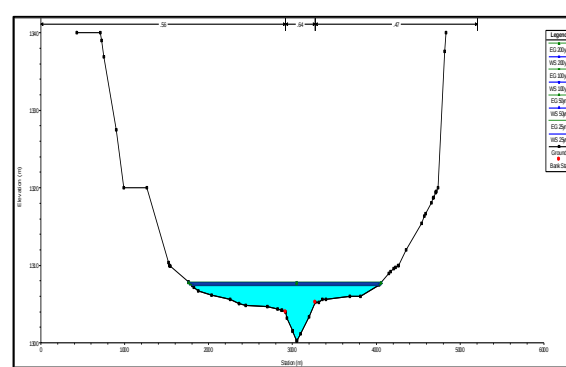
شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دینور در دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ سال



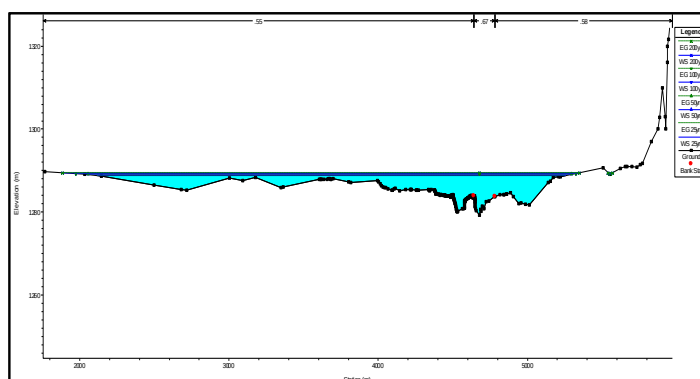
شکل ۶- نقشه پهنه‌بندی سیلاب رودخانه دینور در دوره بازگشت ۱۰۰ و ۲۰۰



ب: حد گسترش سیلاب در کرانه‌های چپ و راست در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال



الف: حد گسترش سیلاب در کرانه‌های چپ و راست در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ سال



پ: حد گسترش سیلاب در کرانه‌های چپ و راست در دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰

جدول ۷- مساحت پهنه گسترش سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف

پهنه سیلاب	مساحت
۲ سال	۱۶۷۱
۳ سال	۱۸۹۱
۵ سال	۲۵/۵۹
۱۰ سال	۳۷/۵۱
۲۵ سال	۴۰/۳۴
۵۰ سال	۴۳/۵۱
۱۰۰ سال	۴۴/۲۸
۲۰۰ سال	۴۹/۱۶

۴- برآورد خسارت

با توجه به اینکه رودخانه دینور از داخل منطقه روستایی عبور می‌نماید، زمین‌های اطراف رودخانه اغلب کاربری‌های مختلف از جمله دارای کاربری کشاورزی - مسکونی بوده است و با توجه به اطلاعات مربوط به کاربری ساختمانی و کشاورزی که از طریق پرسش‌نامه گروه‌های خسارت (بخش کشاورزی و مسکونی) در منطقه به دست آمده است و نیز اطلاعات دیگر شامل فایل رستر عمق آب دوره بازگشت‌های مختلف منطقه تحت تأثیر سیلاب و با کمک منحنی تابع عمق و خسارت، میزان خسارت در بخش کشاورزی و مسکونی محاسبه شده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که با توجه به اینکه کشت غالب منطقه شامل گندم (۷۰ درصد)، ذرت (۲۰ درصد) و جو (۱۰ درصد) است، میزان خسارت در سه دوره بازگشت ۲۵ سال، ۵۰ سال و ۱۰۰ سال محاسبه گردید (جداول ۸ و ۹ و ۱۰).

برای برآورد خسارت وارده به ساختمان‌ها با استفاده از نمودار خسارت بی بعد وارده به کاربری‌های مختلف، بیشترین میزان خسارت مربوط به بخش خسارت ساختمان رخ داده است و علاوه بر آن با توجه به نتایج میزان خسارت سیلاب ۱۰۰ ساله نسبت به ۲۵ ساله، در حدود ۷۰ درصد و نسبت به ۵۰ ساله متوسط ۸۵ درصد بیشتر بوده است. میزان خسارت‌های برآورد شده به تفکیک در جداول ۸ و ۹ و ۱۰ نشان داده شده است (شکل ۷ و ۸).

جدول ۸- میزان خسارت محاسبه شده اراضی سیل گرفته و خسارت کل در ارتباط با احتمال سیل در دوره

بازگشت ۲۵ سال رودخانه دینور

دوره بازگشت		خسارت وارد شده در سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال به (میلیون تومان)								
ماه		مارس	آوریل	می	جون	جولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر
کشاورزی	گندم	۲۰۲۱/۴	۸۲۰۷/۳	۱۲۱۵۵	۱۴۴۴۰	۷۰۷۷/۸	---	---	---	۱۴۱۹/۷
	ذرت		۸۲/۴	۶۲۲/۵	۳۱۳۹	۳۹۶۶	---	---	---	۱۹۱/۵
	جو	۰	۵۶۷	۳۱۰/۶	۵۷۲/۴	۴۸۹	---	---	---	۰
مسکونی	خسارت ساختمان	۱۲۷۶۴/۷								
	خسارت محتوا	۱۰۸۴۶/۸								
مجموع		۲۵۶۳۳	۳۲۴۶۸/۶	۳۶۷۰۰	۴۱۷۶۳	۳۵۱۴۵	۲۳۶۱۱	۲۳۶۱۱	۲۳۶۱۱	۲۵۲۲۲

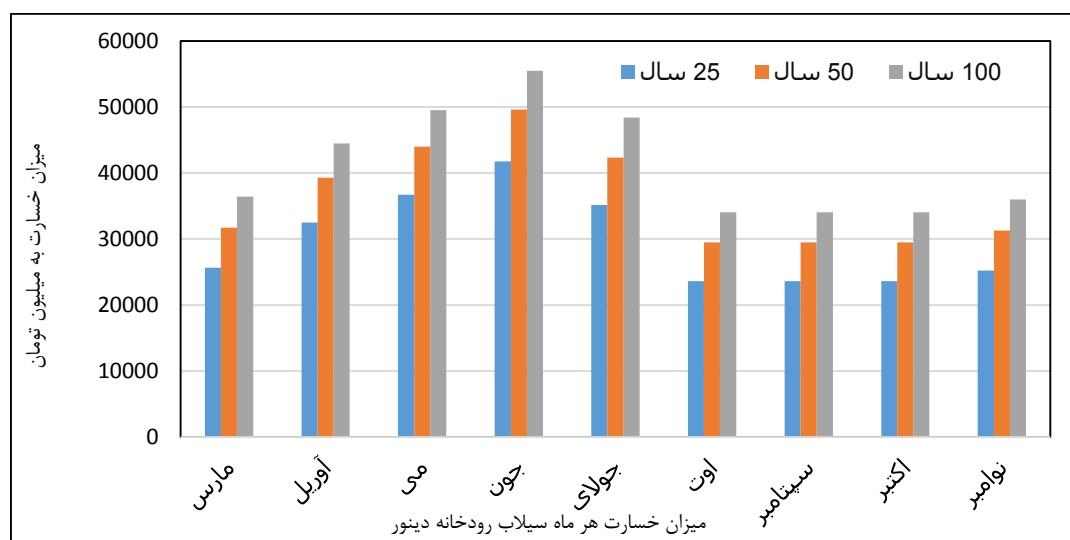
جدول ۹- میزان خسارت محاسبه شده اراضی سیل گرفته و خسارت کل در ارتباط با احتمال سیل در دوره

بازگشت ۵۰ سال رودخانه دینور

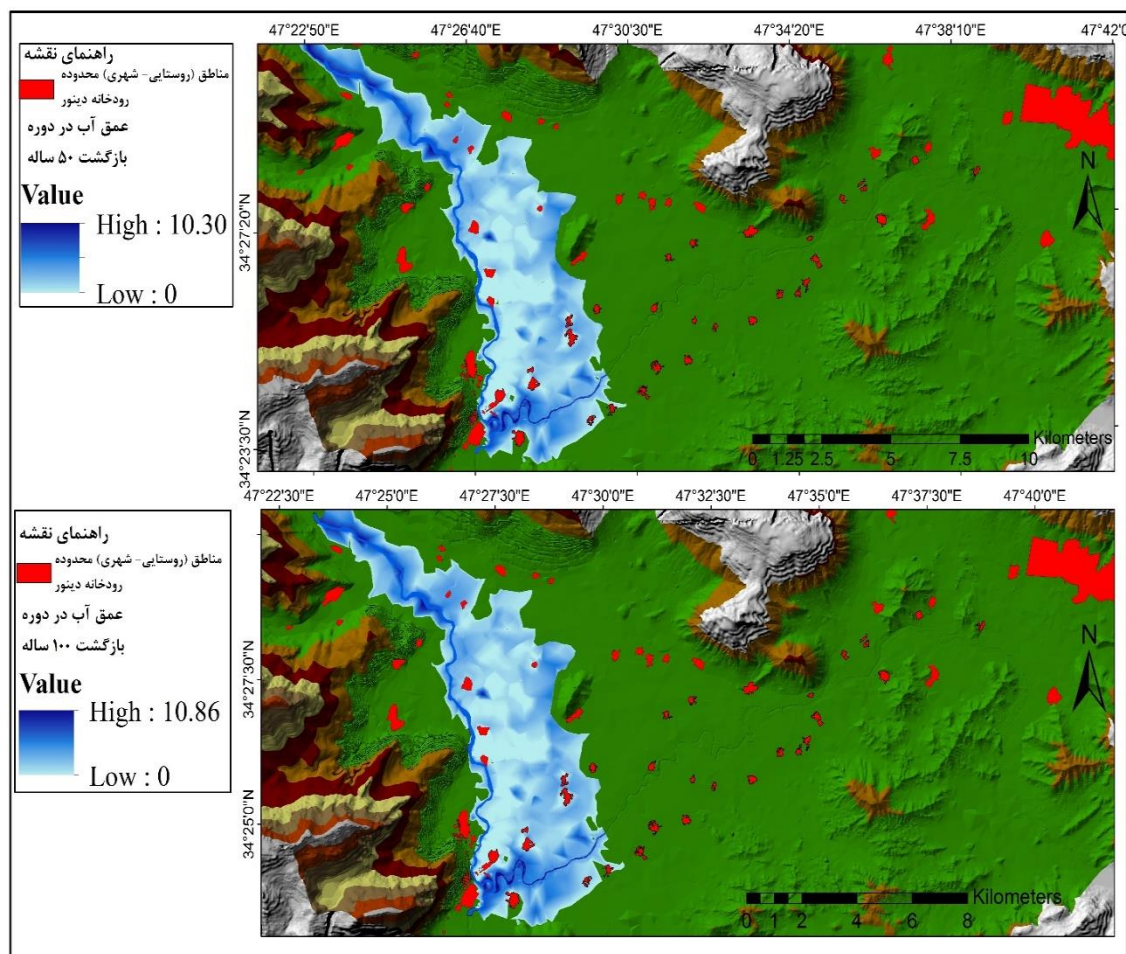
دوره بازگشت		خسارت وارد شده در سیل با دوره بازگشت ۵۰ سال به (میلیون تومان)								
ماه		مارس	آوریل	می	جون	جولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر
کشاورزی	گندم	۲۲۳۵	۹۰۸۵	۱۳۴۶۰	۱۵۹۸۲	۷۸۴۶	---	---	---	۱۵۶۹/۹
	ذرت	--	۹۰/۷	۶۹۰	۳۴۸۹	۴۴۶۰	---	---	---	۲۱۹
	جو	--	۶۲۴	۳۴۱/۸	۶۲۹/۷	۵۳۸	---	---	---	۰
مسکونی	خسارت ساختمان	۱۵۶۲۶/۹								
	خسارت محتوا	۱۳۸۶۷/۴								
مجموع		۳۱۷۳۱	۳۹۲۹۵	۴۳۹۸۷/۹	۴۹۵۹۷	۴۲۳۴۰/۹	۲۹۴۹۵	۲۹۴۹۵	۲۹۴۹۵	۳۱۲۸۴

جدول ۱۰- میزان خسارت محاسبه شده اراضی سیل گرفته و خسارت کل در ارتباط با احتمال سیل در دوره بازگشت ۱۰۰ سال رودخانه دینور

دوره بازگشت		خسارت وارد شده در سیل با دوره بازگشت ۱۰۰ سال به (میلیون تومان)								
ماه		مارس	آوریل	می	جون	جولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر
کشاورزی	گندم	۲۳۸۰	۹۶۷۸	۱۴۳۴۳/۹	۱۷۰۲۳	۸۳۷۰/۴	-----	-----	-----	۱۶۷۰/۷
	ذرت	-----	۹۶	۷۳۶/۶	۷۳۳۱/۳	۵۳۸۰/۵	-----	-----	-----	۲۴۰/۲
	جو	-----	۶۶۰/۵۱	۳۶۱/۸	۶۶۶/۶	۵۶۹/۶	-----	-----	-----	۰
مسکونی	خسارت ساختمان	۱۷۵۹۹/۹								
	خسارت محتوا	۱۶۴۵۱/۷								
مجموع		۳۶۴۳۱/۷	۴۴۴۸۶/۳	۴۹۴۹۴	۵۵۴۷۲/۸	۴۸۳۷۲/۴	۳۴۰۵۱/۷	۳۴۰۵۱/۷	۳۴۰۵۱/۷	۳۵۹۶۲/۶



شکل ۷- توزیع میزان خسارت وارده شده در ماه‌های مختلف (دوره بازگشت ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ سال)



شکل ۸- نقشه عمق آب در دوره بازگشت ۵۰ سال و ۱۰۰ سال رودخانه دینور

۵- نتیجه‌گیری

خطرات ناشی از سیل می‌تواند عواقب چشمگیری را از نظر خسارات دارایی‌ها به دنبال داشته باشد. عوامل تشدید کنندهٔ مخاطرهٔ سیل می‌توانند به توپوگرافی چشم‌انداز یا فعالیت‌های انسانی مانند شهرنشینی و کشاورزی مرتبط باشند. این پژوهش با هدف ایجاد یک مدل هیدرولیکی بر اساس معادلات جریان پایدار و محاسبه پهنه سیلاب در منطقه حوضه آبریز دینور انجام شده است. ویژگی‌های محیط طبیعی، مانند ریخت‌شناسی و توپوگرافی و کاربری به‌عنوان عواملی تعیین‌کننده در مخاطره سیل در نظر گرفته می‌شود که ذاتاً روند، مکانیسم و انتشار جریان سیل را کنترل می‌کند. در یک سرزمین هموار مانند دشت چمچمال دینور سیل در دوره بازگشت ۲۵ و بالاتر تقریباً کل منطقه دشت را پوشانده است. همچنین عمق سیلاب در جایی که کانال عمیق و دامنه‌ها شیب‌دار باشد و زبری مانینگ کم است، زیاد است. این متغیرها در حالی در قسمت بالادست جریان بیشتر و در قسمت پایین‌دست جریان کمتر می-

شود و در مقابل پهنه سیلاب در پایین دست گسترده تر می شود. پهنه سیلاب در دوره های بازگشت ۲۵ سال، ۵۰ سال و ۱۰۰ سال اغلب مناطق وسیعی از دشت چمچمال دینور را در بر گرفته است. نتایج این پژوهش با نتایج سایر محققان از جمله مختاری و همکاران (۱۳۹۶)، پناهی و همکاران (۱۳۹۸)، روستایی و همکاران (۱۳۹۹) و همچنین مهرورز و همکاران (۱۳۹۹) مطابقت دارد. در تمامی این پژوهش ها، پهنه های سیلاب محاسبه و میزان خسارت حاصل از مخاطره سیلاب محاسبه شده است از نظر خسارت، سیل با دوره بازگشت ۲۵ سال یک سیل مبنای نظر گرفته می شود که خسارت قابل توجهی نشان می دهد؛ زیرا تمام مزارع زراعی را تحت کنترل قرار می دهد؛ ولی سیل در دوره بازگشت های کمتر قسمت هایی از مزارع را تحت تأثیر قرار می دهد، اما قابل کنترل است، در حالی که سیل های ۲۵ و ۵۰ و ۱۰۰ ساله بسیاری از مراکز روستایی و مزارع را کامل تحت مخاطره قرار داده است. علاوه بر آن با توجه به نتایج، میزان خسارت سیلاب ۱۰۰ ساله نسبت به ۲۵ ساله، در حدود ۷۰ درصد و نسبت به ۵۰ ساله متوسط ۸۵ درصد بیشتر بوده است که لزوم برنامه ریزی جهت مدیریت و کنترل سیلاب ضرورت دارد. مهم ترین اقدامات در رودخانه ها، جهت کنترل سیلاب می تواند استفاده از کاربری مناسب در پهنه سیلاب باشد در ایران مالکیت حد بستر (دوره بازگشت ۲۵ ساله) در اختیار حکومت جمهوری اسلامی است و طبق مقررات این آیین نامه ها تعیین این حدود توسط وزارت نیرو و یا شرکت های آب منطقه ای تعیین می گردد. در آیین نامه های ایران کاربری (حد بستر، دوره بازگشت ۲۵ ساله)، مشروط به آنکه همراه با سکونت یا توقف روزانه شهروندان نباشد در اراضی (حد بستر) مجاز است: استفاده های کشاورزی نظیر غلات سبزیجات، علوفه و هرگونه کشت زراعی که مانعی در مقابل جریان ننماید و خسارت به آن ها از نظر اقتصادی بالا نباشد و علاوه بر آن استفاده صنعتی و تجاری و غیرسازه ای نظیر پارکینگ موقت و سکوی تخلیه بار مشروط به اینکه مانع در مقابل جریان ایجاد ننماید و ایجاد سازه های متقاطع رودخانه نظیر سدهای انحرافی و اسکله برای مهار سیلاب، از جمله راه کارهایی می باشد که می تواند منجر به کاهش خسارات ناشی از سیلاب گردد.

کتابنامه

- پناهی، رؤیا؛ حسین زاده، محمد مهدی؛ خالقی، سمیه؛ ۱۳۹۸. پهنه بندی مخاطره سیلاب در راستای تعیین حریم رودخانه ها (مطالعه موردی: رودخانه گاماسیاب). *مجله اکو هیدرولوژی*. دوره ۶. شماره ۲. صص ۵۵۳ - ۵۶۷.
- حجازی، اسدالله؛ خدایی قشلاق، فاطمه؛ خدایی قشلاق، لیلا؛ ۱۳۹۸. پهنه بندی خطر وقوع سیلاب در حوضه آبریز ورکش با استفاده از مدل HEC - RAS و الحاقیه HEC- GEO-RAS. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*. سال نوزدهم. شماره ۳. صص ۱۳۷ - ۱۵۵.

رضایی مقدم، محمدحسین؛ یاسی، مهدی؛ نیکجو، محمدرضا؛ رحیمی، مسعود؛ ۱۳۹۷؛ پهنه‌بندی و تحلیل مورفولوژیکی سیلاب رودخانه با استفاده از (RAS-HEC) (از روستای پیرازمیان تا تلاقی رودخانه اهر چای). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. دوره هفتم. شماره ۲۵. صص ۱-۱۵.

روستایی، شهرام؛ ایاسه، فریبا؛ رضایی مقدم، محمدحسین؛ ۱۳۹۹. شبیه‌سازی دو بعدی سیلاب رودخانه ليقوان با تأکید بر دشت سیلابی. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال نهم. شماره ۱. صص ۴۱-۲۸.

شفیعی، خسرو؛ عبادتی، ناصر؛ ۱۳۹۹. پهنه‌بندی سیلاب و شبیه‌سازی رفتار هیدرولیک رودخانه با استفاده از نرم‌افزار HEC-RAS (مطالعه موردی رودخانه مارون - جنوب غرب ایران). *مجله اکوهیدرولوژی*. دوره ۷. شماره ۲. صص ۳۹۷-۴۰۹.

گنجی نوری، زهرا؛ شکوهی، علیرضا؛ پی سینگ، ویجی؛ ۱۳۹۵. محاسبه عدم قطعیت تابع دبی احتمال در برآورد ریسک خسارت کشاورزی ناشی از سیل با استفاده از روش مونت کارلو. *تحقیقات منابع آب ایران*. سال دوازدهم. شماره ۲. صص ۱۳-۲۳.

مختاری، فهیمه؛ سلطانی، سعید؛ موسوی، سید علیرضا؛ ۱۳۹۶. شناسایی مناطق در معرض سیل و ارزیابی خسارات ناشی از آن با استفاده از مدل HEC-FIA، (مطالعه موردی حوضه آبخیز قمصر). *مجله پژوهش‌های آب ایران*. شماره ۲۷. صص ۸۴-۷۳.

معاونت امور آب و آبفا، دفتر استانداردها و طرح‌های آب و آبفا؛ ۱۳۹۵. بررسی خسارت سیلاب نشریه شماره ۱۶۴ *نئون وزارت نیرو*. انتشارات وزارت نیرو.

مهرورز، ارسلان؛ مددی، عقیل؛ اسفندیاری درآباد، فریبا؛ رحیمی، مسعود؛ ۱۳۹۹. شبیه‌سازی سیلاب‌های رودخانه دره آئورت با استفاده از مدل هیدرولیکی HEC-RAS در محیط GIS (محدوده مورد مطالعه: از روستای شورستان تا تلاقی رودخانه ارس). *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*. سال هشتم. شماره ۴. صص ۱۴۶-۱۳۱.

Anees, M.T., Abdullah, K., Nawawi, M. N. M., Rahman, N. N. A., Piah, A. R. M., Zakaria, N., Syakir, M.I and Omar, A. K ., 2016. Numerical modeling techniques for flood analysis, *Journal of African Earth Sciences* 124: 478-486.

Bélanger, B., Biron, T.h., Pascale, M., Larocque, M., Sylvio, D., Taylor, O., Guénolé, C.h., Cloutier, M.A., Desjarlais, C.A., 2015. Freedom space for rivers: An economically viable river management concept in a changing climate. *Geomorphology* 251: 137-148.

Brunner, G. W., 2001. HEC-RAS River Analysis System: User's Manual. US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center.

COON, W. F., 1996. Estimates of Roughness Coefficients for Selected Natural Stream Channels with Vegetated Banks in New York. U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR BRUCE BABBITT, Secretary.

Dutta, D., Teng, J., Vaze, J., Lerat, J., and Marvanek, S., 2013. Storage-based approaches to build floodplain inundation modelling capability in river system models for water resources planning and accounting. *Journal of Hydrology* 504 (11): 12-28.

- Geravand, F., Mossa Hosseinia, S., and Ataie-Ashtiani, B., 2020. Influence of river cross-section data resolution on flood inundation modeling: Case study of Kashkan river basin in western Iran. *Journal of Hydrology* 584: 124743
- Hadad, A., Remini, B., Remaoun, M., 2014. Numerical modelling of solid transport caused by an extreme flood: case of the Hamiz dam failure (Algeria). *Journal of King Saud University - Engineering Sciences* 29(3): 221-236.
- Hopkins, M. C., and Dawers, N. H., 2015. Changes in bedrock channel morphology driven by displacement rate increase during normal fault interaction and linkage. *Basin Research* 27 (1): 43-59.
- Khalfallah, C. B., Saidi, S., 2018. Spatiotemporal floodplain mapping and prediction using HEC-RAS - GIS tools: Case of the Mejerda river, Tunisia. *Journal of African Earth Sciences*. 142: 44-51.
- Nkwunonwo, U. C., Malcolm, W., and Brian, B., 2015. Flooding and flood risk reduction in Nigeria: cardinal gaps, *Journal of Geography and Natural Disasters* 5(5): 136-145
- Parhi, P.K., 2018. Flood Management in Mahanadi Basin using HEC-RAS and Gumbel's Extreme Value Distribution. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series A* 99(4): 751-755.
- Quiroga, m., kure, s., 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. *RIBAGUA – Revista Iberoamericana del Agua* 3(1): 25-33
- Rahmani, R. A., Mohammadi, M., and Danandeh Mehr, A., 2020. Climate change impacts on floodway and floodway fringe: a case study in Shahrchay River Basin, Iran. *Arabian Journal of Geosciences* 494: 1-13.
- Samela, C., Troy, T., and Manfreda, S., 2017. Geomorphic classifiers for flood-prone areas delineation for data-scarce environments. *Journal of the Advances in Water Resources* 102 : 13-28.
- Sanchez, F. J., and Roman, S., 2007. *Manual Introductorio a HEC-RAS*. Departamento de Geología, Universidad, Salamanca, España. (Accessed 12 December 2017).
- Shelley, J., Gibson, S., and Williams, A., 2015. Unsteady flow and sediment modeling in a large reservoir using HEC-RAS 5.0. In: *Federal Interagency Sediment Conference*.
- Shokri, A., Sabzevari, S., and Hashemi, S. A., 2020. Impacts of flood on health of Iranian population: Infectious diseases with an emphasis on parasitic infections. *Parasite Epidemiology and Control* 9: e00144.
- Yerramilli, S. A., 2012. Hybrid Approach of Integrating HEC-RAS and GIS Towards the Identification and Assessment of Flood Risk Vulnerability in the City of Jackson, MS. *American Journal of Geographic Information System* 1(1): 7-16.
- Zelenakova, M., Fijko, R., Labant, S., Weiss, E., Markovic, G., and Weiss, R., 2019. Flood risk modelling of the Slatvinec stream in Kru _ zlov village, Slovakia. *Journal of Cleaner Production*. *Journal of Cleaner Production* 212:109-118.



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

صص ۹۰-۶۵

doi : <https://dx.doi.org/10.22067/geoech.2021.67020.0>

مقاله پژوهشی

تحلیل ارتباط بین سنجه‌های سیمای سرزمین و فرسایش خاک حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی، استان اردبیل

 اردوان قربانی^۱- استاد گروه مرتع و آبخیزداری و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
زینب حزب‌وی- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
رئوف مصطفی‌زاده- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
نازیلا علانی- دانش‌آموخته مهندسی آبخیزداری- حفاظت آب و خاک، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۱۷ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۲۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۲/۱

چکیده

فرآیند فرسایش خاک به‌عنوان متغیر اصلی موردبررسی در مطالعات حفاظت آب‌و‌خاک در اکوسیستم‌های پایدار تحت تأثیر عوامل طبیعی و انسانی است. هم‌چنین، ساختار و ترکیب کاربری اراضی در یک اکوسیستم از تغییرات صورت گرفته در سیمای سرزمین تأثیر می‌پذیرد. به‌همین منظور، پژوهش حاضر با هدف بررسی ارتباط بین سنجه‌های سیمای سرزمین و الگوی فرسایش خاک در حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی استان اردبیل برنامه‌ریزی شد. در این راستا، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار Fragstats 4.2.1، ۱۴ سنجه سیمای سرزمین شامل تراکم لکه (PD)، شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI)، حاشیه کل (TE)، تراکم حاشیه (ED)، شاخص شکل لکه (LSI)، میانگین اندازه لکه (AREA-MN)، میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه اقلیدسی (ENN-MN)، شاخص گسستگی سیما (DIVISION)، میانگین شاخص شکل لکه (SHAPE-MN)، شاخص تکه‌شدگی (SPLIT)، شاخص پیوستگی سیما (COHESION)، اندازه شبکه تأثیرگذار (MESH)، شاخص تجمع (AI) و درصد پوشش سیمای سرزمین (PLAND) محاسبه شد. سپس شدت فرسایش خاک منطقه با استفاده از مدل پتانسیل فرسایش (EPM) با عملکرد قابل قبول بر اساس مطالعات پیشین برآورد شد. در ادامه، نتایج حاصل از محاسبه سنجه‌ها و شدت فرسایش خاک وارد نرم‌افزار SPSS شده و رابطه‌های رگرسیونی میان آن‌ها تعیین شد. نتایج بیانگر وجود یک رابطه

عکس میان سنجه‌های DIVISION و ED و LPI با فرسایش ویژه خاک و حاکی از وجود یک رابطه مستقیم بین SHAPE-MN و AREA-MN با فرسایش ویژه خاک حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی است. همچنین، نتایج بیان‌کننده الگوی متفاوت ارتباط سنجه‌های سیمای سرزمین و فرسایش خاک است. این نتایج در برنامه‌ریزی مؤثر و هدفمند مدیریت کاربری اراضی در مقیاس آبخیز و سیمای سرزمین کاربرد دارند.

کلیدواژه‌ها: الگوی تغییرات، پویایی سیمای سرزمین، مدیریت منابع، هدررفت خاک.

۱- مقدمه

در دهه‌های گذشته، گسترش نیازهای انسانی موجب شده که استفاده از منابع زمین به‌طور چشم‌گیری بیش‌تر شود. این امر از طریق تأثیرات شدید آن بر تغییر کاربری زمین، آسیب قابل‌توجهی به ساختار و عملکرد کاربری‌های اراضی مختلف را در پی داشته است (دمونتیس^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). بدون تردید تمامی فعالیت‌های انسانی در طبیعت در نهایت منجر به تغییرات مکانی کاربری‌های اراضی می‌شوند؛ بنابراین ارزیابی تغییرات سیمای سرزمین، نما و بازتابی از کاربری اراضی انسانی در گذشته را در اختیار می‌گذارد و به‌عنوان قالبی زنده و پویا برای کاربری اراضی پایدار به کار گرفته می‌شود (کرمی و فقهی، ۱۳۹۰).

تخریب طبیعی و انسانی اکوسیستم‌ها روابط فضایی بین سامانه‌های تشکیل‌دهنده آن‌ها را تغییر داده است. یکی از نمایه‌های این تخریب، فرسایش خاک است. فرسایش خاک یکی از مهم‌ترین مسائل محیط‌زیست در جهان و ایران است که به‌شدت توسط الگوی مکانی کاربری‌های اراضی تأثیر می‌پذیرد (احمدی میرقائد^۲ و همکاران، ۲۰۱۸؛ واتانداشلار^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). تعیین الگوی تغییرات فرسایش خاک به‌منظور تخصیص منطقی منابع زمین و مطالعات پایداری اکوسیستم حائز اهمیت فراوان است. از طرفی فرسایش خاک بر سلامت زمین، امنیت غذایی و تولید محصولات کشاورزی، عملکرد اکوسیستم، سلامت انسان و نیز وضعیت اقلیم تأثیرگذار است. اثرات نامطلوب فرسایش خاک به‌طور منطقه‌ای و جهانی شناسایی شده است. مطالعات انجام شده در این زمینه حتی بر تبیین راهبردهایی برای مدیریت اضطراری و سازگار با تغییرات اقلیمی تأکید کرده‌اند (وب^۴ و همکاران، ۲۰۲۰). اگرچه، این امر مستلزم پیشرفت در نحوه پایش فرسایش خاک با استفاده از ابزارها و شاخص‌های چندعملکردی، کارآمد و جدید از جمله اکولوژی سیمای سرزمین در قالب سنجه‌های سیمای سرزمین^۵ است.

1 De Montis

2 Ahmadi Mirghaed

3 Vatandaşlar

4 Webb

5 Landscape metrics

استفاده از سنجه‌های کمی در تحلیل ویژگی‌های سیمای سرزمین نقش مهمی در تشخیص شکل و الگوی قرارگیری انواع کاربری‌ها نسبت به یکدیگر دارد و می‌توان تأثیرگذاری آن‌ها بر فرآیندهای هیدرولوژیکی^۱ و چرخه مواد مغذی^۲ را پایش نمود (کیانی و فقهی، ۱۳۹۴؛ اویانگ^۳ و همکاران، ۲۰۱۰؛ وینانت^۴ و همکاران، ۲۰۱۸). مطالعات مختلفی به وجود ارتباط مستقیم و غیرمستقیم بین الگوی تغییرات کاربری اراضی با فرآیندها و متغیرهای هیدرولوژیکی ازجمله فرسایش خاک اشاره کرده‌اند. برای نمونه، اویانگ و همکاران (۲۰۱۰)، با انجام مطالعه‌ای در حوزه آبخیز بالادست رودخانه زرد چین طی سال‌های ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۶، بیان کردند که افزایش مداوم زمین‌های لخت، پهنه‌های آبی و زمین‌های کشاورزی موجب افزایش معنی‌دار فرسایش خاک شده است. همچنین، تغییرات منطقه‌ای سیمای سرزمین ارتباط بسیار قوی با فرسایش خاک نشان داده است. تحلیل نتایج در سطح لکه تأیید کرد که میزان حمل رسوب از حاشیه‌های لکه در اثر افزایش حاشیه لکه نیز زیاد شده است. همچنین، کری^۵ و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی در خصوص معیارهای تخریب کاربری اراضی در حوزه آبخیز با^۶ ایالت فلوریدا امریکا نتیجه گرفتند که شاخص توسعه سیمای سرزمین و سنجه‌هایی مانند بزرگ‌ترین لکه و نیز متوسط اندازه سکونت‌گاه‌های منفرد، بیش‌ترین ارتباط با بار معلق برآورد شده در ایستگاه‌های پایش را دارند. ژلیس^۷ (۲۰۱۳) عوامل مؤثر بر غلظت رسوب رگبار در چهار حوزه آبخیز در جزیره پوئرتو ریکو^۸ با کاربری‌های اراضی متفاوت را موردبررسی قرار داد و به این نتیجه رسید که حلقه‌های سنجه رسوب در اراضی کشاورزی به‌واسطه موجودیت رسوب در دسترس و غلظت بالای رسوب در شاخه بالارونده آب‌نمود، دارای الگوی ساعت‌گرد بوده است. در ادامه، مارکو دی‌سیلوا^۹ و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین به تحلیل فرآیندهای فرسایش خاک در مقیاس کرت و تحت شبیه‌سازی باران پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که ارتباط تنگاتنگی بین تغییرپذیری فرسایش خاک و سنجه‌های سیمای سرزمین ازجمله تعداد لکه، تراکم لکه، بزرگ‌ترین اندازه لکه، تراکم حاشیه، شاخص شکل لکه و بعد فرکتال وجود دارد.

خو^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۷) اثرات الگوی سیمای سرزمین را بر فرآیندهای فرسایش خاک در منطقه کوهستانی در شمال چین بررسی نمودند. آن‌ها کاربری‌های زمین لخت، کشاورزی و شهری را به‌عنوان منابع تولید رسوب در نظر

1 Hydrological processes

2 Nutrient cycle

3 Ouyang

4 Wynants

5 Carey

6 Ba

7 Gellis

8 Puerto Rico

9 Marco da Silva

10 Xu

گرفتند. هم‌چنین کاربری‌های جنگلی و مرتعی به‌عنوان منابع انباشت رسوب محسوب شدند. نتایج آن‌ها تأکید بر وجود ارتباط معنی‌دار بین الگوی سیمای سرزمین و تولید رسوب و فرآیندهای فرسایش خاک بوده است. هم‌چنین نتایج ایشان نشان داد که شاخص‌های تجزیه و شکل لکه به ترتیب دارای ارتباط مثبت با فرسایش خاک و تولید رسوب هستند. شاخص تکه‌شدگی نیز با مقدار فرسایش ارتباط مثبت و با تولید رسوب ارتباط منفی از خود نشان داد. هم‌چنین وینانت و همکاران (۲۰۱۸) اثرات افزایش خطر فرسایش خاک به دنبال تغییر کاربری اراضی در حوضه مانیارا^۱، در تانزانیا را بررسی کردند. در این پژوهش از تصاویر لندست برای تحلیل تغییر کاربری اراضی طی سه دهه متوالی (۱۹۸۸-۲۰۱۶) استفاده شد و فرسایش خاک از معادله جهانی هدررفت خاک (USLE)^۲ برآورد شد. نتایج خروجی‌های مدل نشان داد که از لحاظ توپوگرافی، نوع خاک و الگوهای بارندگی باعث تغییر کاربری اراضی شده که این امر خطر فرسایش خاک را افزایش داده است. آنیسی^۳ و همکاران (۲۰۲۰) به بررسی تغییر کاربری اراضی بر فرسایش خاک و رسوب در حوضه وینیکی^۴، در اتیوپی پرداختند. در پژوهش ایشان، از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی، داده‌های هواشناسی و نقشه خاک استفاده شد. در ادامه نسبت تحویل رسوب (SDR)^۵ براساس تجزیه و تحلیل استفاده از پوشش اراضی و عوامل RUSLE محاسبه شد. نتایج نشان داد که کل تلفات خاک از ۱۰/۰۲ تن در هکتار در سال ۱۹۸۸ به ۴۳/۴۸ تن در هکتار در سال ۲۰۱۸ افزایش یافته است. هم‌چنین، نتایج نشان داد که زمین‌های کشاورزی بالاترین میزان فرسایش خاک را در منطقه مورد مطالعه تولید کرده‌اند.

در ایران نیز سعدالدین^۶ و همکاران (۲۰۱۰) با استفاده از روش‌های SCS^۷ و EPM^۸ اثرات فعالیت‌های مدیریت پوشش گیاهی در حوزه آبخیز رامیان استان گلستان را پیش‌بینی کرده و سناریوهای برتر مدیریتی به‌منظور کاهش سیل و فرسایش را با روش تصمیم‌گیری چندمعیاره تعیین نمودند. صادقی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی پاسخ رسوب‌نمود و حلقه‌های سنج رسوب به نوع و توزیع مکانی کاربری اراضی در حوزه آبخیز رودخانه گلزار اشنویه در استان آذربایجان غربی پرداختند. در پژوهش ایشان، رسوب‌نمودهای رگبارهای مشاهداتی و تأثیر نوع و توزیع مکانی کاربری‌های مرتع، کشاورزی و جنگل روی رسوب بررسی شد. نتایج پژوهش مذکور نشان داد که افزایش غلظت رسوب در شاخه پایین‌رونده رسوب‌نمود در اثر مشارکت تولید رسوب از کاربری کشاورزی دامنه‌های بالادست آبخیز اتفاق افتاده است. نجفی‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲) نیز میزان فرسایش و رسوب در آبخیز چراغ‌ویس را در دو

1 Manyara

2 Universal Soil Loss Equation (USLE)

3 Aneseyee

4 Winike

5 Sediment Delivery Ratio

6 Sadoddin

7 Soil Conservation Service (SCS)

8 Erosion Potential Method (EPM)

وضعیت سیستمی و تخصیص چند فاکتوره آمایش سرزمین با استفاده از مدل EPM برآورد نمودند و نتیجه گرفتند که روش تخصیص چند فاکتوره از توانایی بهتری در آمایش کاربری‌های آبخیز مورد مطالعه برخوردار بوده و نقش مؤثرتری در کاهش فرسایش و رسوب دارد. احمدی میرقائد و همکاران (۲۰۱۸) نیز به ارزیابی ارتباط بین فرسایش خاک و سنجه‌های سیمای سرزمین در حوزه آبخیز گرگان پرداختند. این پژوهش‌گران بیان کردند که هدررفت خاک با کاهش سنجه‌های مرتبط با جنگل و مرتع افزایش پیدا کرده و نیز با افزایش سنجه‌های مرتبط با مناطق شهری و کشاورزی تشدید یافت. هم‌چنین مشخص شد که نوع کاربری اراضی مهم‌ترین عامل در تعیین فرسایش خاک بوده و مقدار هدررفت خاک بیش‌ترین تأثیرپذیری را از نظر مساحت، تعداد، شکل و تراکم لکه‌های سیمای سرزمین داشته است. هم‌چنین در پژوهشی معتمدی و همکاران (۱۳۹۸) ارتباط الگوی سیمای سرزمین و رسوب در برخی از زیرحوزه‌های آبخیز استان گلستان را موردبررسی قرار دادند. آن‌ها با استفاده از رگرسیون کمینه مربعات جزئی به این نتیجه رسیدند که بین رسوب آبخیز و الگوهای پوشش گیاهی ارتباط زیادی وجود دارد. شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI)، میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه (MN-ENN) و میانگین نسبت محیط به مساحت (MN-PARA) به‌عنوان سنجه‌های اصلی در کاهش میزان رسوب آبخیز و سنجه‌های شاخص شکل سیمای سرزمین (LSI) و میانگین اندازه لکه (MN-AREA) به‌عنوان سنجه‌های مؤثر در افزایش رسوب آبخیزهای مطالعاتی شناخته شدند که ۷۱ درصد از تغییرات رسوب را در زیرحوضه‌ها تبیین نمودند.

جمع‌بندی سابقه پژوهش نشان می‌دهد که به‌سبب عدم امکان صرف‌نظر از نیازهای انسانی و ضرورت کشف راه‌حل‌های معنی‌دار برای استفاده پایدار و در سازگار با پتانسیل‌های منابع آب‌و خاک موجود، کسب اطلاعات جدید و نیز انجام تحلیل‌های دقیق از وضعیت و رفتار سیمای سرزمین ضروری است. طی سال‌های اخیر استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین در زمینه‌های مختلف از جمله تغییر کاربری اراضی (آیسی و همکاران، ۲۰۲۰) و فرسایش خاک (نجفی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۲؛ معتمدی و همکاران، ۱۳۹۸؛ سعدالدین و همکاران، ۲۰۱۰؛ وینانت و همکاران، ۲۰۱۸) به‌عنوان یکی از روش‌های نوین در تکمیل تحلیل‌های قبلی و نیز دستیابی به داده‌های نو معرفی شده است. به‌سبب بالا بودن مقدار فرسایش خاک در اکثر حوزه‌های آبخیز ایران، توجه بیش‌تر به مطالعه عامل پیچیده فرسایش خاک و درعین‌حال مختل‌کننده پیوستگی سیمای سرزمین از دو جنبه ساختاری و عملکردی ضروری است. باوجوداین، بدون کسب دانش در زمینه تحلیل ارتباط فرسایش خاک با سایر عوامل تأثیرگذار، امکان تبیین راهبردهای مدیریتی مناسب و متناسب و درعین‌حال مقرون‌به‌صرفه دشوار خواهد بود. به همین دلیل، این امر ضرورت کسب اطلاعات در این زمینه در شرایط مختلف اقلیمی، خاکی، پوشش گیاهی و حتی توسعه‌ای را توجیه و مورد تأکید قرار می‌دهد. هم‌چنین به‌سبب توسعه نوع و سطح نیازهای انسانی در عصر حاضر، شکل استفاده از زمین نیز تغییر پیدا کرده است که در مطالعات مختلف به این امر مهم اشاره شده و مورد تأیید قرار گرفته است. لذا، پژوهش حاضر با

هدف ارزیابی ارتباط بین سنجه‌های سیمای سرزمین و فرسایش خاک در حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی واقع در استان اردبیل انجام شده است.

۲- روش پژوهش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش، حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی واقع در استان اردبیل دارای مساحت ۸۰۵/۷۰ کیلومتر مربع و محیط ۱۴۸/۹۸ کیلومتر است. این حوزه در قسمت جنوبی اردبیل و قسمت شمالی شهرستان کوثر قرار گرفته و بخش زیادی از شهرستان نیر را در برمی‌گیرد. این حوزه دارای مختصات جغرافیایی $48^{\circ}22'01''$ تا $48^{\circ}30'00''$ طول شرقی و $38^{\circ}07'28''$ تا $38^{\circ}03'01''$ عرض شمالی است. از لحاظ شکل ظاهری، این حوزه کشیده بوده و دارای ضریب فشردگی برابر با ۱/۴۷ است. تراکم جمعیت در این حوزه برابر با ۹/۵۷ نفر در کیلومتر مربع است. به‌طور کلی ۶۵ روستا از جمله قلعه‌جوق، خان‌قشلاق، جعفرلو و مولان در این حوزه وجود دارد. پایین‌ترین و بالاترین ارتفاع حوزه به‌ترتیب برابر با ۱۳۷۸ و ۲۵۴۹ متر نسبت به سطح دریاست. هم‌چنین حداکثر و حداقل بارش در منطقه مورد مطالعه به ترتیب ۵۸۰ و ۳۱۸ میلی‌متر، حداقل و حداکثر دمای هوا هم ۹/۴ و ۴/۳ درجه سانتی‌گراد بوده است. هم‌چنین سیمای سرزمین حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی را مراتع، زراعت، برونزد سنگی و مسکونی به‌ترتیب با مقدار ۲۹/۱۳، ۶۴/۷۷، ۳/۵۰ و ۰/۸۰ درصد تشکیل داده است (علائی و همکاران، ۱۳۹۸؛ حزبوی و همکاران، ۱۳۹۹). شکل ۱، موقعیت حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی را در سطح کشور و استان اردبیل نمایش می‌دهد.

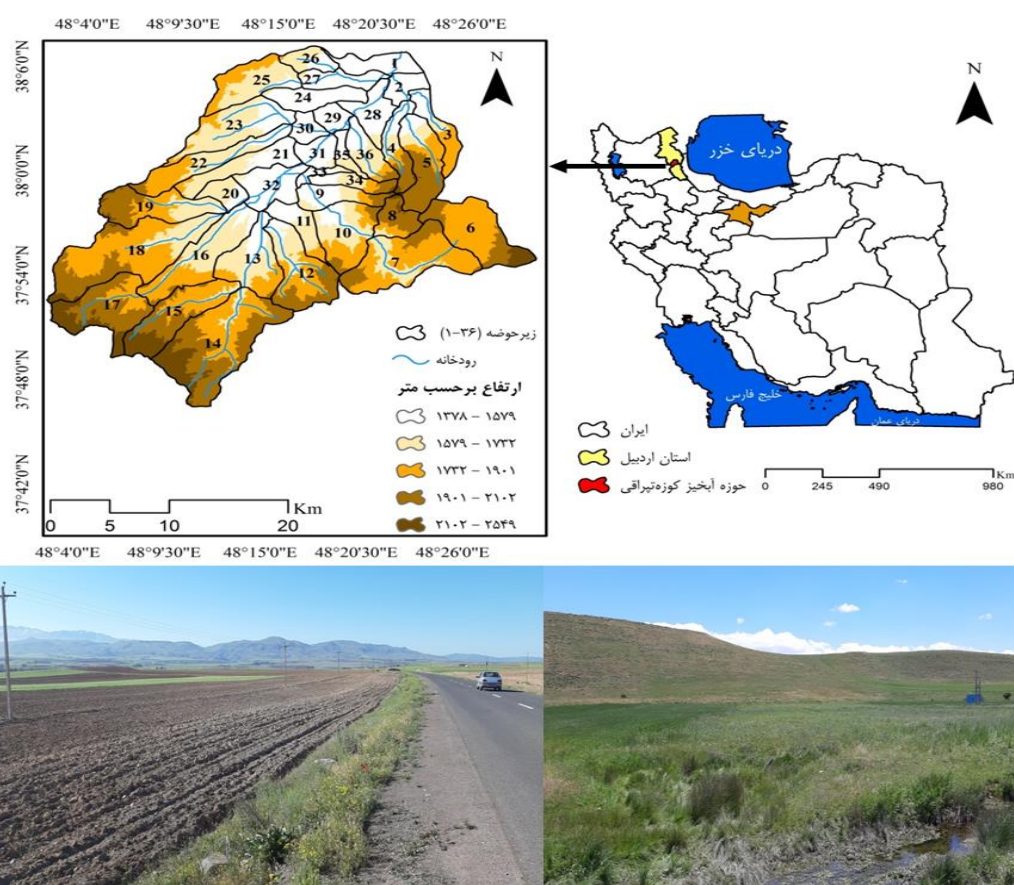
۲-۲- داده‌های مورد استفاده

داده‌های اصلی تحقیق حاضر شامل دو بخش سنجه‌های سیمای سرزمین و فرسایش خاک بوده است. علاوه بر این، نقشه کاربری زمین به‌عنوان داده ورودی اصلی برای محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین مورد استفاده قرار گرفته است. بدین‌منظور انواع کاربری اراضی در محیط Google Earth بر اساس اطلاعات سال ۱۳۹۸ استخراج شدند و سپس از طریق بازدیدهای میدانی اصلاحات لازم متناسب با هر کاربری اراضی انجام شد (شکل ۲).

۲-۳- محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین

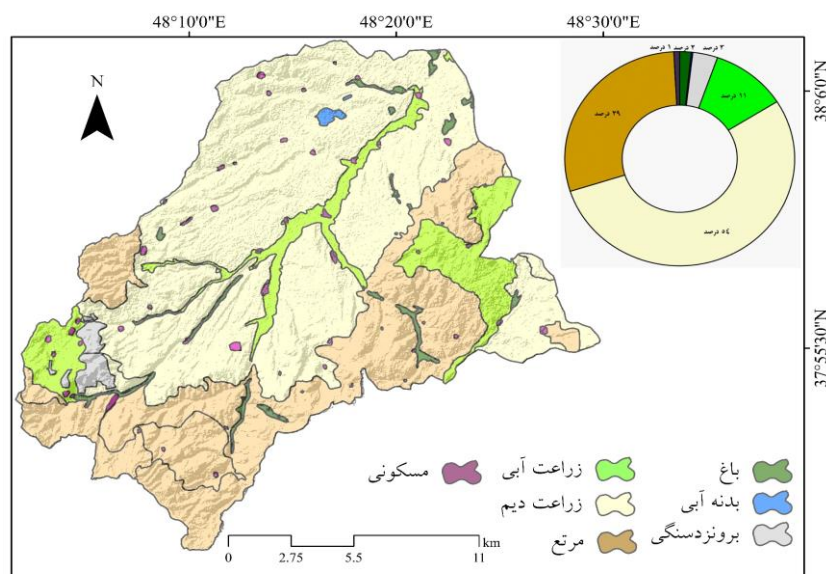
یکی از ابزارهای محاسبه سنجه‌های سیمای سرزمین، نرم‌افزار Fragstats می‌باشد که استفاده از آن به‌دلیل قابلیت بیش‌تر و محاسبه تعداد بیش‌تری از سنجه‌های سیمای سرزمین معمول‌تر است (مک‌گاریگال^۱ و همکاران، ۲۰۰۲). نرم‌افزار Fragstats مجموعه کاملی از سنجه‌های سیمای سرزمین بوده و برای تجزیه و تحلیل الگوی مکانی و

سنجه‌های مختلف لکه‌های تشکیل‌دهنده سیمای سرزمین در محیط‌های ناهمگن و شرایط متفاوت مناسب است. همچنین، این برنامه محدودیتی در مقیاس از لحاظ پهنه و بزرگ‌نمایی ندارد. به ازای هر ورودی در نرم‌افزار Fragstats، سه فایل خروجی لکه^۱، کلاس^۲ و سیما^۳ ایجاد می‌شود که تمامی آن‌ها به صورت فایل متنی است. یکی از مسائل مهم در امر استفاده از این سنجه‌ها، انتخاب سنجه مناسب از میان تعداد زیادی از سنجه‌هاست. باید توجه داشت که سنجه‌ها در بسیاری از موارد دارای هم‌پوشانی هستند و اطلاعات مشابهی از وضعیت سیمای سرزمین ارائه می‌نمایند (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۱)، به همین منظور کاهش اولیه تعداد سنجه‌ها لازم است صورت پذیرد.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی در ایران و استان اردبیل (بالا) و نمایی از شرایط توپوگرافی و پوشش گیاهی آن (پایین)

- 1 Patch
- 2 Class
- 3 Landscape



شکل ۲- نقشه کاربری اراضی حوزه آبخیز کوزه تپراقی

پس از تهیه نقشه کاربری اراضی منطقه در محیط نرم افزار ArcGIS 10.8 و تبدیل آن به فرمت رستری، برای کمی سازی سنجه های سیمای سرزمین از نرم افزار Fragstats 4.2 در سطح کلاس و سیما برای هر یک از واحدهای هیدرولوژیکی حوزه آبخیز استفاده شد (عبدالعلی زاده^۱ و همکاران، ۲۰۰۲). لازم به ذکر است که نقشه کاربری اراضی در این مطالعه به عنوان یکی از ورودی های اصلی مدل بوده که از نظر اندازه سلول و محیط مشابه نقشه توپوگرافی تهیه شده توسط سازمان ملی اطلاعات جغرافیایی ایران، عکس های ماهواره ای موجود در منطقه و همچنین اطلاعات جدید Google Earth تهیه و سپس با بازدیدهای میدانی طبقات کاربری اراضی اصلاح و در نهایت نقشه نهایی کاربری اراضی در نرم افزار ArcGIS 10.8 تهیه شد. در مجموع به منظور تحلیل الگوی سیمای سرزمین حوزه آبخیز کوزه تپراقی، تحلیل ۱۴ سنجه سیمای سرزمین در دو سطح مکانی کلاس و سیما انجام شد. ویژگی های کلی سنجه های سیمای سرزمین محاسبه شده برای حوزه آبخیز کوزه تپراقی در جدول (۱) ارائه شده است.

1 Abdolalizadeh

جدول ۱- ویژگی‌های کلی سنجه‌های سیمای سرزمین محاسبه شده برای حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی

نام انگلیسی	نام فارسی	حروف اختصاری	واحد	رابطه	دامنه تغییرات
Patch Density	تراکم لکه	PD	متر در ۱۰۰ هکتار	$PD = \frac{n_i}{A} (10000)(100)$	$PD > 0$
Largest Patch Index	شاخص بزرگ‌ترین لکه	LPI	درصد	$LPI = \frac{\max(a_{ij})}{A} (100)$	$100 < LPI \leq 100$
Total Edge	حاشیه کل	TE	متر	$TE = E$	$TE \geq 0$
Edge Density	تراکم حاشیه	ED	متر در ۱۰۰ هکتار	$ED = \frac{E}{A} (10000)$	$TE \geq 0$
Landscape Shape Index	شاخص شکل لکه	LSI	-	$LSI = \frac{0.25E^*}{\sqrt{A}}$	$LSI \geq 1$
Mean patch area	میانگین اندازه لکه	AREA-MN	هکتار	$AREA - MN = \sum_{j=1}^n a_{ij} \frac{1}{10000}$	$AREA > 0$
Mean Euclidean Nearest Neighbor Distance	میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه اقلیدسی	ENN_MN	متر	$\frac{\sum_{j=1}^n h_{ij}}{N}$	$ENN_MN > 0$ بدون محدودیت
Landscape Division Index	شاخص گسستگی سیما	DIVISION	نسبت	$DIVISION = \left[1 - \sum_{j=1}^n \left(\frac{a_{ij}}{A} \right)^2 \right]$	$0 \leq DIVISION < 1$
Mean patch shape index	میانگین شاخص شکل لکه	SHAPE - MN	بدون واحد	$SHAPE = \frac{P_{ij}}{\min P_{ij}}$	$SHAPE \geq 1$
Splitting Index	شاخص تکه‌شدگی	SPLIT	بدون واحد	$SPLIT = \frac{A^2}{\sum_{j=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}^2}$	$\leq$ تعداد سلول $SPLIT \leq 1$
Patch Cohesion Index	شاخص پیوستگی لکه	COHESION	-	$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m p_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m p_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right] \left[1 - \frac{1}{\sqrt{Z}} \right]^{-1} \cdot (100)$	رفتار این شاخص برای هر سیمای سرزمین متغیر است.
Effective Mesh Size	اندازه شبکه تأثیرگذار	MESH	هکتار	$MESH = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n a_{ij}^2}{A}$	$\leq$ تعداد سلول $SPLIT \leq$ کل مساحت سیمای سرزمین
Aggregation Index	شاخص تجمع	AI	درصد	$AI = \left[\frac{g_{ii}}{\max \rightarrow g_{ii}} \right] (100)$	$0 \leq AI < 100$
Percentage of Landscape	درصد پوشش سیمای سرزمین	PLAND	درصد	$PLAND = P_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{A} (100)$	$0 \leq PLAND < 100$

۲-۴- محاسبه فرسایش خاک با استفاده از مدل EPM

مدل EPM روشی برای کمی کردن شدت فرسایش خاک و تخمین میزان کل رسوبدهی سالانه در یک حوزه آبخیز است که برای اولین بار در سال ۱۹۸۸ ارائه شده است. در این روش، چهار مشخصه شامل ضریب فرسایش حوزه آبخیز (ψ)، ضریب استفاده از زمین (X_a)، ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y) و شیب متوسط حوزه آبخیز (I) در هر یک از زیرحوزه‌های آبخیز کوزه‌تپراقی موردبررسی قرار گرفت (اسمعی و عبداللهی، ۱۳۹۰). ضریب فرسایش حوزه آبخیز (ψ) از روی جدول استاندارد مبتنی بر تفسیر تصاویر ماهواره‌ای Google Earth منطقه، اطلاعات موجود در گزارش‌های پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و بازدیدهای زمینی محاسبه شد. همچنین، برای تعیین ضریب استفاده از زمین (X_a) از نقشه کاربری اراضی استفاده شد و طبق جدول‌های استاندارد مدل EPM، به هر نوع کاربری اراضی موجود در هر زیرحوضه، امتیاز ویژه‌ای تعلق گرفت. در این راستا، منطقه از لحاظ شدت انواع فرسایش‌های حاکم بر هر زیرحوضه به طبقات مختلف تقسیم‌بندی شد. بر همین اساس در این تحقیق ضریب حساسیت سنگ و خاک به فرسایش (Y) از لایه ضرایب حساسیت سازندهای زمین‌شناسی موجود در منطقه، تهیه شد و بر اساس جدول تعیین حساسیت سازندها به فرسایش، مقدار وزنی هر سازند تعیین و امتیازبندی صورت پذیرفت. سپس برای تهیه نقشه شیب متوسط حوزه آبخیز (I) از مدل رقومی ارتفاع (DEM) استفاده شد. سپس در هر یک از زیرحوضه‌ها، مقدار Z یا ضریب شدت فرسایش از رابطه (۱) تعیین و در ادامه فرسایش ویژه بر اساس رابطه (۲) برآورد شد.

$$Z = Y \cdot X_a (\varphi + I^{0.5}) \quad (1)$$

$$W_{SP} = T \cdot H \cdot \pi \cdot Z^{1/5} \quad T = \left(\frac{t}{10} + 0.1 \right)^{0.5} \quad (2)$$

در رابطه (۲)، W_{SP} فرسایش ویژه برحسب مترمکعب در کیلومتر مربع در سال، H متوسط بارندگی سالانه به میلی‌متر و T ضریب درجه حرارت و t میانگین درجه حرارت سالانه به درجه سانتی‌گراد هستند.

۲-۵- تجزیه و تحلیل رگرسیونی

در پژوهش حاضر نیز به منظور ارتباط بین سنجه‌های سیمای سرزمین و فرسایش خاک از روش گام به گام رگرسیون چند متغیره هم در سطح کلاس (برای کاربری کشاورزی، مرتع و باغ) و هم در سطح سیما با استفاده از نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 26.0 استفاده شد. رگرسیون یکی از تکنیک‌های آماری برای داده‌هایی است که معمولاً در سطح سنجش فاصله‌ای هستند. در این روش آماری، رابطه بین متغیرها به صورت تابعی از متغیر وابسته که تغییرات متغیرهای مستقل را پیش‌بینی می‌کنند، تعیین می‌شود (زارع چاهوکی، ۱۳۸۹). در پژوهش حاضر با توجه به اینکه بیش از دو متغیر در رابطه رگرسیونی شرکت داشتند از رگرسیون گام به گام جهت بررسی ارتباط بین فرسایش ویژه با سنجه‌های سیمای سرزمین استفاده شد. ۷۵ درصد زیرحوضه‌ها (۲۷-۱) برای مرحله واسنجی و ۲۵ درصد

زیرحوضه‌ها (۲۸-۳۶) برای مرحله اعتبارسنجی انتخاب شد. میزان هم‌خطی و خودهم‌بستگی بین سنجه‌های سیمای سرزمین موردبررسی در پیش‌بینی میزان فرسایش خاک به ترتیب با استفاده از آماره‌های Durbin-Watson (۱/۵) تا (۲/۵) و عامل تورم واریانس^۱ (VIF؛ کم‌تر از ۱۰) موردبررسی قرار گرفت (زارع چاهوکی، ۱۳۸۹؛ زویر^۲ و همکاران، ۲۰۰۹). در ادامه روابط مناسب رگرسیونی بر اساس شاخص‌های آماری مورد ارزیابی انتخاب شدند و در ادامه عوامل مؤثر بر میزان فرسایش، تجزیه و تحلیل شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- تغییرات مکانی سنجه‌های سیمای سرزمین

در شکل (۳)، تغییرات مقادیر سنجه‌های تراکم لکه، شاخص بزرگ‌ترین لکه، حاشیه کل، تراکم حاشیه، شاخص شکل لکه، میانگین اندازه لکه، میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه اقلیدسی، شاخص گسستگی سیمای، میانگین شاخص شکل لکه، شاخص تکه‌شدگی، شاخص پیوستگی لکه، اندازه شبکه تأثیرگذار، شاخص تجمع و درصد پوشش سیمای سرزمین را نشان می‌دهد.

همان‌طور که در شکل (۳) نشان داده شده است، مقادیر سنجه تراکم لکه در زیرحوضه‌های مورد مطالعه بین ۰/۱۰ تا ۱/۶۴ تغییر می‌کند. هم‌چنین میانگین تراکم لکه برای حوضه مورد مطالعه ۰/۴۷ به‌دست آمد. وجود تراکم بالای لکه در زیرحوضه‌ها نشان‌دهنده تخریب کاربری اراضی می‌باشد که باعث افزایش تخریب نیز شده است (کیانی و فقهی، ۱۳۹۴). از نتایج سنجه تراکم لکه برای اندازه‌گیری میزان اتصال و پیوستگی کاربری‌ها نیز استفاده می‌شود. در پژوهش حاضر، مقادیر تراکم لکه برای کاربری کشاورزی بیش‌ترین مقدار و برای کاربری باغ کم‌ترین مقدار ارزیابی شد. حضور تراکم لکه بالا در کاربری کشاورزی، نشان‌دهنده افزایش تخریب زمین است که منجر به افزایش تکه‌شدگی شده است با افزایش تراکم لکه، پیوستگی سیمای سرزمین کاهش و لکه‌ها کوچک‌تر و منظم‌تر می‌شوند. این نتیجه با نتایج معتمدی و همکاران (۱۳۹۸) مبنی بر این که تراکم لکه بالا نشان‌دهنده تخریب کاربری اراضی بود که می‌تواند منجر به افزایش فرسایش و تولید رسوب شود، مطابقت دارد. حداکثر تراکم لکه زمانی حاصل می‌شود که هر سلول یک لکه جداگانه باشد (مک‌گاریگال و انه^۳، ۲۰۱۳)؛ بنابراین حضور فراوان لکه‌های کوچک در پوشش‌های گیاهی مختلف، منجر به کم شدن فواصل دو لکه مشابه شده و در نتیجه افزایش میزان تکه‌شدگی را به همراه دارد. هم‌چنین حضور تراکم لکه بالا در زیرحوضه ۳۳، نشان‌دهنده افزایش تخریب زمین است که منجر به افزایش

1 Variance Inflation Factor

2 Zuur

3 Ene

تکه‌شدگی شده است. اعتقاد بر این بود که تراکم لکه مبتنی بر یک نوع استفاده از لکه‌های خاص، ممکن است بر فرایندهای اکولوژیکی مهم آبخیز تأثیر بگذارد (علائی و همکاران، ۱۳۹۸).

الگوی مکانی شاخص بزرگ‌ترین لکه در حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی با میانگین و انحراف معیار $21/96 \pm 69/68$ درصد نشان‌دهنده سطح نسبتاً کم وضعیت گسیختگی در اکثر زیرحوضه‌ها (بیش از ۲۰ زیرحوضه) است. با این حال، برخی از بخش‌های حوزه آبخیز با توجه به مقدار کم شاخص بزرگ‌ترین لکه (ازجمله زیرحوضه‌های ۹، ۳۱، ۳۲) شرایط بحرانی را از لحاظ گسیختگی تجربه کردند. طبق شکل (۳)، بیش‌ترین مقدار این شاخص برای کاربری کشاورزی و کم‌ترین مقدار برای کاربری باغ می‌باشد. دلیل این امر این است که بیش‌ترین مساحت حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی را کاربری کشاورزی (دیم و آبی) تشکیل داده است.

حاشیه کل در سطح سیمای سرزمین، مجموع حاشیه یک اندازه مطلق از طول حاشیه کل یک نوع لکه خاص است (مک‌گاریگال و انه، ۲۰۱۳). با افزایش حاشیه کل، اتصال و پیوستگی سیمای سرزمین کاهش و لکه‌ها کوچک و منظم‌تر می‌شوند. بیش‌ترین مقدار شاخص حاشیه کل در کاربری مرتع و کم‌ترین مقدار آن در کاربری باغ برآورد شد. این امر نشان‌دهنده تخریب مراتع در اکثر زیرحوضه‌های آبخیز کوزه‌تپراقی است. حداکثر و حداقل حاشیه کل برای حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی در سطح سیما برای زیرحوضه‌های آبخیز ۳۶ واقع در قسمت مرکزی آبخیز (۶۱۳۸۳ متر) و ۲۱ واقع در شمال غربی آبخیز (۱۳۳۸/۳۷ متر) به‌دست آمد. میانگین حاشیه کل برای حوزه آبخیز مورد مطالعه $17244/54$ متر به‌دست آمد.

تراکم حاشیه به‌عنوان معیار مهمی برای نشان دادن عملکرد حوزه آبخیز است (مصطفی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷) و به از دست رفتن زیستگاه، ترکیب و الگوی زیستگاه اشاره می‌کند (وانگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۴؛ لئو^۲ و همکاران، ۲۰۱۶). زمانی که هیچ حاشیه‌ای در سیمای سرزمین وجود نداشته باشد مقدار عددی این شاخص برابر صفر است؛ یعنی زمانی که کل سیمای سرزمین و مرز آن، شامل یک لکه باشد (مک‌گاریگال، ۲۰۰۱).

در سطح سیمای سرزمین، رابطه بین تراکم حاشیه و تکه‌شدگی مثبت است، به‌طوری‌که با افزایش تراکم حاشیه، تکه‌شدگی در آن زیرحوضه افزایش می‌یابد. بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر شاخص مربوط به کاربری‌های کشاورزی و باغ است. هم‌چنین نتایج این شاخص برای کل سیمای سرزمین حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی نشان داد که زیرحوضه‌های ۲۱ (واقع در شمال غربی آبخیز) و ۲۷ (واقع شمال آبخیز) به‌ترتیب با مقدار عددی $0/83$ و $13/85$ متر بر هکتار در سطح سیمای سرزمین حداقل و حداکثر تکه‌شدگی را دارند. هم‌چنین برای حوضه مورد مطالعه میانگین و انحراف معیار تراکم حاشیه $3 \pm 7/27$ متر بر هکتار برآورد شد. این امر نشان‌دهنده مقادیر بالای تراکم حاشیه و تخریب سیمای سرزمین کوزه‌تپراقی است (علائی و همکاران، ۱۳۹۸). جاپلقلی و همکاران (۱۳۹۷) از معیار تراکم حاشیه برای

1 Wang

2 Liu

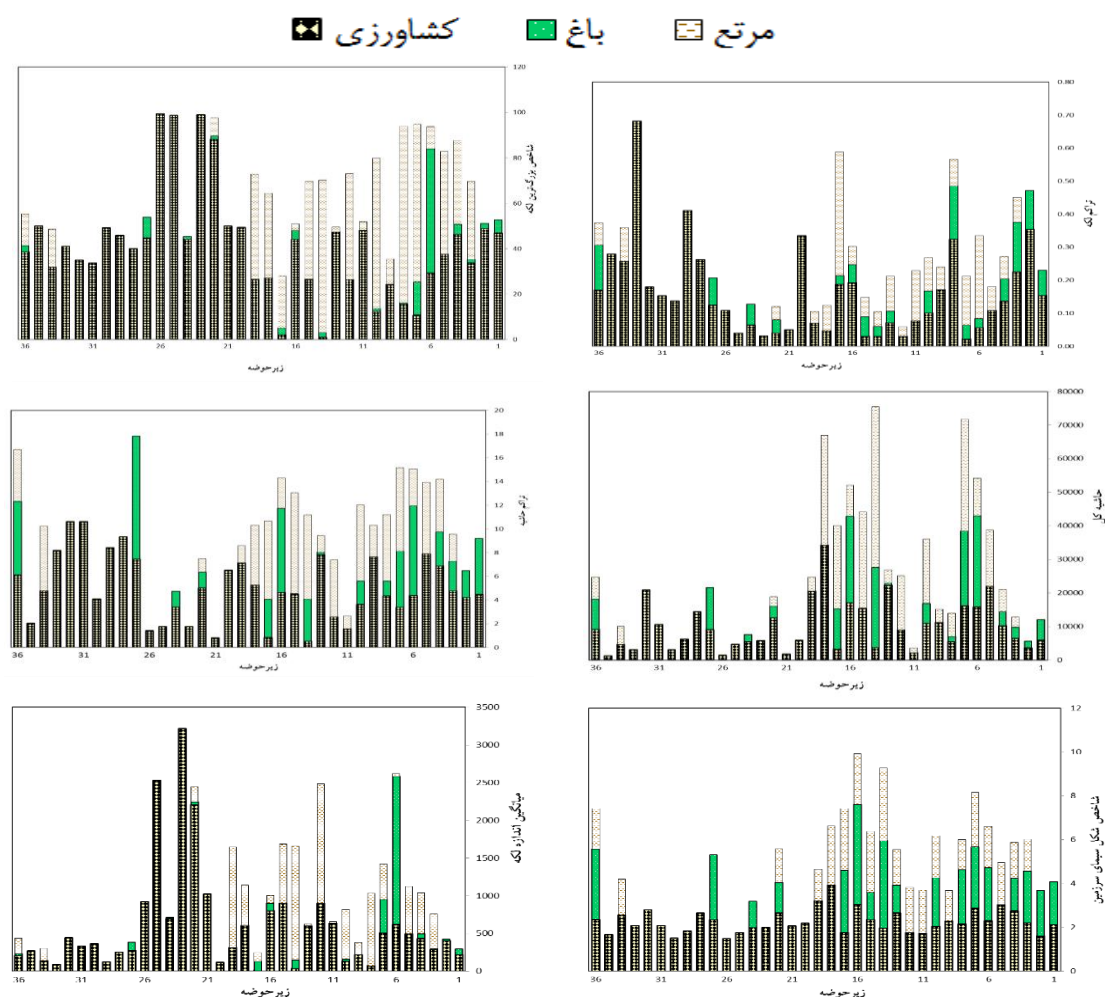
سیمای سرزمین استان لرستان استفاده کردند. اگرچه مقدار معیار تراکم حاشیه بین ۰/۰۲ تا ۰/۴۴ برای این استان به‌دست آمد، اما نتایج نشان داد که لکه‌های سیمای سرزمین لرستان در حال تقسیم شدن هستند و این موجب افزایش مقادیر تراکم حاشیه و تخریب سیمای سرزمین شده است.

شاخص شکل لکه یک معادله سنجه تجمعی با ویژگی مکانی پراکندگی است (مک‌گاریگال، ۲۰۰۱). این سنجه، نسبت محیط لکه (طول حاشیه) به حداقل محیط ممکن برای یک لکه با حداکثر تجمع (انباشتگی) را نشان می‌دهد و در صورتی که برابر با یک باشد؛ یعنی سیمای سرزمین شامل یک لکه با حداکثر فشردگی و تقریباً مربع شکل است. در حالی که لکه پراکنده‌تر، مرز بی‌نظم‌تر و شکل آن پیچیده‌تر شود، مقادیر شاخص شکل لکه بدون محدودیت افزایش می‌یابد (مک‌گاریگال و انه، ۲۰۱۳). با توجه به نتایج شکل (۳)، بی‌نظمی در کاربری کشاورزی بیش‌تر از کاربری‌های مرتع و باغ است.

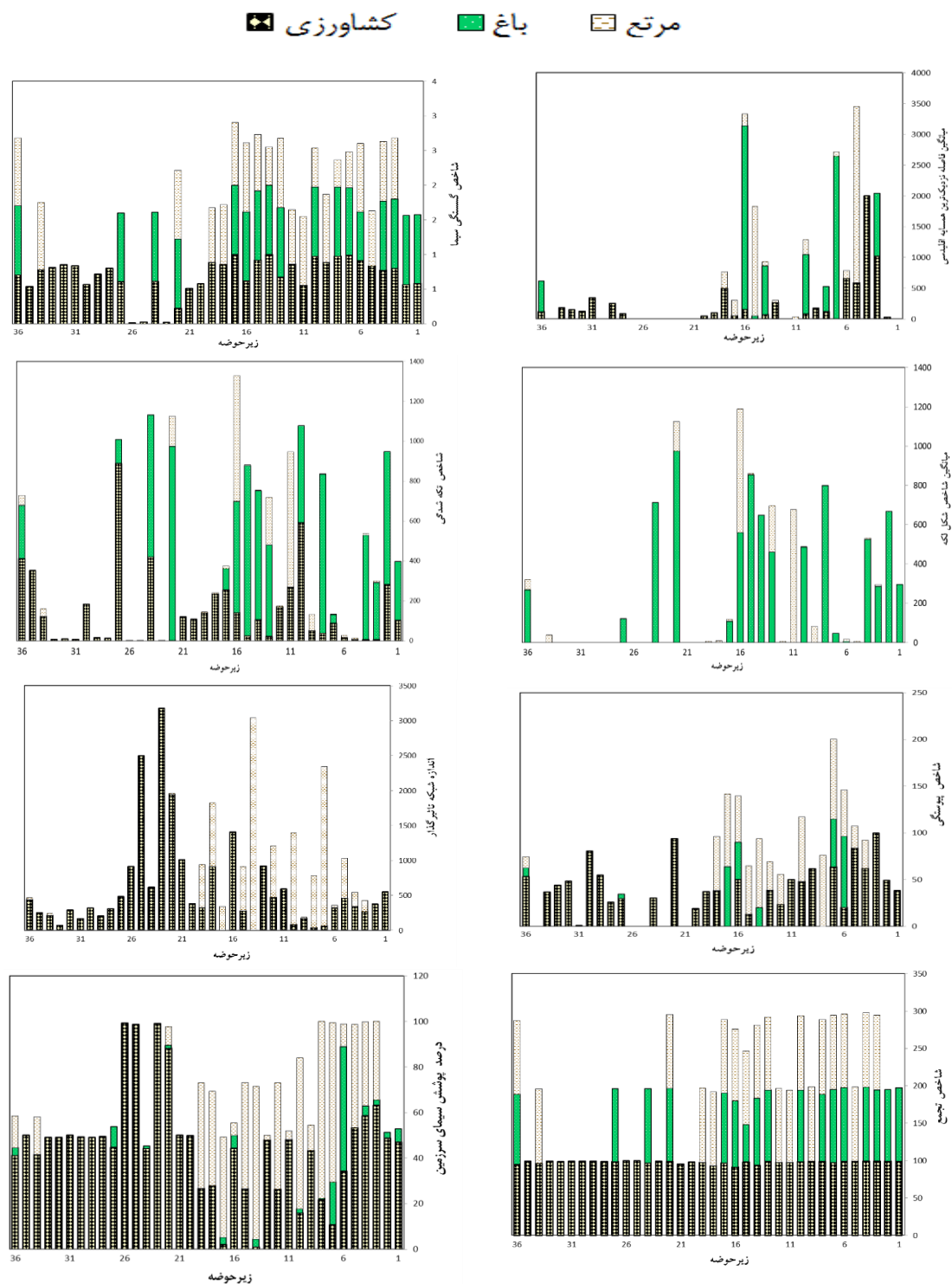
میانگین اندازه لکه یک نوع ماتریس سیمای سرزمین است که بر اساس ویژگی میانگین لکه ارائه شده است که اندازه‌گیری گرایش مرکزی را در مشخصه لکه مربوطه در کل سیمای سرزمین ارائه می‌دهد (مک‌گاریگال، ۲۰۰۱). میانگین و انحراف معیار میانگین اندازه لکه برای مطالعه حاضر به‌ترتیب برابر با ۳۱۴/۸۱ و ۱۸۷/۷۴ هکتار به‌دست آمد. بیش‌ترین تغییرات این شاخص برای کاربری کشاورزی و کم‌ترین تغییرات آن برای کاربری باغ است. هم‌چنین برای کل حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی، مقادیر حداقل و حداکثر میانگین اندازه لکه نیز به‌ترتیب برابر با ۶۱/۱۳ (زیرحوضه ۳۳) و ۱۰۲۰/۶۸ (زیرحوضه ۲۱) هکتار است. لئو و همکاران (۲۰۱۶) رابطه معکوس و مثبت با روند کاهش بین میانگین اندازه لکه و تلفات زیستگاه بر اساس تجزیه و تحلیل ۱۶ شهر بزرگ از سراسر جهان یافتند. علاوه بر این، رخمآواتی^۱ (۲۰۱۷) در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۶ روند کاهشی قابل توجهی در معیار میانگین اندازه لکه در پارک ملی گونونگ هالیوم سالاک (GHSNP) به‌عنوان یکی از مناطق حفاظت شده در اندونزی گزارش کرد. محدوده میانگین اندازه لکه در منطقه GHSNP بین ۳/۲ تا ۲۹۵/۵ هکتار متغیر بوده است. هم‌چنین، نتایج نشان‌دهنده کاهش تراکم لکه در اراضی طبیعی مورد مطالعه می‌باشد.

میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه اقلیدسی به‌عنوان ساده‌ترین اندازه از چارچوب لکه به‌طور گسترده‌ای برای اندازه‌گیری انزوای لکه استفاده شده است (مک‌گاریگال و انه، ۲۰۱۳). سنجه نزدیک‌ترین همسایگی اقلیدسی با استفاده از هندسه ساده اقلیدسی به‌عنوان کوتاه‌ترین فاصله مستقیم بین لکه مرکزی و نزدیک‌ترین همسایه آن کلاس تعریف شده است (مک‌گاریگال و انه، ۲۰۱۳). برای حوضه مورد مطالعه حداکثر سنجه فاصله نزدیک‌ترین همسایه اقلیدسی برای کاربری باغ و حداقل آن برای کاربری کشاورزی به‌دست آمد.

سنجه‌های گسستگی سیما و تکه‌شدگی اشاره به توصیف دخالت انسان‌ها و میزان انسجام (مک‌گاریگال، ۲۰۰۱). سیمای سرزمین بر اساس عملکرد توزیع اندازه‌های باقی‌مانده دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۴). بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار شاخص گسستگی سیما برای کاربری کشاورزی و باغ مشاهده شد. هم‌چنین مقدار گسستگی سیما برای حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی دارای میانگین $0/23 \pm 0/39$ متر و حداکثر و حداقل مقادیر $0/75$ متر (زیرحوضه ۹) و $0/01$ متر (زیرحوضه‌های ۲۱ و ۲۶) است. طبق نتایج مصطفی‌زاده و همکاران (۱۳۹۷)، حداکثر مقدار این سنجه برای زیرحوضه‌های آبخیز ایریل واقع در استان اردبیل برابر با $0/92$ متر گزارش شده است. هم‌چنین کیانی و فقهی (۱۳۹۴) در بررسی ساختار پوشش اراضی حوزه آبخیز سفیدرود، از گسستگی سیما استفاده کردند. ایشان به این نتیجه رسیدند که بیش‌ترین و کم‌ترین گسستگی به‌ترتیب در کاربری‌های کشاورزی و جنگل بوده است.



شکل ۳- تغییرات مقادیر سنجه‌های سیمای سرزمین در کاربری‌ها و زیرحوضه‌های آبخیز کوزه‌تپراقی



ادامه شکل ۳- تغییرات مقادیر شاخص‌های موردبررسی در کاربری‌ها و زیرحوضه‌های آبخیز کوزه‌تپراقی

میانگین شاخص شکل لکه به عنوان سنجه نمایش بی‌نظمی شکل لکه‌های سیمای سرزمین (اوما^۱ و همکاران، ۲۰۱۱) دارای میانگین ۱/۵۵ برای حوضه مورد مطالعه به دست آمد. مقدار این میانگین شاخص شکل لکه برای کاربری‌های مرتع، باغ و کشاورزی بیش‌تر از یک به دست آمد. میانگین شاخص شکل لکه در زیرحوضه‌های مورد مطالعه بین ۱/۳۲ (زیرحوضه ۲۵ واقع در شمال آبخیز) تا ۲/۰۷ (زیرحوضه ۲۱ واقع در شمال غربی آبخیز) متغیر بود. علاوه بر این، این معیار برای یک لکه مربعی شکل برابر با یک است و با افزایش بی‌نظمی شکل، بزرگ‌تر می‌شود (کیانی و فقهی، ۱۳۹۴). نتایج اوما و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد که شاخص میانگین شکل لکه یکی از مهم‌ترین پیامدهای تأثیرات انسانی بر مناظر است.

تکه‌شدگی بر اساس توزیع لکه‌های تجمعی است و به عنوان شبکه مؤثر یا تعداد لکه‌هایی با اندازه ثابت زمانی تفسیر می‌شود (مک‌گاریگال و انه، ۲۰۱۳). برای کاربری باغ بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین برای کاربری مرتع به دست آمد. هم‌چنین مقدار میانگین و انحراف معیار این سنجه برای آبخیز کوزه‌تپراقی برابر با $۱/۹۵ \pm ۰/۸۱$ به دست آمد. این معیار از ۱/۰۱ در زیرحوضه‌های ۲۱ (شمال غربی آبخیز) و ۲۶ (واقع در شمال آبخیز) تا ۳/۳۸ در زیرحوضه ۳۲ (قسمت مرکزی آبخیز) متغیر است.

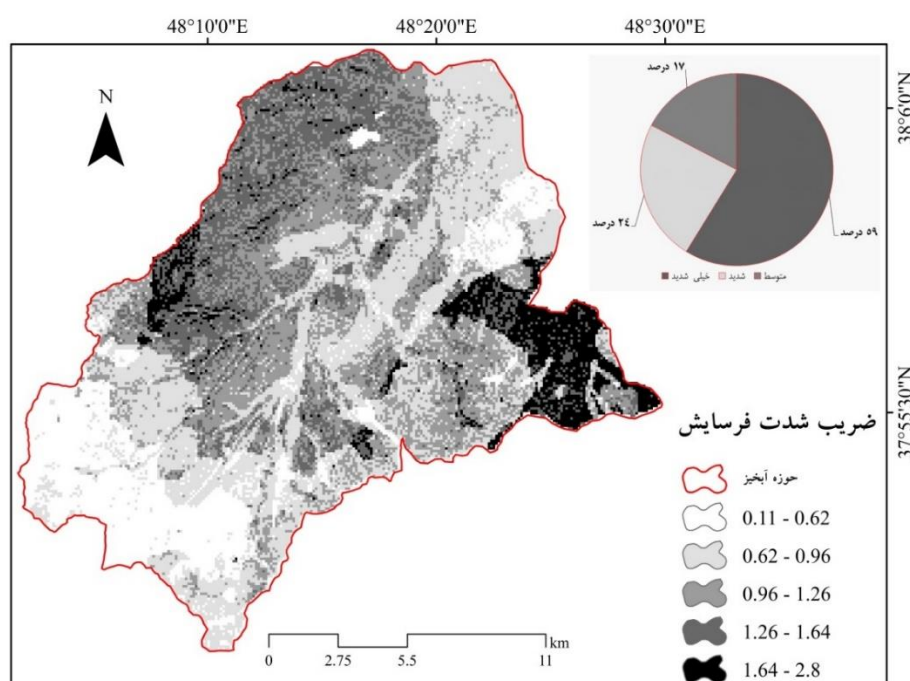
شاخص پیوستگی لکه‌ها ارتباط فیزیکی لکه‌ها را بیان می‌کند. با افزایش پیوستگی لکه‌ها مقدار این شاخص نیز افزایش یافت. با توجه به نتایج حداقل و حداکثر پیوستگی در کاربری باغ و کشاورزی می‌باشد. شاخص تجمع بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است، که هر چه مقدار عددی این شاخص به ۱۰۰ نزدیک شود نشان‌دهنده افزایش پیوستگی می‌باشد (مک‌گاریگال و انه، ۲۰۱۳). برای کاربری کشاورزی بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین برای کاربری باغ به دست آمد. هم‌چنین مقدار میانگین و انحراف معیار این سنجه برای آبخیز کوزه‌تپراقی برابر با $۰/۴۷ \pm ۹۹/۱۱$ به دست آمد. این معیار از ۹۸/۱۸ درصد در زیرحوضه‌های ۱۴ (جنوب آبخیز) و ۲۶ (واقع در شمال آبخیز) تا ۹۹/۷۹ درصد در زیرحوضه ۲۶ (شمال آبخیز) متغیر است.

درصد پوشش سیمای سرزمین بین صفر تا ۱۰۰ درصد متغیر است، که هر چه مقدار عددی این شاخص به ۱۰۰ درصد نزدیک شود نشان‌دهنده افزایش پیوستگی می‌باشد (مک‌گاریگال و انه، ۲۰۱۳). برای کاربری کشاورزی بیش‌ترین مقدار و کم‌ترین مقدار آن برای کاربری باغ به دست آمد. این معیار از ۹۶/۶۱ درصد در زیرحوضه ۱۶ (واقع در جنوب آبخیز) تا ۹۹/۳۸ درصد در زیرحوضه ۲۶ (شمال آبخیز) متغیر است.

۳-۲- تغییرات مکانی شدت فرسایش خاک

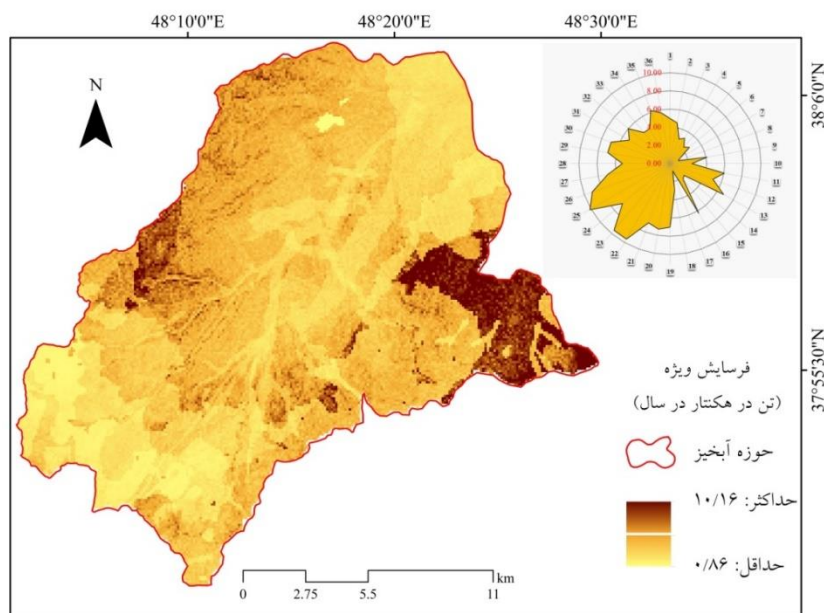
شکل ۴، نقشه ضریب شدت فرسایش خاک را در حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی نشان می‌دهد. میانگین و انحراف معیار ضریب شدت فرسایش در کل حوضه به ترتیب ۱/۰۵ و ۰/۲۳ بوده است. حداکثر و حداقل مقدار شدت

فرسایش خاک در زیرحوضه‌های ۲۵ و ۱۷ به ترتیب برابر با $1/38$ و $0/50$ برآورد شد. قابل ذکر است که تمام مساحت زیرحوضه ۲۵ را کاربری کشاورزی و کل مساحت زیرحوضه ۱۷ را کاربری مرتع تشکیل داده است. با توجه به نتایج به دست آمده اکثر زیرحوضه‌های مورد مطالعه تقریباً حدود ۵۹ درصد ($471/11$ کیلومترمربع) از کل حوضه، در طبقه فرسایش خیلی شدید (بیش از یک)، ۲۴ درصد ($191/28$ کیلومترمربع) در طبقه فرسایش شدید ($1-0/71$) و تنها برخی از زیرحوضه‌هایی از بالادست (زیرحوضه‌های ۱۴، ۱۵ و ۱۷) که در مجموع ۱۷ درصد ($139/01$ کیلومترمربع) از حوزه آبخیز را تشکیل می‌دهند، دارای فرسایش متوسطی ($0/41-0/7$) هستند.



شکل ۴- نقشه ضریب شدت فرسایش حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی

در شکل‌های (۵ و ۶) توزیع مکانی فرسایش ویژه حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی ارائه شده است. با توجه به نتایج، حداکثر مقدار در شمال غربی حوزه آبخیز قرار دارد و بالادست حوزه آبخیز یعنی زیرحوضه‌های واقع در جنوب حوضه، فرسایش کمتری دارند. میانگین و انحراف معیار فرسایش ویژه در کل حوضه به ترتیب برابر با $0/17$ و $2/49$ بوده است. حداکثر و حداقل مقدار فرسایش ویژه در زیرحوضه‌های ۲۵ و ۱۷ به ترتیب برابر با $10/16$ و $0/86$ تن در هکتار در سال برآورد شد. نتایج فرسایش ویژه نیز نشان داد که در زیرحوضه‌هایی که ۱۰۰ درصد کاربری آن‌ها مرتع است، مقادیر فرسایش کم‌تر از حالتی است که تمام مساحت زیرحوضه را کاربری کشاورزی تشکیل داده باشد. مطابق شکل (۵) بیش‌ترین مقادیر فرسایش در بخش شرقی و محدوده‌هایی از غرب حوضه مورد مطالعه است.



شکل ۵- تغییرات مکانی فرسایش ویژه حوزه آبخیز کوزه تهرانی



(اندازه مربع از بزرگ به کوچک نشان دهنده شدت فرسایش زیاد به کم و اعداد داخل مربع‌ها نشان دهنده شماره زیرحوضه‌هاست)

شکل ۶- تغییرات مقادیر فرسایش ویژه در زیرحوضه‌های آبخیز کوزه تهرانی

۳-۳- تحلیل ارتباط بین سنجه‌های سیمای سرزمین و فرسایش خاک

جدول (۲)، ماتریس هم‌بستگی بین شاخص‌های سیمای سرزمین را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل این ماتریس نشان می‌دهد که سنجه‌های سیمای سرزمین با یکدیگر هم‌بستگی بالایی دارند. به‌طوری‌که سنجه‌های تراکم لکه (PD) و شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI)، میانگین اندازه لکه (AREA-MN) بیش‌ترین هم‌بستگی را با سنجه تکه‌شدگی (SPLIT) و پیوستگی سیمای سرزمین (COHESION) دارد. سنجه‌های گسستگی سیما و تکه‌شدگی اشاره به نقش دخالت انسان‌ها و میزان انسجام سیمای سرزمین دارد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۴). در جدول

(۳)، مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین و انحراف معیار سنجه‌های سیمای سرزمین در کل حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی ارائه شده است.

جدول ۲- ماتریس هم‌بستگی سنجه‌های سیمای سرزمین

سنجه*	PD	LPI	TE	ED	LSI	AREA-MN	SHAPE-MN	ENN-MN	COHESION	DIVISION	MESH	SPLIT	AI	PLADJ
PD	۱													
LPI	۱/۰۰	۱												
TE	-۰/۱۹	-۰/۱۹	۱											
ED	۰/۱۲	۰/۱۱	۰/۴۵	۱										
LSI	۱/۰۰	۱/۰۰	-۰/۱۹	۰/۱۱	۱									
AREA-MN	۱/۰۰	۱/۰۰	-۰/۱۹	۰/۰۸	۱/۰۰	۱								
SHAPE-MN	۰/۹۶	۰/۹۷	-۰/۱۸	۰/۱۴	۰/۹۷	۰/۹۷	۱							
ENN-MN	۰/۴۹	۰/۴۹	۰/۰۳	-۰/۰۶	۰/۴۹	۰/۵۱	۰/۴۳	۱						
COHESION	-۱/۰۰	-۱/۰۰	۰/۱۸	-۰/۱۲	-۱/۰۰	-۱/۰۰	-۰/۹۷	-۰/۴۹	۱					
DIVISION	۱/۰۰	۱/۰۰	-۰/۱۹	۰/۱۱	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۷	۰/۴۹	-۱/۰۰	۱				
MESH	-۰/۲۴	-۰/۲۴	۰/۵۹	-۰/۲۴	-۰/۲۳	-۰/۲۱	-۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۲۴	-۰/۲۴	۱			
SPLIT	۱/۰۰	۱/۰۰	-۰/۱۸	۰/۱۳	۱/۰۰	۱/۰۰	۰/۹۷	۰/۵۰	-۱/۰۰	۱/۰۰	-۰/۲۵	۱		
AI	-۱/۰۰	-۱/۰۰	۰/۱۶	-۰/۱۲	-۱/۰۰	-۱/۰۰	-۰/۹۷	-۰/۴۹	۱/۰۰	-۱/۰۰	۰/۲۲	-۱/۰۰	۱	
PLADJ	۰/۰۰	۰/۲۷	-۰/۲۹	-۰/۴۲	-۰/۲۸	۰/۰۷	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۷۰	-۰/۳۴	-۰/۵۰	-۰/۲۳	۰/۹۸	۱

* اسم کامل سنجه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۳- مقادیر حداکثر، حداقل، میانگین و انحراف معیار سنجه‌های سیمای سرزمین در کل حوزه آبخیز

کوزه‌تپراقی

سنجه*	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف معیار
PD	۱/۶۴	۰/۱۰	۰/۴۹	۰/۳۰
LPI	۹۹/۳۵	۳۳/۷۰	۷۰/۱۷	۲۲/۱۶
TE	۶۰۸۷۲/۳۹	۱۰۹۸/۹۲	۱۶۶۲۳/۶۰	۱۴۳۰۵/۰۱
ED	۱۳/۸۵	۰/۸۳	۷/۲۱	۳/۲۲
LSI	۳/۷۰	۱/۵۱	۲/۵۱	۰/۵۰
AREA_MN	۱۰۲۰/۶۸	۶۱/۱۳	۲۸۴/۵۳	۱۹۲/۶۶
SHAPE_MN	۲/۰۷	۱/۲۶	۱/۵۳	۰/۱۷

سنجه*	حداکثر	حداقل	میانگین	انحراف معیار
ENN_MN	۲۲۸۶/۴۷	۰/۰۰	۸۱۴/۹۰	۷۵۴/۰۱
COHESION	۹۹/۹۶	۹۹/۲۹	۹۹/۶۹	۰/۱۷
DIVISION	۰/۷۵	۰/۰۱	۰/۳۹	۰/۲۴
MESH	۳۵۸۱/۵۰	۱۳۹/۳۴	۱۲۷۸/۱۱	۸۷۵/۰۳
SPLIT	۴/۰۵	۱/۰۱	۱/۹۳	۰/۸۱
AI	۹۹/۷۹	۹۷/۶۴	۹۹/۱۱	۰/۴۷
PLAND	۹۹/۳۸	۹۶/۶۱	۹۸/۴۲	۰/۶۱

* معادل فارسی سنجه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است.

در این پژوهش به منظور تحلیل ارتباط بین سنجه‌های سیمای سرزمین و فرسایش خاک از روش گام به گام استفاده شد. ۱۴ سنجه شامل تراکم لکه (PD)، شاخص بزرگ‌ترین لکه (LPI)، حاشیه کل (TE)، تراکم حاشیه (ED)، شاخص شکل لکه (LSI)، میانگین اندازه لکه (AREA-MN)، میانگین فاصله نزدیک‌ترین همسایه اقلیدسی (ENN-MN)، شاخص گسستگی سیما (DIVISION)، میانگین شاخص شکل لکه (SHAPE-MN)، شاخص تکه‌شدگی (SPLIT)، شاخص پیوستگی لکه (COHESION)، اندازه شبکه تأثیرگذار (MESH)، شاخص تجمع (AI) و درصد پوشش سیمای سرزمین (PLAND) به عنوان متغیرهای مستقل و فرسایش ویژه خاک به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. روش رگرسیون گام به گام مورد استفاده در این پژوهش با در نظر گرفتن مدل خطی انجام پذیرفت، به نحوی که که بهترین مدل بین متغیر وابسته با استفاده از مقادیر ثابت و متغیرهای مستقل با آزمون‌های متوالی برازش داده می‌شود. جدول (۴) خلاصه مدل‌های برازش داده شده در روش رگرسیون گام به گام را نشان می‌دهد. با توجه به ضریب تبیین تعدیل شده ۰/۹۲ و ضریب هم‌بستگی ۰/۹۴، مدل ۵ به عنوان بهترین مدل انتخاب شد. نتایج آماره F تمام مدل‌های برازش داده شده نشان داد که سطح معنی‌داری کم‌تر از ۰/۰۰۱ است که فرض وجود رابطه خطی معنی‌دار میان متغیرهای مستقل و وابسته با ضریب اطمینان ۹۹ درصد تأیید می‌شود.

جدول ۴- خلاصه مدل‌های ارائه شده به روش گام به گام

مدل	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Sig.
۱	۰/۸۹	۰/۷۹	۰/۷۸	۱/۳۰	۰/۰۰
۲	۰/۹۲	۰/۸۵	۰/۸۴	۱/۰۹	۰/۰۰
۳	۰/۹۴	۰/۸۹	۰/۸۸	۰/۹۹	۰/۰۰
۴	۰/۹۶	۰/۹۲	۰/۹۰	۰/۸۷	۰/۰۰
۵	۰/۹۷	۰/۹۴	۰/۹۲	۰/۸۳	۰/۰۰

در استخراج روابط میان سنجه‌های سیمای سرزمین و مؤلفه فرسایش ویژه از نرم‌افزار SPSS با قابلیت‌های متعدد استفاده شد. بر اساس رابطه ارائه شده برای برآورد فرسایش ویژه (رابطه ۳)، رابطه عکس میان سنجه‌های DIVISION (شاخص گسستگی سیما) ED (تراکم حاشیه) و LPI (شاخص بزرگ‌ترین لکه)، هم‌چنین رابطه مستقیم با میانگین اندازه شکل لکه (SHAPE-MN) و میانگین اندازه لکه (AREA-MN) با فرسایش ویژه تشخیص داده شد. در این راستا، فیئر^۱ و همکاران (۲۰۱۱) بر نقش پیوستگی و گسستگی لکه‌ها در اراضی کشاورزی و لحاظ آن در ابزارهای مدل‌سازی تأکید نمودند. هم‌چنین بر اساس رابطه رگرسیونی ارائه شده رابطه (۳)، ارتباط میان فرسایش ویژه و میانگین اندازه شکل لکه اقلیدسی در طبقه کشاورزی مستقیم و بیان‌گر نقش اراضی کشاورزی در تولید فرسایش ویژه در حوزه آبخیز مورد مطالعه بوده است. هم‌چنین با کاهش شاخص بزرگ‌ترین لکه مرتع (LPI)، مقدار فرسایش افزایش پیدا می‌کند. به عبارتی با افزایش شاخص بزرگ‌ترین لکه‌های از نوع پوشش گیاهی خوب، سرعت پیمایش جریان کاهش پیدا کرده و منجر به کاهش جابه‌جایی خاک می‌شود. این نتایج با پژوهش بیوتیستا^۲ و همکاران (۲۰۰۷) مبنی بر وجود ارتباط بین تأثیر سنجه‌های تراکم لکه، تراکم حاشیه و شاخص بزرگ‌ترین لکه و میزان رواناب و رسوب در یک راستاست. البته با توجه به این‌که در حوزه آبخیز مورد مطالعه تعدادی از کاربری‌های اراضی دارای مساحت بیش‌تری بوده‌اند، بدیهی است که تغییرپذیری شدت فرسایش را بیش‌تر تحت تأثیر قرار داده‌اند. هم‌چنین طبق نتایج می‌توان استنباط کرد که کاربری کشاورزی و مرتع بیش‌ترین نقش را در فرسایش و تولید رسوب دارد که با نتایج خو و همکاران (۲۰۱۷) مبنی بر این‌که کاربری‌های زمین لخت، کشاورزی و شهری به‌عنوان منابع تولید رسوب هستند، مطابقت دارد. طبق نتایج شاخص گسستگی سیمای کشاورزی (DIVISION)، تراکم حاشیه مرتع (ED)، میانگین اندازه شکل لکه کشاورزی (SHAPE-MN)، میانگین اندازه شکل لکه مرتع (AREA-MN) و شاخص بزرگ‌ترین لکه مرتع (LPI) به‌ترتیب با ضریب مشارکت ۳۲/۶۵، ۱۵/۹۹، ۱۰/۷۶، ۲۰/۷۶ و ۱۹/۸۴ درصد در تعیین فرسایش خاک حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی نقش داشته‌اند.

$$(3) \quad \left(\text{مخرج } LPI \right) - \left(0.04 \right) + \left(\text{مخرج } AREA - MN \right) + \left(0.002 \right) + \left(\text{مخرج } SHAPE - MN \right) + \left(1.35 \right) - \left(\text{مخرج } ED \right) - \left(0.30 \right) - \left(\text{مخرج } DIVISION \right) - \left(5.70 \right) = 7.27 \quad (\text{تن در هکتار در سال})$$

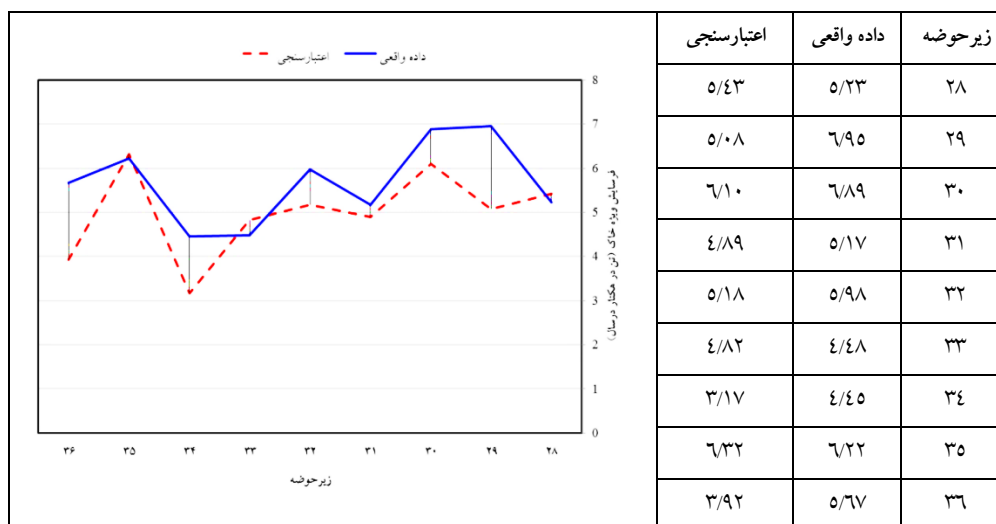
که در آن، DIVISION شاخص گسستگی سیما، ED تراکم حاشیه برحسب متر در ۱۰۰ هکتار، SHAPE-MN میانگین اندازه شکل لکه، PD تراکم لکه برحسب متر در ۱۰۰ هکتار، AREA-MN میانگین اندازه لکه برحسب هکتار و LPI شاخص بزرگ‌ترین لکه بر حسب درصد را نشان می‌دهد.

1 Fiener

2 Bautista

برای اعتبارسنجی، مدل به دست آمده برای ۲۵ درصد زیرحوضه‌های (۲۸-۳۶) باقی مانده اجرا شد. سپس شاخص خطا محاسبه شد تا دقت مدل برای منطقه مورد مطالعه برآورد شود. طبق نتایج به دست آمده، رابطه ارائه شده منطقی ارزیابی می‌شود.

جدول ۵- اعتبارسنجی فرسایش ویژه خاک در ۲۵ درصد زیرحوضه‌های آبخیز کوزه تپراقی



با توجه به معیارهای ارزیابی مدل رگرسیون، میزان ضریب تعیین (R^2) بین رسوب و سنج‌های سیمای سرزمین برابر ۰/۶۲، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) برابر ۰/۸۷، ME برابر ۰/۴۷ و MAE برابر ۰/۰۰۵ محاسبه شد که بیان‌گر کارایی مناسب مدل رگرسیون گام به گام با هم‌بستگی بالا و کم‌ترین میزان خطاست.

۴- نتیجه‌گیری

فرسایش خاک در اثر فعالیت‌های انسانی تشدید می‌شود و افزایش سریع جمعیت و هم‌چنین عدم توجه به بهره‌برداری صحیح از زمین، سبب شده است که دامنه‌های پرشیب و ارتفاعات بالادست نیز تحت کشت و زرع قرار گیرد که منجر به افزایش فشار بر مراتع نیز شده است. کاهش پوشش جنگلی، کاهش تولیدات زراعی، افزایش سیلاب‌ها، کاهش نیروی برقابی و کاهش کیفیت آب آشامیدنی از جمله آثار مستقیم و غیرمستقیم فرسایش خاک هستند. برای جلوگیری از فرسایش ابتدا باید نوع فرسایش منطقه مشخص شود، سپس با استفاده از مدل‌های مناسب میزان فرسایش و رسوب را برآورد کرد. نتایج نشان داد که بین فرسایش حوزه آبخیز با الگوهای مکانی کاربری‌های مختلف ارتباط زیادی وجود دارد. از میان ۱۴ سنجه مورد بررسی، شاخص گسستگی سیمای کشاورزی (DIVISION)، تراکم حاشیه مرتع (ED)، میانگین اندازه شکل لکه کشاورزی (SHAPE-MN)، میانگین اندازه شکل

لکه مرتع (AREA-MN) و شاخص بزرگ‌ترین لکه مرتع (LPI) به‌عنوان سنجه‌های اصلی در محاسبه مقدار فرسایش برآورد شدند. از این میان دو سنجه تراکم حاشیه و شاخص بزرگ‌ترین لکه رابطه عکس و سایر سنجه‌ها رابطه مستقیم با فرسایش حوزه آبخیز داشتند. هم‌چنین شاخص گسستگی سیمای کشاورزی (DIVISION) با ضریب مشارکت ۳۲/۶۵ درصد و میانگین اندازه شکل لکه مرتع (AERA-MN) با ضریب مشارکت ۱۰/۷۶ درصد به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین نقش را در تعیین فرسایش خاک حوزه آبخیز کوزه‌تپراقی داشته‌اند. یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر در درک ارتباط و نیز اثرات فعالیت‌های مدیریتی بر سنجه‌های سیمای سرزمین و نیز فرآیندهای هیدرولوژیکی اصلی سامانه حوزه آبخیز و نهایتاً در برنامه‌ریزی و توسعه پایدار آبخیزها کاربرد دارند. در خصوص مدل‌سازی ارتباط میان فرسایش و سنجه‌های سیمای سرزمین باید اشاره شود که تحلیل‌ها بر اساس ویژگی‌های سیمای سرزمین در سطح کلاس (کاربری اراضی) به واقعیت نزدیک‌تر خواهد بود. به‌عبارتی عکس‌العمل نوع کاربری‌های اراضی مختلف در تولید رسوب مهم‌تر از نوع سنجه در مقیاس لکه است.

بر اساس مدل ارائه شده جهانی در خصوص برآورد فرسایش خاک، عواملی همچون توپوگرافی، فرساینده‌گری باران، مدیریت کاربری اراضی، فرسایش‌پذیری خاک و نوع سازند در میزان فرسایش خاک و تولید رسوب مؤثر هستند. از آنجاکه در تحقیق حاضر، در برآورد فرسایش از مدل پتانسیل فرسایش استفاده شده است، لذا می‌توان گفت که تحلیل‌های ارائه شده بر مبنای برآیند تأثیر ویژگی‌های مؤثر سنجه‌های سیمای سرزمین بر میزان فرسایش در مقیاس زیرحوضه است که می‌تواند در مباحث مرتبط با مدیریت کاربری اراضی نقش‌آفرین باشد. قابل ذکر است که مدل ارائه شده و یا برآوردها بر مبنای سنجه‌های سیمای سرزمین، می‌تواند در پیش‌بینی میزان فرسایش خاک در اثر تغییر کاربری اراضی در دوره‌های آتی مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به نقش مؤثر انواع کاربری اراضی در تشدید و یا کنترل فرسایش، محاسبه میزان فرسایش ویژه در کاربری‌های مختلف اراضی می‌تواند از کاربردهای قابل توصیه بر اساس نتایج تحقیق حاضر باشد. در مجموع، امکان استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین و تلفیق با مدل‌های معمول برآورد فرسایش خاک و تولید رسوب از مواردی است که می‌تواند در تحقیق‌های آتی مدنظر قرار گیرد.

کتابنامه

- اسماعیلی، اباذر؛ عبداللہی، خدایار؛ ۱۳۹۰. آبخیزداری و حفاظت خاک. انتشارات محقق اردبیلی. ص ۵۷۴.
- جاپلقی، محسن؛ غلامعلی‌فرد، مهدی؛ شایسته، کامران؛ ۱۳۹۶. پایش و تحلیل الگوی سیمای سرزمین استان لرستان و فرآیند تغییر آندر محیط GIS. محیط‌زیست طبیعی، مجله منابع طبیعی ایران. ۷۰(۱): ۳۵-۱۵.
- حزباوی، زینب؛ پرچمی، ناهیده؛ علائی، نازیلا؛ بابایی، لیلیا؛ ۱۳۹۹. ارزیابی و تحلیل وضعیت سلامت آبخیز کوزه‌تپراقی، استان اردبیل. حفاظت منابع آب و خاک. ۹(۳): ۱۴۰-۱۲۱.
- زارع چاهوکی، محمدعلی؛ ۱۳۸۹. روش‌های تحلیل چندمتغیره در نرم‌افزار SPSS. ص ۳۶.

صادقی، سیدحمیدرضا؛ مصطفی زاده، رئوف؛ سعدالدین، امیر؛ ۱۳۹۲. پاسخ رسوب نمود و حلقه های سنج رسوب به نوع و توزیع مکانی کاربری اراضی. مهندسی و مدیریت آبخیز. ۷(۱): ۲۶-۱۵.

علائی، نازیلا. مصطفی زاده، رئوف؛ اسمعیل عوری، اباذر؛ شرری، معراج؛ حزباوی، زینب؛ ۱۳۹۸. ارزیابی و مقایسه میزان شاخص های یکپارچگی آبخیز در واحدهای هیدرولوژیکی حوزه آبخیز کوزه تپراقی، استان اردبیل. پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری. دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی. دانشگاه محقق اردبیلی، ۱۲۵ ص.

علائی، نازیلا؛ مصطفی زاده، رئوف؛ اسمعیل عوری، اباذر؛ شرری، معراج؛ حزباوی، زینب؛ ۱۳۹۸. ارزیابی و مقایسه پیوستگی سیمای سرزمین در حوزه آبخیز کوزه تپراقی، استان اردبیل. بوم شناسی کاربردی. ۸(۴): ۳۴-۱۹.

کریمی، آرش؛ فقهی، جهانگیر؛ ۱۳۹۰. بررسی کمی کردن سنج های سیمای سرزمین در حفاظت از الگوی کاربری اراضی پایدار (مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویراحمد). محیط شناسی، ۳۷ (۶۰): ۸۸-۷۹.

کیانی، واحد؛ فقهی، جهانگیر؛ ۱۳۹۴. بررسی ساختار پوشش/کاربری حوزه آبخیز سفیدرود با استفاده از سنج های بوم شناسی سیمای سرزمین. علوم و تکنولوژی محیط زیست. ۱۷(۶): ۱۴۱-۱۳۱.

مصطفی زاده، رئوف؛ جعفری، انیس؛ کیوان بهجو، فرشاد؛ ۱۳۹۷. مقایسه ساختار اراضی مرتعی و میزان تخریب پیوستگی سیمای سرزمین در زیرحوزه های آبخیز ایریل، استان اردبیل. بوم شناسی کاربردی. ۷(۱): ۴۱-۵۳.

معمودی، راضیه؛ آذری، محمود؛ منصفی، رضا؛ ۱۳۹۸. ارتباط الگوی سیمای سرزمین و رسوب در برخی از زیرحوزه های آبخیز استان گلستان. مهندسی و مدیریت آبخیز. ۱۱(۴): ۳۷۱-۳۹۹.

میرزایی، محسن؛ ریاحی بختیاری، علیرضا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ غلامعلی فرد، مهدی؛ ۱۳۹۱. بررسی تغییرات پوشش اراضی استان مازندران با استفاده از سنج های سیمای سرزمین بین سال های ۱۳۸۹-۱۳۶۳. کولوژی کاربردی. ۲(۴): ۵۴-۳۷.

نجفی نژاد، علی؛ پیشداد سلیمان آباد، لیلا؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ ۱۳۹۲. مقایسه کارایی دو روش سیستمی و تخصیص سرزمین چندفاکتوره در فرآیند آمایش سرزمین با استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی. مجله کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی. ۴(۱): ۱-۱۱.

- Abdolalizadeh, Z., Ebrahimi, A., Mostafazadeh, R., 2019. Landscape pattern change in Marakan protected area, Iran. *Regional Environmental Change*, 19: 1683–1699
- Ahmadi Mirghaed F, Sourì B, Mohammadzadeh M, Salmanmahiny AR, Mirkarimi SH., 2018. Evaluation of the relationship between soil erosion and landscape metrics across Gorgan Watershed in northern Iran. *Environ Monit Assess* 190, 643. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-7040-5>
- Aneseyee AB, Elias E, Soromess T, Feyisa GL., 2020. Land use/land cover change effect on soil erosion and sediment delivery in the Winike watershed, Omo Gibe Basin, Ethiopia. *Science of the Total Environment* 728, 138776. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138776>
- Bautista S, Mayor AG, Bourakhoudar J, Bellot J., 2007. Plant spatial pattern predicts hillslope runoff and erosion in a Semiarid Mediterranean landscape. *Ecosystems*, 10, 987–998.

- Carey RO, Migliaccio KW, Li Y, Schaffer B, Kiker GA, Brown MT., 2011. Land use disturbance indicators and water quality variability in the Biscayne Bay Watershed. Florida. *Ecological Indicators*, 11(5), 1093–1104.
- De Montis A, Martin B, Ortega E, Ledda A., 2017. Landscape fragmentation in Mediterranean Europe: A comparative approach. *Land Use Policy* 64: 83–94.
- Fiener P, Auerswald K, Van Oost K., 2011. Spatio-temporal patterns in land use and management affecting surface runoff response of agricultural catchments-A review. *Earth-Science Reviews*, 106, 92–104 .
- Gellis AC., 2013. Factors influencing storm-generated suspended-sediment concentrations and loads in four basins of contrasting land use, humid-tropical Puerto Rico. *Catena*, 104: 39–57.
- Liu Z, He C, Wu J., 2016. The Relationship between Habitat Loss and Fragmentation during Urbanization: An Empirical Evaluation from 16 World Cities. *Habitat Loss and Fragmentation during Urbanization*, 28: 1-17.
- Marco da Silva A, Huang CH, Francesconi W, Saintil T, Villegas J., 2015. Using landscape metrics to analyze micro-scale soil erosion processes, *Ecological Indicators*, 56, 184-193.
- McGarigal K, Cushman SA, Neel EN., 2002. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for categorical maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, 691-703.
- McGarigal K, Ene E., 2013. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available at the following web site: [http:// www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html](http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html)
- McGarigal K. 2001. Landscape Metrics for Categorical Map Patterns, [http:// www.umass.edu/landeco/teaching/landscape_ecology/schedule/chapter9_metrics.pdf](http://www.umass.edu/landeco/teaching/landscape_ecology/schedule/chapter9_metrics.pdf)
- Ouyang W, Skidmore AK, Hao F, Wang T., 2010. Soil erosion dynamics response to landscape pattern, *Science of The Total Environment*, 408(6), 1358-1366.
- Rakhmawati H., 2017. A Spatial Ecological Assessment of Fragmentation and Disturbance Effects of Infrastructure Construction and Land Conversion in Gunung Halimun Salak National Park, Indonesia. Lincoln University Digital Thesis, 1-177.
- Sadoddin A, Sheikh VB, Mostafazadeh R, Halili Gh. 2010. Analysis of vegetation-based management scenarios using MCDM in the Ramian watershed, Golestan, Iran. *International Journal of Plant Production*, 4(1), 51–62.
- Uuemaa E, Roosaare J, Oja T, Mander U., 2011. Analysing the spatial structure of the Estonian landscapes: which landscape metrics are the most suitable for comparing different landscapes?. *Estonian Journal of Ecology* 60, 70-80
- Vatandaşlar C, Yavuz M, Leuchner M., 2020. Erosion Control Service of Forest Ecosystems: A Case Study from Northeastern Turkey. In: Nedkov S. et al. (eds) *Smart Geography. Key Challenges in Geography (EUROGEO Book Series)*. Springer, Cham. pp 443-455.
- Wang X, Blanchet GB, Koper N., 2014. Measuring habitat fragmentation: An evaluation of landscape pattern metrics. *Methods in Ecology and Evolution*, 5: 634–646.
- Webb NP, Kachergis E, Miller SW, McCord SE, Bestelmeyer BT, Brown JR, Chappe A, Edwards BL, Herrick JE, Kar JW, Leys JF, Metz LJ, Smarik S, Tatarko J, Van Zee JW, Zwicke G., 2020. Indicators and benchmarks for wind erosion monitoring, assessment and management, *Ecological Indicators*, 110, 105881.
- Wynants M, Solomon H, Ndakidemi P, Blake WH., 2018. Pinpointing areas of increased soil erosion risk following land cover change in the Lake Manyara catchment, Tanzania. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 71: 1-8.

- Xu Y, Tang H, Wang B, Chen J., 2017. Effects of landscape patterns on soil erosion processes in a mountain–basin system in the North China. *Nat Hazards*, 87:1567–1585.
- Zuur AF, Ieno EN, Meesters EHWG., 2009. *A Beginner's Guide to R*. New York, Springer. 218p.



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

صص ۹۱-۱۰۳

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.68982.1021>

مقاله پژوهشی

بررسی نقش فرایندهای ژئومورفیک در مورفولوژی نیکاهای مناطق نیمه خشک

ابوالفضل ربانی - دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، گروه جغرافیا، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

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

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

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۳۰ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۹/۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۲/۶

چکیده

در این پژوهش چگونگی عملکرد فرایندهای آبی و بادی در تحول مورفولوژی ساختمان نیکاهای مناطق نیمه خشک نشان داده شده است؛ از این رو ۹ نیکا انتخاب و نمونه برداری از عمق ۱۰-۰ سانتی متری رسوبات در موقعیت های مختلف ساختمان نیکا شامل رأس نیکا، دامنه های رو به باد و پشت به باد، حاشیه نیکا و فضای بین نیکا انجام شد. تغییرات معنی دار در توزیع اندازه ذرات بیانگر روش های متفاوت عملکرد باد در حمل و تراکم رسوبات است. ذرات ماسه به طور معنی داری در قسمت رأس نیکا افزایش یافته که نتیجه جابه جایی ذرات به وسیله فرآیند جهش و خزش بادی است. افزایش ذرات ریزتر مانند سیلت متوسط و سیلت درشت در دامنه های رو به باد و پشت به باد حاکی از غلبه فرآیند حمل رسوبات بادی به صورت جهش و تعلیق در این موقعیت هاست. نتایج این مطالعه همچنین نشان داد که افزایش معنی دار رسوبات رس در حاشیه نیکا می تواند نتیجه عملکرد رواناب هایی باشد که قادر به حمل رسوبات ریزدانه از فضای بین تپه ها به سمت موقعیت های حاشیه ای نیکا هستند؛ شرایطی که با تجمع ذرات ریزدانه منجر به افزایش ظرفیت نگهداشت رطوبت در موقعیت های حاشیه شده که می تواند به نوبه خود منجر به گسترش جزایر حاصلخیز در حاشیه نیکا نسبت به سایر موقعیت ها گردد.

کلیدواژه ها: رواناب، فرایندهای بادی، فضای بین تپه ها، نیکا.

۱. مقدمه

نبکاها، تپه‌های ماسه‌ای هستند که در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان در اثر تجمع رسوبات بادی در اطراف پوشش گیاهی شکل می‌گیرند (ونگ و همکاران^۱، ۲۰۰۶؛ لنگفورد و همکاران^۲، ۲۰۰۰؛ کیدرن و زهار^۳، ۲۰۱۸؛ دوگیل و توماس^۴، ۲۰۰۲). تشکیل این تپه‌ها در مناطقی که بر اثر وقوع آشوب‌های محیطی و متعاقباً تخریب خاک و پوشش گیاهی منجر به پیشروی بوته‌ها به داخل علفزارها شده، بسیار زیاد اتفاق می‌افتد (اشلزینگر و همکاران^۵، ۱۹۹۰؛ اکین و همکاران^۶، ۲۰۰۱؛ نیکلینگ و ولف^۷، ۱۹۹۴؛ گیبسن و همکاران^۸، ۲۰۱۵؛ تنگبرگ^۹، ۱۹۹۵). به‌طوری‌که ظهور و توسعه آن‌ها می‌تواند نشانه‌ای از گسترش بیابان‌زایی باشد. تشکیل نبکا به‌واسطه توزیع مجدد منابع خاک به‌وسیله فرایندهای حمل و تراکم رسوبات بادی، اثرات چشمگیری در تغییرات میکروتوپوگرافی و متعاقباً تنوع زیستی خاک در مقیاس‌های مکانی کوچک دارد (راوی و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۷؛ رنگو و همکاران^{۱۱}، ۲۰۰۰؛ گیلست و پیچفورد^{۱۲}، ۲۰۰۴؛ ادريکو و همکاران^{۱۳}، ۲۰۱۲).

از سوی دیگر مورفولوژی نبکاها، ساختار و روند رشد آن‌ها می‌تواند گویای بسیاری از تغییرات محیطی باشند (اکین^{۱۴}، ۲۰۱۳؛ دوو و همکاران^{۱۵}، ۲۰۱۰). به‌طوری‌که تغییراتی که در طول زمان در الگوی این تپه‌ها رخ می‌دهد می‌تواند به‌عنوان شاخص تخریب زمین و بیابان‌زایی در مناطق خشک در نظر گرفته شود.

ساختمان نبکا شامل ساختمان اصلی نبکا متشکل از موقعیت‌های مختلف ژئومورفیک نبکا شامل دامنه رو به باد، دامنه پشت به باد، رأس نبکا و حاشیه‌ها، و همچنین فضای بین نبکاها است. در اکثر مطالعات فقط موقعیت‌های مختلف ژئومورفیک ساختمان اصلی نبکا موردبررسی و توجه قرار گرفته است و موقعیت فضای بین نبکاها که بخشی از ساختمان نبکا محسوب می‌شود، نادیده گرفته شده است. دینامیک مورفولوژی ساختمان این تپه‌ها می‌تواند نتیجه مستقیم و غیر مستقیم عملکرد متقابل فرایندهای آبی و بادی در مقیاس‌های مکانی کوچک باشد. فرایندهایی که به‌نوبه خود نقش مهمی نه‌تنها در تغییرپذیری ویژگی‌های فیزیکی منابع خاک و رسوب، بلکه همچنین می‌توانند

1 Wang et al.

2 Langford

3 Kidron and Zohar

4 Dougill and Thomas

5 Schlesinger et al.

6 Okin et al.

7 Nickling and Wolfe

8 Gibbens et al.

9 Tengberg

10 Ravi et al.

11 Rango et al.

12 Gillette and Pitchford

13 D'Odorico et al.

14 Okin

15 Du et al.

ساختار تنوع زیستی خاک را در موقعیت‌های مختلف ژئومورفیک تپه‌ها تحت تأثیر قرار دهند. تغییراتی که نقش مهمی در جبران اثرات منفی کاهش تنوع زیستی و متعاقباً افزایش ذخیره کربن پدوسفر در مناطق خشک و بیابانی خواهد داشت. علی‌رغم اهمیت عملکرد متقابل فرایندهای هیدروئولین در دینامیک چین لندفرم‌هایی، بیشتر مطالعات در رابطه با شکل‌گیری و دینامیک مورفولوژی نبکاها فقط بر نقش فرایندهای حمل رسوبات بادی به اشکال مختلف جهش، خزش و تعلیق و متعاقباً رسوب‌گذاری آن‌ها در موقعیت‌های مختلف این ساختارها تأکید داشته (لی و روای^۱، ۲۰۱۸) و نقش فرایندهای آبی، بخصوص در مورد نبکا‌های موجود در مناطق اقلیمی نیمه‌خشک عملاً نادیده گرفته شده است. تعامل بین عملکرد باد و ویژگی‌های ژئومورفیک ساختمان نبکا نظیر ارتفاع تپه‌ها، شیب و طول دامنه‌ها می‌تواند منجر به ناهمگونی در توزیع اندازه ذرات رسوب در ساختمان تپه‌ها شود. باد در حمل و رسوب‌گذاری ذرات در دامنه رو به باد و پشت باد انتخابی عمل کرده و اصولاً رسوبات در دامنه رو به باد ریزدانه‌تر و دارای جورشدگی بهتری نسب به دامنه پشت به باد هستند. همچنین مطالعات زیادی نشان داده‌اند که رسوبات ساختمان اصلی نبکا بیشتر شامل ماسه و مقدار کمتری سیلت و رس نسبت به رسوبات تشکیل دهنده فضای بین تپه‌ها است که نتیجه جهش ذرات ماسه به وسیله باد است؛ اما سایر مطالعات نشان داده‌اند که رسوبات فضای بین نبکاها شامل مقدار قابل توجهی ماسه نسبت به ساختمان اصلی تپه‌ها است (راوی و همکاران، ۲۰۰۷). لی و همکاران^۲ (۲۰۱۹) در مطالعه خود به بررسی ویژگی توزیع اندازه ذرات رسوبات نبکا در دشت‌های جنوبی چین پرداختند. وانگ و همکاران^۳ (۲۰۱۰) در مطالعه خود به بررسی نحوه شکل‌گیری و همچنین بازسازی تغییرات محیطی و تکامل ژئومورفولوژیکی نبکا‌های گز در فلات آلاشان در چین پرداختند. ال اوادهی و همکاران^۴ (۲۰۱۳) خاطر نشان کردند که در مراحل اولیه شکل‌گیری نبکاها از آنجاکه منبع تأمین رسوب بسیار زیاد بوده است ارتفاع، طول و عرض آن‌ها متناسب با یکدیگر رشد کرده و همچنین بین پارامترهای افقی و ارتفاع همبستگی بالایی وجود دارد. در ایران نیز مطالعات زیادی در ارتباط با اکوژئومورفولوژی نبکاها و یا چگونگی روش‌های مختلف حمل رسوبات بادی و اثراتشان بر مورفولوژی نبکاها انجام شده است (موسوی و همکاران، ۱۳۸۹؛ مقصودی و همکاران، ۱۳۹۱؛ موسوی و همکاران، ۱۳۹۱؛ نگهبان و همکاران، ۱۳۹۲؛ پورخسروانی و همکاران، ۱۳۹۲؛ مقصودی و همکاران، ۱۳۹۴؛ پاریزی و همکاران، ۱۳۹۶؛ علی نژاد و همکاران، ۱۳۹۷). علاوه بر مطالعات فراوان در زمینه نقش فرایندهای بادی در دینامیک مورفولوژی ساختمان این تپه‌ها همچنان که به نمونه‌هایی از آن‌ها در بالا اشاره شد، مطالعات محدودی نشان داده‌اند که رسوباتی در ساختمان نبکا وجود دارد که باد عملاً قادر به حمل آن‌ها نخواهد بود. شرایطی که می‌تواند نقش فرایندهای هیدرولوژیک را در تحول مورفولوژی نبکاها هرچند در مقیاس بسیار کوچک‌تر از باد اثبات نماید. در

1 Li and Ravi

2 Li et al.

3 Wang et al.

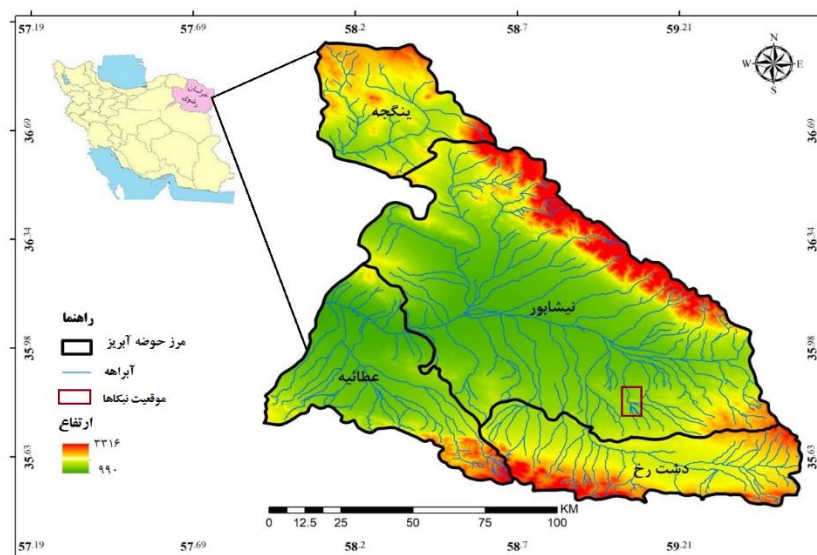
4 Al-Awadhi et al.

مورد نقش فرایندهای آبی جزء معدود مطالعاتی که اخیراً در دنیا انجام شده (راوی و همکاران، ۲۰۱۸)، مطالعات زیادی بخصوص در ایران صورت نگرفته است. در واقع اثرات فرایندهای هیدرولوژیک در تحول مورفولوژی نیکاه‌ها می‌تواند به دو صورت اتفاق بیفتد، در حالت اول رواناب‌های که در فضای بین تپه‌ها به خاطر حالت پلایا مانندی که این فضاها دارند شکل می‌گیرند و در مسیر حرکت خود به سمت تپه به یکدیگر متصل شده و منجر به انباشت رسوبات ریزدانه غنی از مواد مغذی در حاشیه نیکا می‌شوند. در حالت دوم رواناب‌های حامل رسوباتی که به دلیل میکروتوپوگرافی موجود در ساختمان نیکا از موقعیت‌های رأس تپه که ظرفیت نفوذپذیری کمتری دارند در امتداد شیب دامنه نیکا به سطوح پایین‌دست و حاشیه تپه حرکت می‌کنند. مواردی که در اکثر مطالعات نادیده گرفته شده‌اند؛ بنابراین در مقاله حاضر به نقش تعامل بین فاکتورها و فرایندهای ژئومورفیک در توزیع اندازه ذرات رسوبات و تغییرات در ویژگی‌های فیزیکی رسوبات در موقعیت‌های مختلف ساختمان اصلی نیکا و فضای بین نیکاه‌ها اشاره شده است. به‌طور جزئی‌تر هدف از مقاله حاضر توسعه یک مدل مفهومی از چگونگی عملکرد متقابل فرایندهای آبی و بادی و اثرات تعاملی آن‌ها در دینامیک ساختمان نیکاه‌های نیمه‌خشک است.

۲. مواد و روش

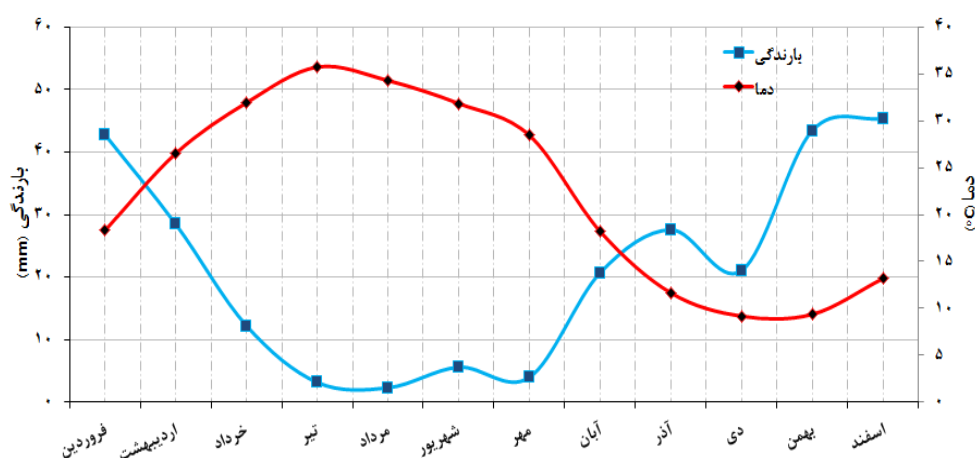
۲.۱. منطقه مورد مطالعه و نمونه‌برداری میدانی

منطقه نیکاه‌های مورد مطالعه در جنوب شرقی شهرستان نیشابور استان خراسان رضوی واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه.

مساحت منطقه ۱۱۰۲ کیلومترمربع و از نظر ارتفاعی متوسط ارتفاع منطقه ۱۲۰۰ متر بالاتر از سطح دریاست. متوسط بارندگی سالانه منطقه ۲۵۱ میلی‌متر که معمولاً ریزش‌های جوی برای این منطقه از اواخر مهرماه آغاز شده و تا اوایل اردیبهشت‌ماه ادامه دارد. آب‌وهوای حاکم بر منطقه از نوع خشک تا نیمه‌خشک بوده و متوسط درجه حرارت سالانه ۱۳ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۲). تاریخ شروع فصل خشک از اوایل خردادماه تا اواخر مهرماه بوده و فرسایش بادی به‌عنوان یک فرآیند ژئومورفیک غالب در این منطقه عمل می‌کند. جریان باد از ارتفاعات بینالود منشأ گرفته و با جهت شرق به غرب وارد دشت نیشابور شده که باد غالب این منطقه است.



شکل ۲- منحنی آمپروترمیک منطقه مورد مطالعه طی دوره آماری ۱۳۹۰-۹۷.

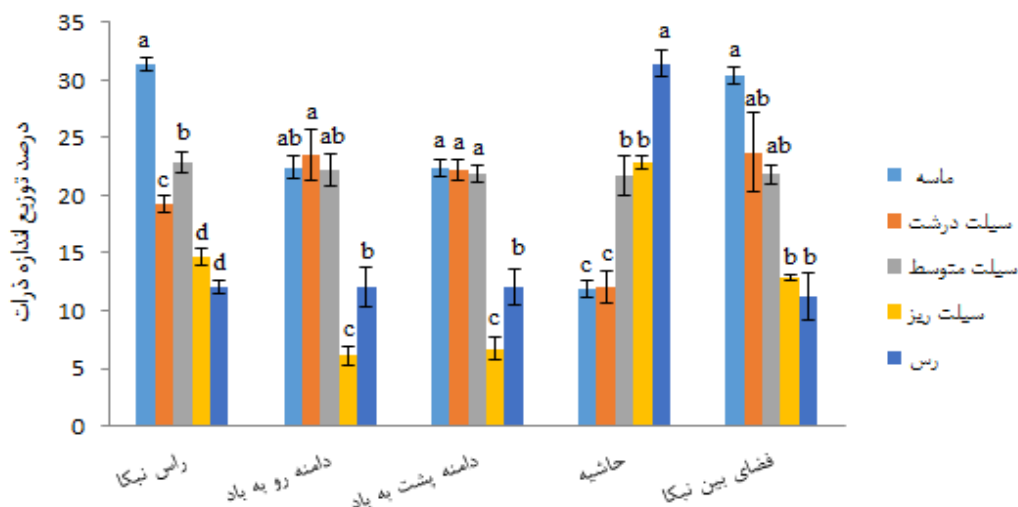
به‌منظور بررسی اثرات فرایندهای آبی و بادی در مورفولوژی نبکاها، در مجموع ۹ نبکا به‌صورت سیستماتیک انتخاب شد. تا حد زیادی سعی شد که نبکاها در مجاورت هم باشند تا اثرات این فرایندها در فضای بین نبکاها به‌عنوان بخشی از ساختمان نبکا بررسی شود. به‌طور کلی جهت کشیدگی تپه‌ها از شرق به غرب بوده که نشان از گسترش آن‌ها به‌موازات باد غالب منطقه است. برای هر نبکا نمونه‌برداری رسوب از ساختمان تپه شامل ساختمان اصلی (موقعیت‌های مختلف ژئومورفیک نبکا شامل دامنه‌های رو به باد و پشت به باد، رأس نبکا و حاشیه‌ها) و همچنین فضای بین تپه‌ها انجام شد. منظور از فضای بین نبکاها فاصله بین یک نبکا تا نبکای مجاورش است که این بخش نسبت به توپوگرافی ساختمان اصلی نبکا حالت هموار و به‌اصطلاح پلایا مانند دارد و به‌صورت یک فروافتادگی در بین نبکاها واقع شده است. فاصله نبکاهایی که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفتند به‌طور میانگین حدوداً ۱/۵ متر بوده است. نمونه‌های خاک و رسوب از سطحی‌ترین لایه یعنی عمق ۰-۱۰ سانتی‌متری انجام شد (در مجموع برای هر نبکا، ۵ تکرار در هر موقعیت از ساختمان اصلی نبکا و فضای بین تپه‌ها).

۲.۲. متغیرهای اندازه‌گیری شده و آنالیزهای آزمایشگاهی و آماری

در آزمایشگاه، لاش و برگ‌ها به‌دقت حذف و تمام نمونه‌ها هوا خشک شده و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شد. برای استخراج داده‌های مرتبط با توزیع اندازه ذرات رسوب مقدار ۲۰ گرم خاک را وزن کرده در محلول کالگون به مدت یک شبانه‌روز قرار داده و روز بعد پس از هم زدن با استفاده از هم زن برقی از الک ۰/۰۶۵ عبور داده تا ماسه جدا شود و محلول را در استوانه یک لیتری به حجم رسانده و توسط پیپت براساس دماهای متفاوت در زمان‌های مختلف و از اعماق مختلف محلول را برداشته و نمونه‌ها خشک شد. در مرحله بعد برای طبقه‌بندی توزیع اندازه ذرات از روش USDA استفاده شد. ذرات اندازه‌گیری شده به ۵ طبقه شامل رس (کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر)، سیلت ریز (۰/۰۰۲-۰/۰۰۵ میلی‌متر)، سیلت متوسط (۰/۰۰۵-۰/۰۲ میلی‌متر)، سیلت درشت (۰/۰۲-۰/۰۶۴ میلی‌متر) و ۲ ≤ ماسه ≤ ۰/۰۶۴ میلی‌متر تقسیم شد. به‌منظور بررسی اثرات توزیع اندازه ذرات و متعاقباً پتانسیل عملکرد جریان‌ات سطحی بر مورفولوژی ساختمان نبکا میزان رطوبت و ضریب نفوذپذیری (هدایت هیدرولیکی) ۹ نبکا اندازه‌گیری شد. تعیین میزان نفوذپذیری آب به خاک در شرایط غیر اشباع با استفاده از نفوذسنج‌های مینی دیسک انجام شد. همچنین برای محاسبه میزان رطوبت خاک از روش (آون خشک) استفاده شد (بلیک، ۱۹۹۵). برای مقایسه توزیع اندازه ذرات و تغییرپذیری‌های رطوبت و هدایت هیدرولیکی در موقعیت‌های مختلف ساختمان نبکا ابتدا آنالیز واریانس یک طرفه انجام شد و در صورت وجود تفاوت‌های معنی‌دار، آزمون تکمیلی توکی برای مقایسه میانگین‌ها انجام گردید.

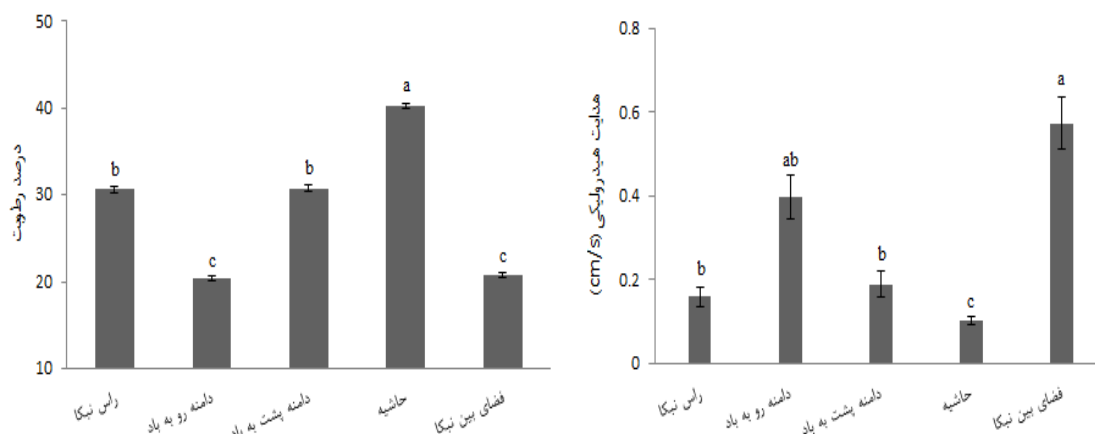
۳. نتایج

تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که تفاوت‌های معنی‌داری در موقعیت‌های مختلف ساختمان نبکا از نظر توزیع اندازه ذرات، میزان رطوبت و ضریب هدایت هیدرولیکی قابل مشاهده است (شکل ۳ و ۴). نتایجی که می‌تواند چگونگی عملکرد متقابل فرایندهای آبی و بادی را در شکل‌گیری و تحول ساختمان این نوع از تپه‌های ماسه‌ای در مناطق نیمه‌خشک توضیح دهد.



شکل ۳- میانگین توزیع اندازه ذرات رسوب برای ساختمان اصلی نبکا و فضای بین تپه‌ها.

میانگین توزیع اندازه ذرات در قسمت رأس نبکا نشان می‌دهد که در این قسمت بیشترین رسوبات را ماسه اختصاص داده و کمترین میزان ذرات رسوب را رس و سیلت ریز تشکیل می‌دهند. در دامنه رو به باد ذرات غالب رسوب ماسه، سیلت درشت و سیلت متوسط هستند و کمترین میزان رسوب مربوط به ذرات سیلت ریز است. در دامنه پشت به باد نبکا همانند دامنه رو به باد بیشترین میزان رسوب مربوط به ماسه، سیلت درشت و سیلت متوسط می‌باشد و کمترین میزان رسوب مربوط به طبقات ریزدانه بوده است. در حاشیه نبکا، ریزترین رسوبات (در اینجا رس) غالب رسوبات را به خود اختصاص داده است؛ درحالی‌که درشت‌ترین رسوبات (در اینجا ماسه) کمترین درصد میزان رسوب را در این موقعیت‌ها نشان داده است. همچنین توزیع اندازه ذرات در فضای بین نبکا نشان می‌دهد که این موقعیت از ساختمان نبکا، بیشتر شامل ذرات درشت دانه ماسه بوده و ذرات ریزدانه از نوع رس کمترین مقدار را به خود اختصاص داده است. میانگین توزیع رطوبت و هدایت هیدرولیکی در موقعیت‌های مختلف نبکا نشان می‌دهد که ضریب هدایت هیدرولیکی به‌طور قابل ملاحظه‌ای به ترتیب در رأس نبکا، دامنه‌های پشت به باد، فضای بین نبکا و دامنه‌های رو به باد نسبت به موقعیت‌های حاشیه، افزایش داشته و متعاقباً بیشترین میزان رطوبت در حاشیه‌ها دیده شده است.



شکل ۴- تغییر در میزان هدایت هیدرولیکی و رطوبت در موقعیت‌های مختلف ساختمان نیکا.

به‌طور کلی در رسوبات فضای بین نیکاها میزان هدایت هیدرولیکی نسبت به سایر موقعیت‌های نیکا مقادیر بالاتری از میزان نفوذپذیری را نشان داده است. برعکس، میزان رطوبت کمترین درصد را در این موقعیت‌ها در مقایسه با سایر بخش‌ها نشان می‌دهد. حاشیه نیکا نسبت به سایر موقعیت‌های نیکا دارای بیشترین میزان رطوبت و کمترین میزان نفوذپذیری بوده است.

۴. بحث

باد حداکثر و حداقل ذرات رسوبی که قادر به حمل آن‌هاست به ترتیب ذراتی با قطر ۲۰۰۰ میکرون و کمتر از ۲ میکرون است (لی و همکاران، ۲۰۰۷؛ فیلد و همکاران^۱، ۲۰۱۰؛ لی و راوی، ۲۰۱۸). نتایج توزیع اندازه ذرات در ساختمان اصلی نیکا شامل موقعیت‌های رأس نیکا، دامنه‌های رو به باد و پشت به باد به غیر از حاشیه نشان می‌دهد که بیشترین میزان ذرات رسوب در شکل‌گیری ساختمان نیکا مربوط به انواع ماسه است که محدوده قطر این ذرات بین ۲ ≤ ماسه ≤ ۰/۰۶۴ میلی‌متر می‌باشد که در نتیجه جابه‌جایی از طریق فرآیند جهش و خزش بادی در تکامل نیکا نقش دارند (لی و گائو^۲، ۲۰۰۸؛ کیدرن و زهار، ۲۰۱۶؛ آرنز و همکاران^۳، ۲۰۰۲). برخی از مطالعات نیز تأیید کرده‌اند که ذرات ماسه عمده‌ترین رسوبات بادی تشکیل دهنده ساختمان اصلی نیکا هستند (ژائو و همکاران^۴، ۲۰۱۹). به‌طور کلی در قسمت رأس نیکا میزان ذرات ماسه (۲ ≤ ذرات ≤ ۰/۰۶۴ میلی‌متر) به‌طور معنی‌داری بالا بوده که در نتیجه جابه‌جایی ذرات به شکل جهش و خزش می‌باشد. در شکل‌گیری رسوبات دامنه‌های پشت به باد و رو به باد

1 Field et al.

2 Li and Guo

3 Arens et al.

4 Zhao et al.

ذرات غالب ماسه و سیلت بوده که نشان می‌دهد فرآیند غالب در شکل‌گیری و تکامل این موقعیت‌ها، فرایند جهش و تعلیق بادی است. بیشتر، نتایج نشان داده است که برعکس ساختمان اصلی نبکا، با توجه به افزایش درصد ذرات ماسه، روش غالب حمل رسوبات توسط باد در سایر موقعیت‌های ساختمان نبکا یعنی فضای بین نبکا، حمل به‌صورت خزش می‌باشد. اندک مطالعاتی که در زمینه توزیع اندازه ذرات در فضای بین نبکاها انجام شده است نیز تأیید کرده‌اند که فضای بین نبکاها بیشتر تحت تأثیر فرآیند خزش می‌باشند (ژوو و یو^۱، ۲۰۱۴). این نتایج بیانگر اثرات روش‌های مختلف حمل رسوبات بادی در شکل‌گیری و تکامل موقعیت‌های مختلف ساختمان نبکا می‌باشد. براساس نتایج، رسوباتی در ساختمان نبکا دیده می‌شود که به نقش فرایندهای هیدرولوژیک هرچند در مقیاس کوچک در تعامل با فرایندهای بادی که نقش غالب را در تکامل نبکاها دارند می‌توان اشاره کرد. هرچند مطالعات اندکی در ایران در ارتباط با هیدرولوژی و مورفولوژی نبکاها انجام شده است، آن‌ها اثرات آب زیرزمینی را به‌عنوان یک فاکتور هیدرولوژیک کنترل‌کننده سنجیده‌اند (پاریزی و همکاران، ۱۳۹۶). باین‌وجود مطالعاتی در ارتباط با اثرات فرایندهای هیدرولوژیک متأثر از رواناب‌های سطحی موجود در فضای بین نبکا بر مورفولوژی ساختمان نبکا انجام نشده است. برخلاف سایر موقعیت‌های نبکا که متأثر از فرایندهای بادی، رسوبات درشت‌دانه‌تری داشته‌اند، نتایج توزیع اندازه ذرات در حاشیه نبکاها حاکی از وجود رسوبات بسیار ریزدانه‌ای (رس، کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر و سیلت ریز، ۰/۰۰۲-۰/۰۰۵ میلی‌متر) است که باد قادر به حمل و تراکم این قطر از رسوبات نیست. در واقع، افزایش درصد تجمع ذراتی با قطر کمتر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر در حاشیه نبکاها این موضوع را نشان می‌دهد که علاوه بر فرآیند بادی که نقش غالب را در تحول موقعیت‌های مختلف نبکا و ساختار این تپه‌ها دارد، فرایندهای هیدرولوژیک در تعامل با فرایندهای بادی نیز نقش مهمی در تکامل ساختمان نبکاها هرچند در مقیاس کوچک به عهده دارد. در واقع رواناب‌های که در فضای بین تپه‌ها به خاطر حالت پلایا ماندی که این فضاها دارند شکل می‌گیرند در مسیر حرکت، رسوبات ریزدانه را با خود حمل کرده و درنهایت در حاشیه تپه‌ها انباشته می‌کنند. از سوی دیگر تجمع رسوبات ریز در حاشیه نبکا می‌تواند نتیجه حرکت رواناب حامل رسوب از قسمت رأس نبکا به خاطر ظرفیت نفوذپذیری کمتر این موقعیت در امتداد شیب دامنه به سمت حاشیه‌ها، نیز باشد. این نتایج در تأیید با سایر مطالعاتی است که نشان داده‌اند رواناب‌های شکل‌گرفته در فضای بین نبکاها نقش مؤثری در تحول ساختمان نبکا ایفا می‌کنند (بویس و همکاران^۲، ۲۰۱۰؛ الدرگ و رزنترترا^۳، ۲۰۰۴). همچنین مطالعات دیگری نیز این موضوع را تأیید کرده‌اند که حاشیه نبکاها نسبت به سایر موقعیت‌های مختلف ساختمان نبکا و فضای بین نبکا دارای رسوبات ریزدانه‌تری هستند (راوی و همکاران، ۲۰۱۸). فرایندی که مرتبط است با دو شکل حرکت رواناب حامل رسوبات یکی در فضای بین نبکاها و

1 Zhu and Yu

2 Buis et al.

3 Eldridge and Rosentreterand

دیگری، روانایی که رسوبات را از رأس نیکا در جهت رو به پایین شیب تپه حرکت می‌دهد. البته محدوده رسوبات ریزدانه‌ای که در مطالعات دیگر به آن اشاره شده بیشتر ماسه خیلی ریز در اندازه (۵۰-۱۰۰ میکرون) و ماسه ریز (۱۰۰-۲۵۰ میکرون) است که با ذرات ریز مطالعه ما که شامل رس، سیلت ریز و سیلت متوسط بوده، تفاوت دارد که احتمالاً به خاطر تفاوت رسوبات منطقه منشأ و تفاوت در اندازه نیکاهای مورد مطالعه می‌باشد. توزیع ناهمگن اندازه ذرات در ساختمان نیکا باعث توزیع متفاوت رطوبت و ضریب نفوذپذیری (فاکتورهایی که نقش اساسی در ایجاد جزایر حاصلخیز در اکوسیستم‌های خشک دارند) در بخش‌های مختلف این ساختارها می‌شود. در واقع تفاوت در نوع عملکرد فرایندهای آبی و بادی با توزیع ذراتی با اندازه‌های مختلف باعث شد که ظرفیت نگهداشت رطوبت در حاشیه نیکاهای افزایش یافته که می‌تواند زمینه‌ساز تجمع مواد مغذی و متعاقباً رشد بیشتر پوشش گیاهی در این موقعیت‌ها باشد. الگوی مشاهده شده از توزیع اندازه ذرات در ترکیب با الگوی هدایت هیدرولیکی و رطوبت برای سیستم نیکا و فضای بین نیکا ما را قادر به توسعه یک مدل مفهومی از چگونگی شکل‌گیری و دینامیک این تپه‌ها خواهد ساخت (شکل ۵). در این مدل فرآیندهایی که در تکامل نیکا مشارکت دارند شامل جهش و خزش رسوباتی در اندازه ماسه، فرآیند تعلیق ذرات در تعامل با تاج پوشش، حمل رسوبات از طریق روانایی که در فضای بین نیکاهای جریان می‌یابد و رواناب جریان یافته از رأس نیکا به سمت حاشیه، می‌باشند.



شکل ۵. شماتیک مفهومی از تعامل فرآیندهای بادی و هیدرولوژیک در تحول ساختمان نیکا الف) فلش‌های سیاه نشان‌دهنده جهت باد غالب و همچنین فرآیندهای بادی مؤثر در تحول ساختمان نیکا؛ ب) فلش‌های آبی نشان‌دهنده چگونگی عملکرد فرآیندهای هیدرولوژیک در فضای بین نیکا به خاطر حالت پلایا ماندنی که در این بخش از نیکا ایجاد شده و متعاقباً حمل رسوبات از این فضاها به سمت حاشیه تپه‌ها است. فلش‌های آبی روی تپه نشان‌دهنده عملکرد فرآیند آبی در انتقال رسوبات در امتداد شیب تپه و رسوب‌گذاری در موقعیت‌های حاشیه‌ای هستند.

۵. جمع بندی

در پژوهش حاضر، تجزیه و تحلیل توزیع اندازه ذرات رسوب در ساختمان نبکا متشکل از ساختمان اصلی و فضای بین نبکا نشان داد که توزیع متفاوت اندازه ذرات در موقعیت‌های مختلف ساختمان نبکا و فضای بین نبکا باعث ناهمگنی در میزان هدایت هیدرولیکی و رطوبت شده است؛ شرایطی که نشان می‌دهد فرایندهای مختلف ژئومورفیک در شکل‌گیری و تکامل ساختمان نبکا نقش دارند. نتایج این مطالعه نشان داد که تعامل فرایندهای هیدرولوژیک و فرایندهای بادی در مقیاس‌های مکانی کوچک می‌توانند نقش مؤثری در تحول مورفولوژی این تپه‌ها داشته باشند. تجمع رسوبات ریزدانه در حاشیه نبکا که غالب این رسوبات از جنس رس، کوچک‌تر از ۰/۰۰۲ میلی‌متر و سیلت ریز، ۰/۰۰۲ - ۰/۰۰۵ میلی‌متر هستند، نشان می‌دهد که حاشیه نبکا تحت تأثیر رواناب‌هایی است که رسوبات ریز دانه را از فضای بین نبکا و همچنین از دامنه نبکا به سمت حاشیه حمل می‌کنند. افزایش تجمع رسوبات ریزدانه باعث می‌شود که میزان رطوبت و ظرفیت نگهداشت آب خاک در این موقعیت‌ها نسبت به سایر بخش‌ها افزایش یافته که زمینه‌ساز تجمع مواد مغذی و متعاقباً شرایط تسهیلی برای رشد پوشش گیاهی در حاشیه خواهد بود.

کتابنامه

- پورخسروانی، محسن؛ ولی، عباس علی؛ معیری، مسعود؛ ۱۳۹۲. بررسی ارتباطات اکوژئومورفولوژی توده زیستی و حجم رسوبات مخروط نبکاهای گونه *Reaumaria Turcestanica* در کویر خیرآباد سیرجان. *جغرافیا و آمایش شهری منطقه‌ای*. شماره ۳. صص ۶۳-۷۴.
- علی نژاد، محمد؛ حسینعلی زاده، محسن؛ اوتق، مجید؛ محمدیان بهبهانی، علی؛ ۱۳۹۷. بررسی الگوی پراکنش مکانی نبکا (مطالعه موردی: دشت صوفیکم؛ استان گلستان). *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. ۵۰. صص ۶۹۷-۷۱۲.
- مقصودی، مهران؛ پاریزی، اسماعیل؛ ویسی، عبدالکریم؛ ۱۳۹۴. تحلیل مقایسه‌ای ویژگی‌های اکوژئومورفولوژیکی نبکاهای سیرجان و شهر بابک. *فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*. شماره ۲۲. صص ۱۲۰-۱۰۴.
- مقصودی، مهران؛ نگهبان، سعید؛ باقری، سجاد؛ چزغه، سمیرا؛ ۱۳۹۱. مقایسه و تحلیل ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی نبکاهای چهار گونه گیاهی در غرب دشت لوت شرق شهداد- دشت تکاب. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. شماره ۷۹. صص ۷۶-۵۵.
- موسوی، سیدحجت؛ پورخسروانی، محسن؛ محمودی محمدآبادی، طیه؛ ۱۳۸۹. گروه‌بندی نبکاهای شمال شرق کویر سیرجان با استفاده از الگوریتم TOPSIS. *مطالعات مناطق خشک*. شماره ۱. صص ۱۰۵-۸.
- موسوی، سیدحجت؛ معیری، مسعود؛ سیف، عبدالله؛ ولی، عباسعلی؛ ۱۳۹۱. انتخاب مناسب‌ترین نوع گونه گیاهی نبکا جهت تثبیت ماسه‌های روان با استفاده از مدل AHP مطالعه موردی: ریگ نجارآباد- شمال شرق طرود. *محیط‌شناسی*. شماره ۶۱. صص ۱۰۵-۱۱۶.

نگهبان، سعید؛ یمانی، مجتبی؛ مقصودی، مهران؛ عزیزی، قاسم؛ ۱۳۹۲. بررسی تراکم، ژئومورفولوژی و پهنه‌بندی ارتفاعی نیکاهای حاشیه غربی دشت لوت و تأثیرات پوشش گیاهی بر مورفولوژی آن‌ها. *مجله ژئومورفولوژی کمی*. شماره ۴. صص ۱۷-۴۲.

- D'Odorico, Paolo, Okin, Gregory S. and Bestelmeyer, Brandon T., 2012. A synthetic review of feedbacks and drivers of shrub encroachment in arid grasslands: *Ecohydrology*, V. 5, p. 520-530.
- Al-Awadhi, J. M. and Al-Dousari, A. M., 2013. Morphological characteristics and development of coastal nabkhas, north-east Kuwait: *International Journal of Earth Sciences*, v. 102, p. 949-958.
- Arens, S. M., Van Boxel, J. H. and Abuodha, J. O. Z., 2002. Changes in grain size of sand in transport over a foredune: *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 27, p. 1163-1175.
- Black CA 1965. *Methods of soil analysis: part I. Physical and mineralogical properties*. American Society of Agronomy, Madison.
- Buis, E., Temme, A. J. A. M., Veldkamp, A., Boeken, B., Jongmans, A. G., Van Breemen, N. and Schoorl, J. M., 2010. Shrub mound formation and stability on semi-arid slopes in the Northern Negev Desert of Israel: A field and simulation study: *Geoderma*, V. 156, p. 363-371.
- Dougill, Andrew J. and Thomas, Andrew D., 2002. Nebkha dunes in the Molopo Basin, South Africa and Botswana: formation controls and their validity as indicators of soil degradation: *Journal of Arid Environments*, v. 50, p. 413-428.
- Du, Jianhui, Yan, Ping. and Dong, Yuxiang., 2010. The progress and prospects of nebkhas in arid areas: *Journal of Geographical Sciences*, v. 20, p. 712-728.
- Eldridge, D.J., Rosentreterand, R., 2004. Shrub mounds enhance water flow in a shrubsteppe community in southwestern Idaho, USA: *USDA Forest Service Proceedings* 31, p. 77-83.
- Gibbens, RP, McNeely, RP, Havstad, KM, Beck, RF. and Nolen, B., 2005. Vegetation changes in the Jornada Basin from 1858 to 1998: *Journal of Geographical Sciences*, v. 61, p. 651-668.
- Gillette, Dale A. and Pitchford, Ann M., 2004. Sand flux in the northern Chihuahuan Desert, New Mexico, USA, and the influence of mesquite-dominated landscapes: *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, v. 109.
- Hennessy, JT, Gibbens, RP, Tromble, JM. and Cardenas, M., 1985. Mesquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) dunes and interdunes in southern New Mexico: a study of soil properties and soil water relations: *Journal of Arid Environments*, v. 9, P. 27-38.
- Kidron, Giora J. and Zohar, Motti., 2016. Factors controlling the formation of coppice dunes (nebkhas) in the Negev Desert: *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 4, P. 918-927.
- Langford, RP., 2000. Nabkha (coppice dune) fields of south-central New Mexico, USA: *Journal of Arid Environments*, v. 46, P. 25-41.
- Li, J. and Ravi, S., 2018. Interactions among hydrological-aeolian processes and vegetation determine grain-size distribution of sediments in a semi-arid coppice dune (nebkha) system: *Journal of Arid Environments*, v. 154, p. 24-33.
- Li, J., Yao, Q., Wang, Y., Liu, R. and Zhang, H., 2019. Grain-size characteristics of surface sediments of nebkhas at the southern margin of the Mu Us dune field, China. *J. Catena* 183: PP. 104210.
- Nickling, WG. and Wolfe, SA., 1994. The morphology and origin of nabkhas, region of Mopti, Mali, West Africa: *Journal of Arid Environments*, v. 28, p. 13-30.
- Okin, Gregory S, Murray, Bruce. and Schlesinger, William H., 2001. Degradation of sandy arid shrubland environments: observations, process modelling, and management implications: *Journal of Arid Environments*, v. 47, P. 123-144.
- Rango, Albert, Chopping, Mark, Ritchie, Jerry, Havstad, Kris, Kustas, William. and Schmutge, Thomas., 2000. Morphological characteristics of shrub coppice dunes in desert grasslands of

- southern New Mexico derived from scanning LIDAR: Remote Sensing of Environment, v. 74, P. 26-44.
- Ravi, Sujith, D'Odorico, Paolo. and Okin, Gregory S., 2007. Hydrologic and aeolian controls on vegetation patterns in arid landscapes: Geophysical Research Letters, PP. 34(24).
- Schlesinger, William H, Reynolds, James F, Cunningham, Gary L, Huenneke, Laura F, Jarrell, Wesley M, Virginia, Ross A. and Whitford, Walter G., 1990. Biological feedbacks in global desertification: Science, v. 247, P. 1043-1048.
- Tengberg, Anna., 1995. Nebkha dunes as indicators of wind erosion and land degradation in the Sahel zone of Burkina Faso: Journal of Arid Environments, v. 3, P. 265-282.
- Wang, X, Wang, T, Dong, Z, Liu, X. and Qian, G., 2006. Nebkha development and its significance to wind erosion and land degradation in semi-arid northern China: Journal of Arid Environments, v. 65, P. 129-141.
- Zhang, Z. and Dong, Z., 2015. Grain size characteristics in the Hexi Corridor Desert: Aeolian Research, v. 18, P. 55-67.
- Zhao, Y., Gao, X., Lei, J., Li, S., Cai, D. and Song, Q., 2019. Effects of Wind Velocity and Nebkha Geometry on Shadow Dune Formation: Journal Geophysical Research: Earth Surface, v. 124, p. 2579-2601.
- Zhu, B. and Yu, J., 2014. Aeolian sorting processes in the Ejina desert basin (China) and their response to depositional environment: Aeolian Research, v. 12, P. 111-120.



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

صص ۱۰۵-۱۲۰

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.67400.1001>

مقاله پژوهشی

بررسی دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشش سپهر نوع اصلی در نیمکره شمالی

محمد مرادی^۱ - دانشیار گروه هواشناسی همدیدی و دینامیکی پژوهشگاه هواشناسی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۱۵ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۱۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۲/۱۸

چکیده

در این پژوهش با استفاده از داده‌های باز تحلیلی MERR2، دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشش سپهر نوع اصلی در زمستان‌های نیمکره شمالی (از نوامبر تا مارس) در دوره آماری ۱۹۷۹-۲۰۲۰ بررسی شد. این بررسی بر اساس تغییرات میانگین مداری مؤلفه مداری باد در مدار ۶۰ درجه شمالی و در تراز فشاری ده هکتوپاسکال انجام شده است و بر پایه آن، روز تولد، روز صفر و دوره‌های رشد، بلوغ، پیری و روز مرگ تعریف شده است. نتایج حاصل از بررسی میانگین مداری دما و مؤلفه مداری باد نشان داد که در این دوره آماری در نیمکره شمالی، ۱۹ مورد گرمایش ناگهانی پوشش سپهر نوع اصلی رخ داده است. از بین موارد آشکار شده، بیشترین افزایش میانگین مداری دما به میزان ۵۱/۸ کلوین در دوره کوتاه یازده روزه به گرمایش ژانویه ۲۰۰۹ اختصاص دارد که در طول دوره آماری انتخابی در نیمکره شمالی تا کنون چنین افزایشی، ثبت نشده است. نتایج حاصل از تحلیل دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشش سپهر نوع اصلی نشان داد که کوتاه‌ترین و بلندترین دوره رشد به ترتیب با ۶ و ۳۷ روز، در موردهای ۶ ژانویه ۲۰۱۳ و ۲۳ ژانویه ۱۹۸۷ ثبت شده است. بلندترین دوره بلوغ با ۱۷ روز تداوم، به گرمایش ۲۳ ژانویه ۱۹۸۷ اختصاص دارد. بلندترین دوره پیری در این دوره آماری نیز ۲۶ روز است که به گرمایش ۲۴ ژانویه ۲۰۰۹ مربوط می‌شود. کوتاه‌ترین و بلندترین طول دوره زندگی نیز در این دوره آماری به ترتیب به گرمایش ۱ فوریه ۲۰۱۷ و ۲۳ ژانویه ۱۹۸۷ اختصاص دارد. همچنین مشخص شد که در این دوره آماری به‌طور متوسط، دوره رشد ۱۹/۴، دوره بلوغ ۴/۳، دوره پیری ۷/۲ و طول دوره زندگی ۳۰/۹ روز است.

کلیدواژه‌ها: گرمایش ناگهانی پوشش سپهر نوع اصلی، چرخه زندگی، روز-صفر.

۱-مقدمه

گرمایش ناگهانی پوشش سپهر به یک آشفتگی مقیاس سیاره‌ای زمستانه پوشش سپهر قطبی اشاره دارد که به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای دما و گردش در جو میانی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (اگی‌یاوا و همکاران، ۲۰۱۷)^۱. در اواخر پاییز تا اوایل بهار که فقط امواج راسبی مقیاس سیاره‌ای می‌توانند از وردسپهر به پوشش سپهر نفوذ کنند، در اثر شکست در پوشش سپهر فوقانی، سبب تضعیف شارش پایه غربی و وارونگی جهت آن به شرقی می‌شوند. این فرایند سبب افزایش ناگهانی دما در داخل تاوه قطبی می‌شود و گرمایش ناگهانی پوشش سپهر را ایجاد می‌کند (کرمی و همکاران، ۱۳۹۷). این پدیده که اولین بار در دهه ۱۹۵۰ شناسایی شده است می‌تواند سبب کاهش سرعت باد غربی و تغییر جهت آن به شرقی شود که در نتیجه به شکست تاوه قطبی منجر شود (مرادی، ۱۳۹۹).

گرمایش ناگهانی پوشش سپهر از دیدگاه سازمان هواشناسی جهانی، به دو نوع اصلی و فرعی^۲ دسته‌بندی شده است (مک‌ایتورف، ۱۹۷۸)^۳. بر اساس تعریف این سازمان، گرمایش ناگهانی پوشش سپهر از نوع فرعی زمانی رخ می‌دهد که میانگین مداری دمای پوشش سپهر روی مدار شصت درجه شمالی، در مدت یک هفته بیش از بیست و پنج کلون افزایش یابد. نوع اصلی این پدیده زمانی رخ می‌دهد که در مدت افزایش جهشی دمای پوشش سپهری، میانگین مداری مؤلفه مداری باد در روی مدار شصت درجه شمالی در تراز ده هکتوپاسکال، از مقدار مثبت به منفی تغییر کند و سپس به مقدار مثبت برگردد (یامازاکی و همکاران، ۲۰۱۹)^۴.

پدیده گرمایش ناگهانی پوشش سپهر در خارج از ایران، به‌وسیله پژوهشگران مختلف و از دیدگاه‌های گوناگونی بررسی شده است. برای بررسی این پدیده، برخی از پژوهشگران (مانند رائو و همکاران، ۲۰۱۸؛ باتلر و گربر، ۲۰۱۸)^۵ از تعریف سازمان هواشناسی جهانی استفاده کردند و برخی نیز (مانند چارلتون و پلوانی، ۲۰۰۷؛ باتلر و همکاران، ۲۰۱۷؛ کیم و همکاران، ۲۰۱۸)^۶ این تعریف را کمی تغییر دادند. از آنجائی که آشکارسازی گرمایش ناگهانی پوشش سپهر به نوع تعریف و استفاده از داده‌های هواشناسی و میزان تفکیک افقی داده‌ها بستگی دارد، از این‌رو بدیهی است که در تعیین آن می‌توان با به‌کارگیری تعاریف مختلف و داده‌های گوناگون، تاریخ‌های آشکارسازی مختلفی به دست آورد.

برخی پژوهشگران (مانند هنز و همکاران، ۲۰۰۷)^۷ از دیدگاه تاوایی پتانسیلی و برخی نیز (مانند باتلر و همکاران، ۲۰۱۵) از دیدگاه آماری به بررسی گرمایش ناگهانی پوشش سپهر پرداخته‌اند. برخی پژوهشگران (مانند یامازاکی و همکاران، ۲۰۱۹) انواع گرمایش ناگهانی پوشش سپهر را بررسی کرده‌اند.

1 Ageyava at el

2 Major, Minor

3 McInturff

4 Yamazaki at el

5 Rao at el, Butler and Gerber

6 Charlton and Polvani , Butler at el , Kim at el

7 Hengde at el

دسته‌ای از پژوهشگران اثر گرمایش ناگهانی پوشش سپهر نوع اصلی بر جابجایی تاوه قطبی را بررسی کرده‌اند (مانند کوهن و جونز، ۲۰۱۱)^۱ و دسته‌ای دیگر اثر آن را بر تقسیم هسته تاوه به دو هسته مجزا مطالعه کرده‌اند (مانند وارجین و کیریشوف، ۲۰۱۹؛ کوی و پائسون، ۲۰۱۹)^۲. برخی نیز (مانند چوی و همکاران، ۲۰۱۹)^۳ به مطالعه اثر این پدیده بر جابجایی و تقسیم هسته تاوه قطبی پرداخته‌اند. در زیر به برخی از نتایج به دست آمده از این پژوهش‌ها به‌طور کوتاه اشاره می‌شود.

باتلر و همکاران (۲۰۱۷)، برای تعیین تاریخ دقیق رخداد گرمایش ناگهانی پوشش سپهر، ویژگی‌های این پدیده را تغییر دادند و در دوره آماری ۱۹۵۸-۲۰۱۴، با استفاده از شش نوع داده متفاوت، چهل و یک رخداد گرمایش ناگهانی پوشش سپهر از نوع اصلی را در نیمکره شمالی و یک مورد را در نیمکره جنوبی آشکار کردند. کیم و همکاران (۲۰۱۷)، برای ارزیابی فراوانی گرمایش ناگهانی پوشش سپهر، تعریف سازمان جهانی هواشناسی را بر پایه گرایش میانگین مداری مؤلفه مداری باد روی مدار شصت درجه شمالی تغییر دادند و سپس در دوره آماری ۱۹۵۸-۲۰۰۲ فراوانی رخداد گرمایش ناگهانی پوشش سپهر را با دو تعریف مجزا برآورد کردند. چوی و همکاران (۲۰۱۹)، بر اساس اولین روزی که علامت میانگین مؤلفه مداری از مثبت به منفی تغییر می‌کند، روز صفر یا روز مرکزی را تعریف کردند و برای دوره آماری ۱۹۵۸-۲۰۱۳، با استفاده از چند مجموعه داده، تعداد ۴۳ رخداد گرمایش ناگهانی پوشش سپهر را آشکار کردند. لیم‌پاسوان و همکاران (۲۰۰۴)^۴، با استفاده از داده‌های بایگانه NCEP/NCAR در دوره آماری ۴۴ ساله، تعداد ۳۹ گرمایش ناگهانی پوشش سپهر نوع اصلی و فرعی را آشکار کردند و چرخه زندگی این پدیده را تعیین کردند. در این مطالعه، چرخه زندگی گرمایش ناگهانی پوشش سپهر به ۵ مرحله تولد، رشد، بلوغ، پیری و مرگ دسته‌بندی شده است (مطابق شکل ۱). این دسته‌بندی بر اساس روز صفر و سی و هفت روز قبل و بعد از آن ارائه شده است. در ایران گرمایش ناگهانی پوشش سپهر کمتر مورد توجه قرار گرفته است. برخی پژوهشگران مانند ریوندی و همکاران (۱۳۹۳) و میرکنی و همکاران (۱۳۹۲) به‌طور جنبی به این پدیده پرداخته‌اند. آن‌ها در بررسی موردی زمستان‌های سرد، علل رخداد سرما را در زمستان‌های تحت بررسی اثر گرمایش ناگهانی پوشش سپهر روی تاوه قطبی و جابجایی آن به مناطق مورد نظر دانسته‌اند.

کرمی و همکاران (۱۳۹۷)، در بررسی حالت‌های بازتاب، جذب و انتشار امواج راسبی انتشار یابنده بالاسو، با استفاده از داده‌های باز تحلیل ERA-Interim در زمستان‌های دوره آماری ۱۹۷۹-۲۰۱۴ نشان دادند که در سال‌هایی که پوشش سپهر حالت بازتابی دارد، تنها در ۳۳ درصد از زمستان‌ها احتمال رخداد پدیده گرمایش ناگهانی پوشش سپهری وجود دارد. این در حالی است که در زمستان‌هایی که پوشش سپهر حالت غیربازتابی دارد، چون احتمال

1 Cohen and Jones

2 Vargin and Kiryushov , Coy and Pawson

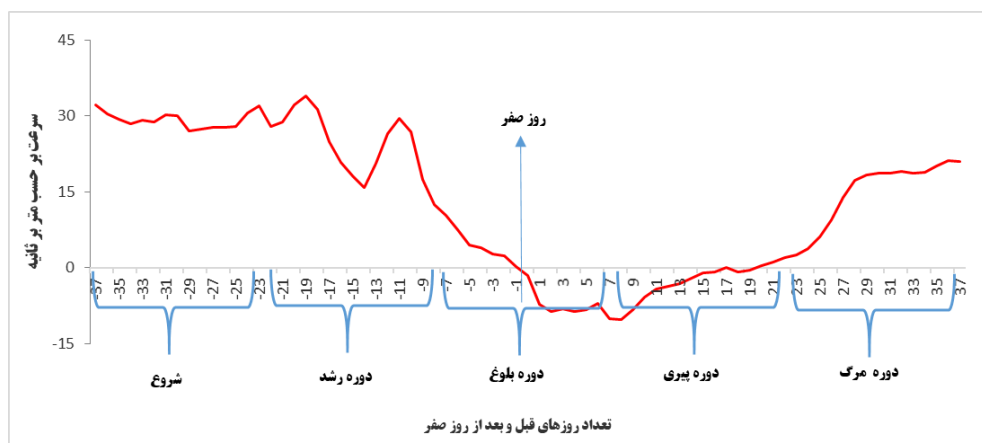
3 Choy at el

4 Limpasuvan at el

انتشار و نفوذ امواج راسبی از وردسپهر به پوشن سپهر زیرین در فاصله عرض جغرافیایی ۷۰-۹۰ درجه شمالی بیشتر است، پس احتمال رخداد این پدیده نیز بیشتر است به همین دلیل در این شرایط، در حدود ۶۲ درصد از زمستان‌ها احتمال رخداد گرمایش ناگهانی پوشن سپهر وجود دارد.

اولین مقاله در ایران که به‌طور جدی به گرمایش ناگهانی پوشن سپهر پرداخته است، به‌وسیله مرادی (۱۳۹۹) ارائه شده است. در این پژوهش، در دوره آماری ۱۹۷۹-۲۰۱۹ اثر گرمایش ناگهانی پوشن سپهر اصلی بر تاوه قطبی پوشن سپهری بررسی شده است. این پژوهشگر، با استفاده از داده‌های میانگین مداری دمای تراز ده هکتوپاسکال در روی مدار شصت تا نود درجه شمالی در بازه زمانی اول دسامبر تا پایان مارس و میانگین مداری مؤلفه مداری باد در روی مدار شصت درجه شمالی در این تراز و تغییر جزئی در تعریف سازمان هواشناسی جهانی، نوزده گرمایش ناگهانی نوع اصلی آشکار کرد.

در این تحقیق سعی شده است تا در زمستان‌های دوره آماری ۱۹۷۹-۲۰۲۰، دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشن سپهر از نوع اصلی بررسی شود. آنچه این پژوهش را از پژوهش‌های پیشین متفاوت می‌کند، نحوه دسته‌بندی و تعیین دوره زندگی این پدیده است که با تعاریف پژوهشگران پیشین (لیم‌پاسوان و همکاران، ۲۰۰۴)، متفاوت است. در ایران نیز تا کنون دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشن سپهر بررسی نشده است و این تحقیق می‌تواند به‌عنوان اولین پژوهش در این مورد معرفی شود. شایان ذکر است که برای تعیین دوره زندگی نیز از تعاریف جدیدی استفاده شده است.



شکل ۱- دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشن سپهر نوع اصلی بر اساس پژوهش لیم‌پاسوان و همکاران (۲۰۰۴).

۲- مواد و روش‌ها

برای آشکارسازی گرمایش ناگهانی پوشش سپهر، از داده‌های باز تحلیلی ناسا^۱ موسوم به MERRA2^۲ استفاده شد. مزیت استفاده از این داده‌ها دسترسی آسان به آن‌ها است. به‌طوری‌که بدون نیاز به محاسبات پیچیده و کنترل کمی و کیفی داده، به‌طور روزانه میانگین مداری دما در قطاع ۹۰-۶۰ درجه شمالی و نیز میانگین مداری مؤلفه مداری بردار باد در روی مدار ۶۰ درجه شمالی در تراز ده هکتوپاسکال از اول ژوئیه سال قبل تا سی‌ام ژوئن سال بعد در دوره آماری ۱۹۷۹ تا ۲۰۲۰ در دسترس قرار دارد. در این پژوهش بر اساس تعریف زیر برای گرمایش ناگهانی پوشش سپهر نوع اصلی، نوزده گرمایش نوع اصلی آشکار شد (مرادی، ۱۳۹۹):

نوع اصلی گرمایش موقعی است که میانگین دمای تراز ده هکتوپاسکال در روی مدار شصت تا نود درجه شمالی در بازه زمانی اول نوامبر تا پایان مارس، بیش از ۲۵ کلوین افزایش یابد و در این فاصله، میانگین مؤلفه مداری باد در روی مدار شصت درجه در این تراز از مقادیر مثبت به منفی تغییر کند و تا پایان مارس علامت آن به مقادیر مثبت برگردد. در صورتی که میانگین مداری مؤلفه مداری باد تغییر علامت ندهد و مقدار کاهش آن بیش از ۲۰ متر بر ثانیه باشد، نوع گرمایش فرعی در نظر گرفته شده است. این شرایط محدود کننده سبب می‌شود تا تاریخ موردهای آشکار شده نظم بهتری داشته باشند.

برای تعریف دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشش سپهر، از نحوه تغییرات میانگین مداری باد در تراز ده هکتوپاسکال استفاده شده است. این دوره در این پژوهش بر اساس تعاریف زیر انجام شد:

- روز تولد: اولین روزی که میانگین مداری مؤلفه مداری باد از حالت بیشینه کاهش می‌یابد.
- روز صفر: اولین روزی است که مقدار میانگین مداری مؤلفه مداری باد منفی می‌شود.
- دوره رشد: دوره‌ای است که میانگین مداری باد کاهش یافته تا به اولین مقدار منفی (روز صفر) تغییر کند.
- دوره بلوغ: دوره‌ای است که در آن میانگین مداری باد از روز صفر به کمترین مقدار خود می‌رسد.
- دوره پیری: دوره‌ای است که در آن میانگین مداری باد از کمترین مقدار خود با افزایش، به اولین مقدار مثبت تغییر می‌کند.
- زمان مرگ: اولین روزی است که میانگین مداری باد مثبت می‌شود.

این تعاریف سبب شده است تا دوره زندگی حالت‌های موردی که در آن‌ها برخی مراحل کمتر از پانزده روز طول کشیده است و تعداد آن‌ها نیز خیلی زیاد است، بررسی شود. بعلاوه دوره زندگی برخی موردها نیز که کوتاه

1 National Aeronautics and Space Administration (NASA)

2 Modern-Era Retrospective-analysis for Research and Applications version 2

است را در بر می گیرد. این ویژگی ها تعاریف ارائه شده توسط پژوهشگران پیشین را تکمیل تر کرده است. برای انجام این تحقیق مراحل زیر انجام شده است:

۱- رسم نمودار سری زمانی میانگین مداری دما و مؤلفه مداری باد در تراز ده هکتوپاسکال در روی مدار شصت درجه شمالی در روزهای مختلف سال از یکم ژوئیه تا سی ام ژوئن سال بعد برای تعیین تاریخ رخداد گرمایش ناگهانی پوشن سپهر و سپس تعیین نوع آن ها بر اساس تعریف ارائه شده.

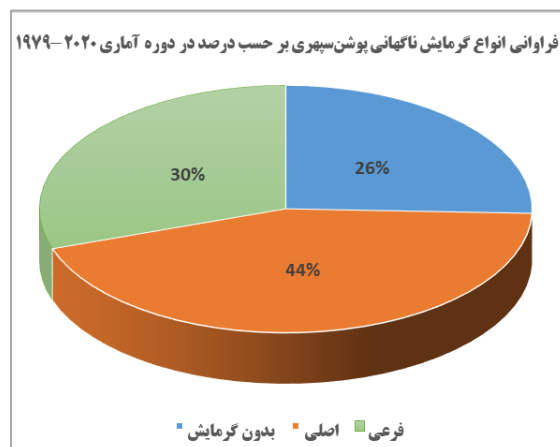
۲- رسم نمودار سری زمانی میانگین مداری دما و مؤلفه مداری باد برای موردهای نوع اصلی، برای تعیین تاریخ دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشن سپهر بر اساس تعریف ارائه شده و ارائه ویژگی های دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشن سپهر.

شایان ذکر است که مطابق تعریف گرمایش ناگهانی پوشن سپهر اصلی می تواند از اوایل نوامبر متولد شود و تا پایان مارس به فعالیت خود ادامه دهد. از آنجائی که روز صفر در چرخه زندگی گرمایش ناگهانی پوشن سپهر از اهمیت ویژه ای برخوردار است و این روز مطابق پژوهش های پیشین (مرادی، ۱۳۹۹)، در ماه های دسامبر، ژانویه، فوریه و مارس آشکار می شود، از این رو در این تحقیق این دوره به عنوان زمستان در نظر گرفته شده است.

۳- نتایج و بحث

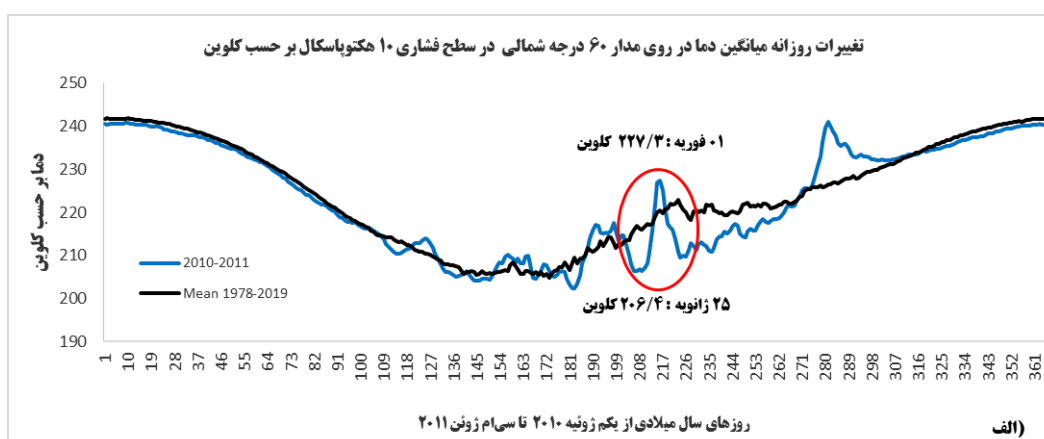
۳-۱- آشکارسازی گرمایش ناگهانی پوشن سپهر

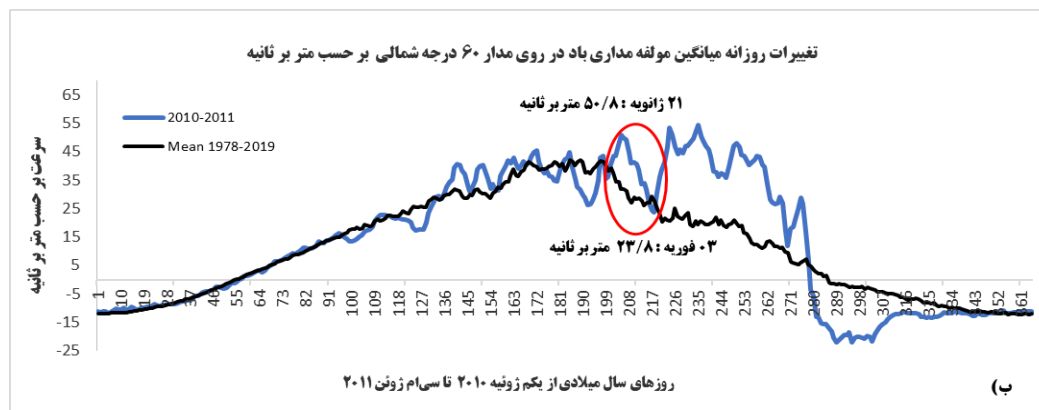
بر اساس تعریف ارائه شده در بندهای پیش، در دوره آماری ۲۰۲۰-۱۹۷۹، سری های زمانی سالانه میانگین مداری دما و مؤلفه مداری باد بررسی شد و انواع گرمایش ناگهانی پوشن سپهر بر اساس سال های رخداد آشکار گردید. در طول این دوره آماری فراوانی رخداد این پدیده بررسی شد. شکل ۲ فراوانی گرمایش ناگهانی پوشن سپهر در دوره آماری انتخابی بر حسب درصد را نشان می دهد. از این شکل دیده می شود که در ۲۶ درصد تغییرات میانگین مداری دما کمتر از ۲۵ کلوین است. با وجودی که این افزایش دما قابل توجه است ولی مطابق تعریف ارائه شده، این افزایش دما در تعریف گرمایش ناگهانی پوشن سپهر قرار نمی گیرد. در ۴۴ درصد گرمایش از نوع اصلی و در ۳۰ درصد از نوع فرعی تشخیص داده شد.



شکل ۲- فراوانی گرمایش ناگهانی پوشش سپهر بر حسب درصد در دوره آماری ۱۹۷۹-۲۰۲۰.

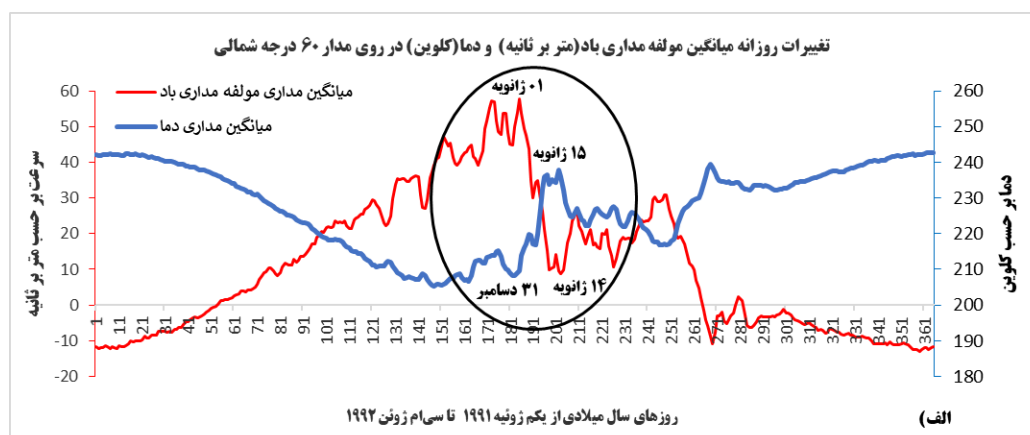
نمونه‌ای از موردهای بدون گرمایش ناگهانی پوشش سپهر به سال ۲۰۱۱-۲۰۱۰ اختصاص دارد. از روز بیست و پنجم ژانویه تا یکم فوریه ۲۰۱۱، میانگین مداری دما از ۲۰۶/۴ کلوین به ۲۲۷/۳ کلوین افزایش یافته است. اختلاف دمای این دو روز ۲۰/۹ کلوین است که کمتر از ۲۵ کلوین است. در بازه بیست و یکم ژانویه تا سوم فوریه اختلاف میانگین مؤلفه مداری باد نیز ۴/۸ متر بر ثانیه برآورد شده است. اگرچه این تغییرات نسبت به میانگین دوره آماری ۱۹۷۸-۲۰۱۹ که در شکل ۳ آورده شده است، نیز قابل توجه است ولی در تعریف گرمایش ناگهانی پوشش سپهر جای نگرفته است.

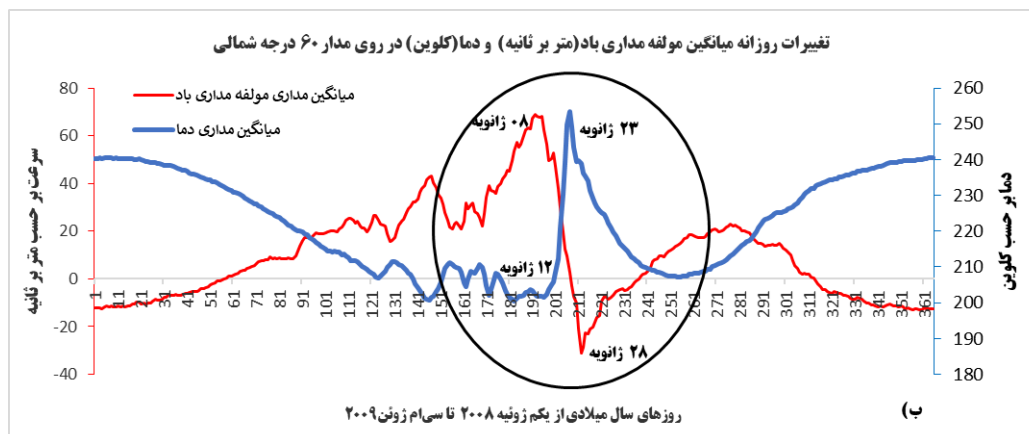




شکل ۳- تغییرات روزانه میانگین مداری دما بر حسب کلونین (الف) و مؤلفه مداری باد بر حسب متر بر ثانیه (ب) در روی مدار ۶۰ درجه شمالی در تراز فشاری ده هکتوپاسکال در روزهای یکم ژوئیه ۲۰۱۰ تا سیام ژوئن ۲۰۱۱ (حالت موردی بدون گرمایش).

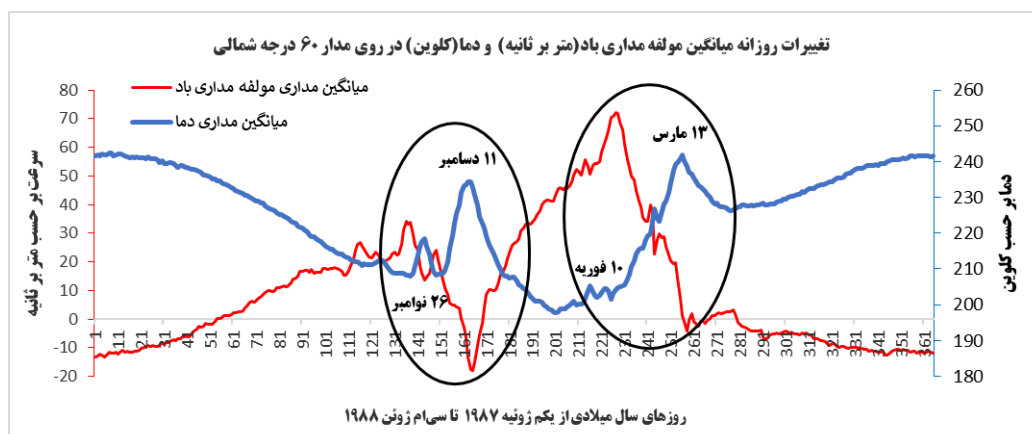
در شکل ۴ نمونه‌ای از گرمایش نوع فرعی (شکل الف) و نوع اصلی (شکل ب) نشان داده شده است. در نوع فرعی گرمایش، در بازه سی و یکم دسامبر ۱۹۹۱ تا پانزدهم ژانویه ۱۹۹۲، میانگین مداری دما از ۲۰۹/۰ به ۲۳۵/۲ کلونین افزایش و میانگین مداری باد نیز از یکم ژانویه تا چهاردهم ژانویه ۱۹۹۲ از ۵۷/۵ به ۱۰/۰ متر بر ثانیه کاهش یافته است. از آنجائی که افزایش دما ۲۶/۲ کلونین و کاهش سرعت باد ۴۷/۵ متر بر ثانیه است و علامت مقادیر میانگین باد تغییر نکرده است، از این رو این مورد از نوع فرعی است. در نوع اصلی گرمایش، در بازه دوازدهم تا بیست و سوم ژانویه ۲۰۰۹، میانگین مداری دما از ۲۰۱/۶ به ۲۵۳/۴ کلونین افزایش و میانگین مداری باد نیز از هشتم تا بیست و هشتم ژانویه ۲۰۰۹ از ۶۸/۸ به ۳۱/۱ متر بر ثانیه کاهش یافته است. چون افزایش دما ۵۱/۸ کلونین و کاهش سرعت باد ۱۰۳/۱ متر بر ثانیه است و علامت مقادیر میانگین باد نیز به منفی تغییر کرده است و سپس مقادیر مجدداً به مثبت تغییر یافته است، پس این مورد در دسته اصلی قرار گرفت.





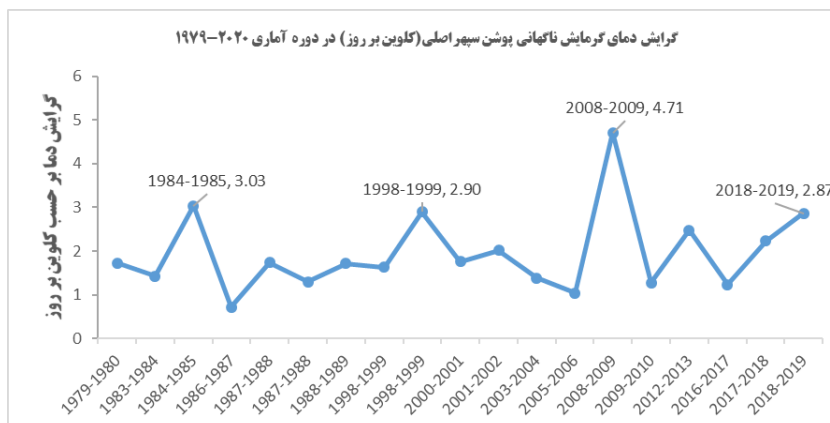
شکل ۴- تغییرات روزانه میانگین مداری دما (کلوین) و مؤلفه مداری باد (متر بر ثانیه) در روی مدار ۶۰ درجه شمالی در تراز فشاری ده هکتوپاسکال در روزهای یکم ژوئیه تا سیام ژوئن. الف) نوع فرعی، ۱۹۹۱-۱۹۹۲، ب) نوع اصلی، ۲۰۰۸-۲۰۰۹.

شایان ذکر است که نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج پژوهش پیشین مانند بوتلر و همکاران (۲۰۱۷) و اگی‌یاوا و همکاران (۲۰۱۷) مقایسه شد. در مقایسه با بخشی از تحقیقات بوتلر و همکاران (۲۰۱۷)، دیده شد که از بیست و سه مورد مشابه، دو مورد متفاوت بود. یکی از این موردها به سال ۱۹۸۸-۱۹۸۷ مربوط است. در این سال، باتلر و همکاران فقط گرمایش ۱۴ مارس ۱۹۸۸ را آشکار کردند؛ درحالی‌که در پژوهش حاضر مطابق شکل ۵، دو مورد گرمایش اصلی در ۸ دسامبر ۱۹۸۷ و ۱۴ مارس ۱۹۸۸ آشکار شده است که بیش از ۳۰ روز بین آن دو فاصله زمانی وجود دارد. مورد دیگر گرمایش مربوط به ۱۸ ژانویه ۲۰۰۳ است. بررسی‌ها نشان داد که در این مورد اختلاف میانگین مداری دمای کمتر از ۲۵ کلوین ثبت شده است که در پژوهش حاضر به‌عنوان گرمایش ناگهانی پوشش سپهر تعریف نشده است. در مقایسه با بخشی از تحقیقات اگی‌یاوا و همکاران (۲۰۱۷)، دیده شد که از ۲۵ مورد مشترک، در ۹ مورد اختلاف وجود دارد. این اختلاف به سبب استفاده از تغییر علامت گرادیان دما در مناطق جنب قطبی و نیز استفاده از داده‌های ERA-Interim، ERA40، و NCEP/NCAR برای تعیین گرمایش ناگهانی پوشش سپهر در پژوهش فوق ایجاد شده است. بررسی‌ها نشان داد که اختلاف دما در نه مورد فوق، کمتر از ۲۵ کلوین بود. شایان ذکر است که در این تحقیق در بازه ۲۰۱۳-۱۹۸۰، چهارده مورد گرمایش نوع اصلی آشکار شده است که در پژوهش تائو و همکاران (۲۰۱۵)^۱ نیز مشخص شده است.



شکل ۵- تغییرات روزانه میانگین مداری دما (کلوین) و مؤلفه مداری باد (متر بر ثانیه) در روی مدار ۶۰ درجه شمالی در تراز فشاری ده هکتوپاسکال در روزهای یکم ژوئیه ۱۹۸۷ تا سی‌ام ژوئن ۱۹۸۸.

تغییرات دما نسبت به روز در حالت‌های موردی آشکار شده نیز بررسی شد. شکل ۶ نسبت تغییرات دما به روز در حالت‌های گرمایش ناگهانی پوشش سپهر اصلی را نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که گرمایش اصلی مربوط به دوره ۲۰۰۸-۲۰۰۹ با گرایش ۴/۷۱ کلوین بر روز بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است. این کمیت نشان می‌دهد که اختلاف دمای زیاد در بازه زمانی کمی رخ داده است. در این مورد ۵۱/۸ کلوین در مدت ۱۱ روز اتفاق افتاده است که از بین داده‌های MERR2 در طول دوره آماری در نیمکره شمالی فقط یک بار رخ داده است. در نیمکره جنوبی نیز در سپتامبر ۲۰۱۹ اختلاف ۲۰۱۹ کلوین در مدت ۶ روز ثبت شده است که آن‌هم منحصربه‌فرد بوده است (یاماهاکی و همکاران، ۲۰۱۹). در موردهای ۱۹۸۵-۱۹۸۴ در مدت ۱۲ روز ۳۶/۴ کلوین دما افزایش یافته است. در این مدت در مورد ۱۹۹۹-۱۹۹۸، ۳۴/۸ کلوین افزایش دما ثبت شده است. در گرمایش مربوط به مورد ۲۰۱۸-۲۰۱۹ اختلاف دمای ۲۵/۸ کلوین در مدت ۹ روز رخ داده است که سبب افزایش گرایش دما شده است. کمترین مقدار این کمیت نیز به گرمایش مورد ۱۹۸۷-۱۹۸۶ مربوط می‌شود. در این حالت میانگین مداری دما در مدت ۳۵ روز، ۲۵/۱ کلوین افزایش داشته است.



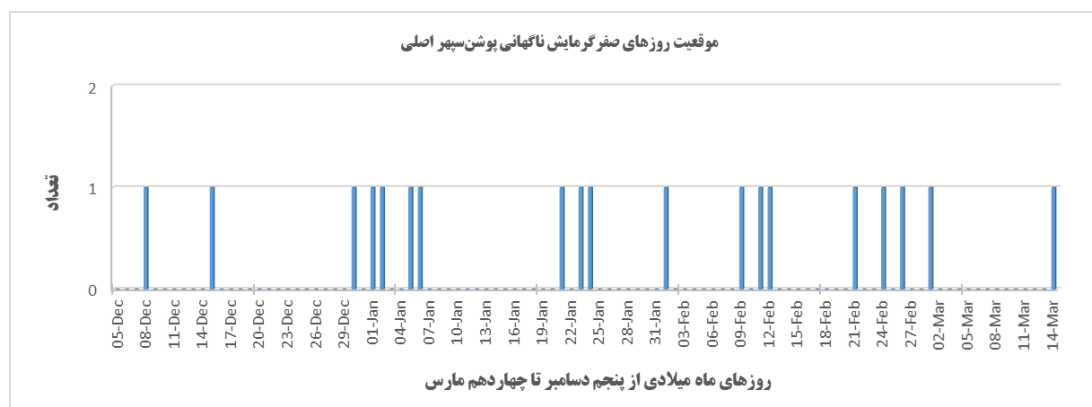
شکل ۶- تغییرات نسبت اختلاف میانگین مداری دما به روز (کلون بر روز) در روی مدار ۶۰ درجه شمالی در تراز فشاری ده هکتوپاسکال در گرمایش‌های ناگهانی پوشش سپهر اصلی (۱۹۷۹-۲۰۲۰).

۳-۲- دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشش سپهر از نوع اصلی

بر اساس تعریف‌های ارائه شده در بندهای پیشین، روزهای تولد، صفر، کمترین مقدار و مرگ که در نحوه تعیین دوره زندگی گرمایش‌های نوع اصلی استفاده می‌شوند، برآورد شد. در جدول ۱ فراوانی رخداد گرمایش نوع اصلی در ماه‌های مختلف فصل سرد آورده شده است. از این جدول دیده می‌شود که بیشترین فراوانی روز تولد این پدیده، به ماه دسامبر، بیشترین فراوانی بر اساس روز صفر به ماه ژانویه و بیشترین فراوانی بر اساس روز مرگ به ماه فوریه اختصاص دارد. موقعیت روز صفر این دوره آماری در روزهای مختلف ماه نیز در شکل ۷ نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد که در طول دوره آماری انتخابی، در روزهای مختلف ماه دسامبر ۳ مورد، در ماه ژانویه ۸ مورد، در ماه فوریه ۶ مورد و در ماه مارس نیز ۲ مورد روز صفر ایجاد شده است.

جدول ۱- فراوانی ماهانه گرمایش ناگهانی پوشش سپهر اصلی (درصد) بر اساس روزهای انتخابی (۱۹۷۹-۲۰۲۰).

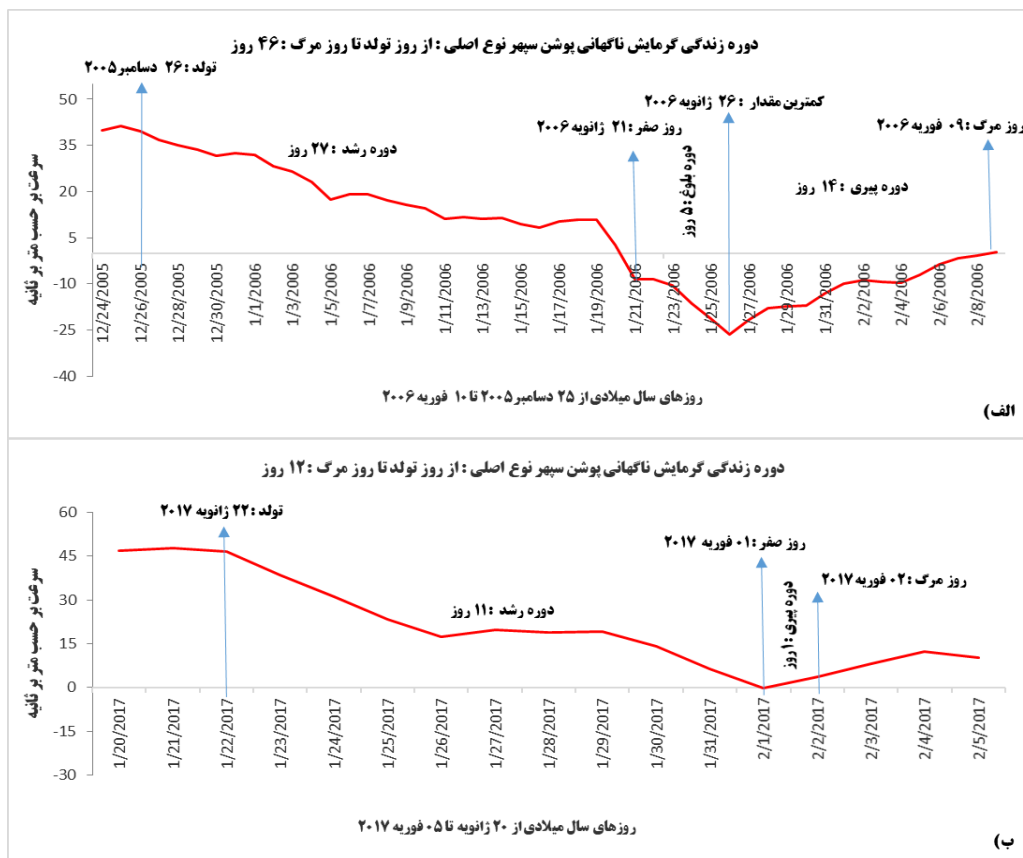
ماه	فراوانی بر حسب درصد		
	روز تولد	روز صفر	روز مرگ
نوامبر	۱۱	۰	۰
دسامبر	۳۳	۱۱	۱۱
ژانویه	۲۸	۴۲	۲۸
فوریه	۲۸	۳۷	۳۹
مارس	۰	۱۰	۲۲



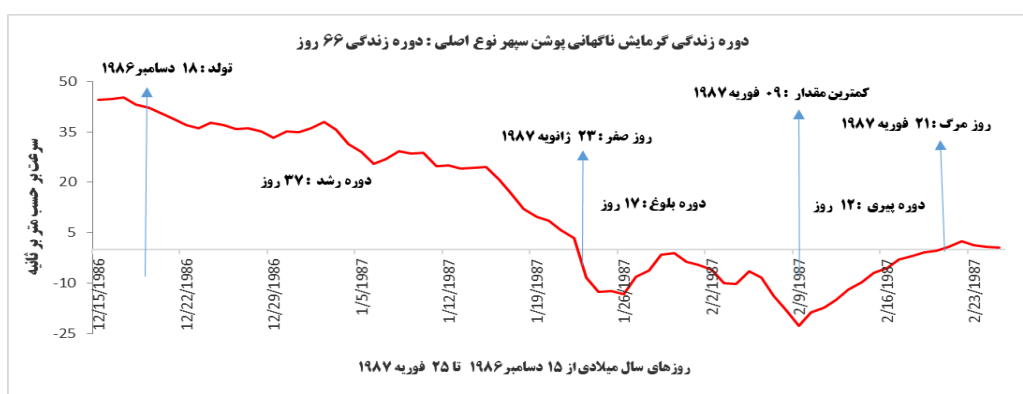
شکل ۷- موقعیت روزهای صفر گرمایش ناگهانی پوشن سپهر اصلی در دوره آماری ۱۹۷۹-۲۰۲۰.

شکل ۸ نمونه‌ای از تعیین دوره زندگی دو گرمایش ناگهانی پوشن سپهر نوع اصلی مختلف را نشان می‌دهد. از شکل ۸-الف) دیده می‌شود که طول دوره زندگی گرمایش نوع اصلی مربوط به دسامبر ۲۰۰۵ تا فوریه ۲۰۰۶، چهل و شش روز است که بیست و هفت روز آن به دوره رشد، پنج روز به دوره بلوغ و چهارده روز به دوره پیری اختصاص یافته است. در شکل ۸-ب) دوره زندگی یک نوع گرمایش نشان داده شده است که بدون طی کردن دوره بلوغ، به پیری رسیده است. در این نوع که در بازه ۲۰ ژانویه تا ۰۵ فوریه ۲۰۱۷ رخ داده است، روز صفر و روز کمترین مقدار میانگین مداری باد یکی است. در این حالت موردی دوره رشد یازده روز، دوره پیری یک روز و کل دوره زندگی ۱۲ روز طول کشیده است. نمونه‌ای دیگر از این نوع که بدون طی کردن دوره بلوغ، وارد دوره پیری شده است، در فاصله نهم فوریه تا سوم مارس ۱۹۸۰ رخ داده است.

شکل ۹ دوره زندگی گرمایش ناگهانی مورد ۲۳ ژانویه ۱۹۸۷ را نشان می‌دهد. از این شکل دیده می‌شود که این مورد دارای بلندترین دوره رشد، بلندترین دوره بلوغ و بلندترین دوره زندگی است که این نوع گرمایش را از دیگر موردها مشخص‌تر می‌کند. نتایج بررسی دوره زندگی نوزده گرمایش نوع اصلی در جدول ۲ نشان داده شده است. از این جدول دیده می‌شود که کوتاه‌ترین و بلندترین دوره رشد به ترتیب با ۶ و ۳۷ روز، در موردهای ششم ژانویه ۲۰۱۳ و بیست و سوم ژانویه ۱۹۸۷ ثبت شده است. بلندترین دوره بلوغ با ۱۷ روز تداوم، به مورد بیست و سوم ژانویه ۱۹۸۷ اختصاص دارد. بلندترین دوره پیری در این دوره آماری نیز ۲۶ روز است که به مورد بیست و چهارم ژانویه ۲۰۰۹ مربوط می‌شود. کوتاه‌ترین و بلندترین طول دوره زندگی نیز در این دوره آماری به ترتیب به مورد یکم فوریه ۲۰۱۷ و بیست و سوم ژانویه ۱۹۸۷ اختصاص دارد.



شکل ۸- تغییرات روزانه میانگین مؤلفه باد مداری (متر بر ثانیه) در روی مدار ۶۰ درجه شمالی در تراز فشاری ده هکتوپاسکال و دوره زندگی یک گرمایش ناگهانی پوشش سپهر از نوع اصلی (الف) در بازه ۲۶ دسامبر ۲۰۰۵ تا ۰۹ فوریه ۲۰۰۶ و (ب) در بازه ۲۰ ژانویه تا ۰۵ فوریه ۲۰۱۷.



شکل ۹- تغییرات روزانه میانگین مؤلفه باد مداری (متر بر ثانیه) در روی مدار ۶۰ درجه شمالی در تراز فشاری ده هکتوپاسکال و دوره زندگی یک گرمایش ناگهانی پوشش سپهر از نوع اصلی در بازه ۱۵ دسامبر ۱۹۸۶ تا ۲۵ فوریه ۱۹۸۷.

جدول ۲- ویژگی‌های دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشش‌سپهر از نوع اصلی در دوره آماری ۱۹۷۹-۲۰۲۰.

دوره زندگی	روز مرگ	دوره پیری	دوره بلوغ	دوره رشد	روز صفر	روز تولد	سال	ردیف
۲۲	۰۳ مارس ۱۹۸۰	۱	۰	۲۱	۰۱ مارس ۱۹۸۰	۰۹ فوریه ۱۹۸۰	۱۹۷۹-۱۹۸۰	۱
۱۶	۲۸ فوریه ۱۹۸۴	۲	۲	۱۲	۲۴ فوریه ۱۹۸۴	۱۳ فوریه ۱۹۸۴	۱۹۸۳-۱۹۸۴	۲
۱۷	۰۶ ژانویه ۱۹۸۵	۴	۱	۱۲	۰۱ ژانویه ۱۹۸۵	۲۱ دسامبر ۱۹۸۴	۱۹۸۴-۱۹۸۵	۳
۶۶	۲۱ فوریه ۱۹۸۷	۱۲	۱۷	۳۷	۲۳ ژانویه ۱۹۸۷	۱۸ دسامبر ۱۹۸۶	۱۹۸۶-۱۹۸۷	۴
۲۱	۱۷ دسامبر ۱۹۸۷	۵	۴	۱۲	۰۸ دسامبر ۱۹۸۷	۲۷ نوامبر ۱۹۸۷	۱۹۸۷-۱۹۸۸	۵
۳۳	۱۷ مارس ۱۹۸۸	۲	۱	۳۰	۱۴ مارس ۱۹۸۸	۱۳ فوریه ۱۹۸۸	۱۹۸۷-۱۹۸۸	۶
۲۷	۰۲ مارس ۱۹۸۹	۵	۴	۱۸	۲۱ فوریه ۱۹۸۹	۰۴ فوریه ۱۹۸۹	۱۹۸۸-۱۹۸۹	۷
۲۸	۲۱ دسامبر ۱۹۹۸	۴	۲	۲۲	۱۵ دسامبر ۱۹۹۸	۲۴ نوامبر ۱۹۹۸	۱۹۹۸-۱۹۹۹	۸
۳۴	۱۹ مارس ۱۹۹۹	۱۲	۹	۱۳	۲۶ فوریه ۱۹۹۹	۱۳ فوریه ۱۹۹۹	۱۹۹۸-۱۹۹۹	۹
۴۰	۲۸ فوریه ۲۰۰۱	۸	۶	۲۶	۱۱ فوریه ۲۰۰۱	۱۷ ژانویه ۲۰۰۱	۲۰۰۰-۲۰۰۱	۱۰
۲۱	۰۳ ژانویه ۲۰۰۲	۱	۳	۱۷	۳۰ دسامبر ۲۰۰۱	۱۴ دسامبر ۲۰۰۱	۲۰۰۱-۲۰۰۲	۱۱
۳۶	۱۵ ژانویه ۲۰۰۴	۶	۴	۲۶	۰۵ ژانویه ۲۰۰۴	۱۱ دسامبر ۲۰۰۳	۲۰۰۳-۲۰۰۴	۱۲
۴۶	۰۹ فوریه ۲۰۰۶	۱۴	۵	۲۷	۲۱ ژانویه ۲۰۰۶	۲۶ دسامبر ۲۰۰۵	۲۰۰۵-۲۰۰۶	۱۳
۴۶	۲۳ فوریه ۲۰۰۹	۲۶	۴	۱۶	۲۴ ژانویه ۲۰۰۹	۰۹ ژانویه ۲۰۰۹	۲۰۰۸-۲۰۰۹	۱۴
۳۴	۱۲ فوریه ۲۰۱۰	۲	۱	۳۱	۰۹ فوریه ۲۰۱۰	۱۰ ژانویه ۲۰۱۰	۲۰۰۹-۲۰۱۰	۱۵
۲۹	۲۸ ژانویه ۲۰۱۳	۱۰	۱۲	۶	۰۶ ژانویه ۲۰۱۳	۰۱ ژانویه ۲۰۱۳	۲۰۱۲-۲۰۱۳	۱۶
۱۲	۰۲ فوریه ۲۰۱۷	۱	۰	۱۱	۰۱ فوریه ۲۰۱۷	۲۲ ژانویه ۲۰۱۷	۲۰۱۶-۲۰۱۷	۱۷
۲۹	۰۱ مارس ۲۰۱۸	۱۵	۲	۱۲	۱۲ فوریه ۲۰۱۸	۰۵ فوریه ۲۰۱۸	۲۰۱۷-۲۰۱۸	۱۸
۲۸	۱۹ ژانویه ۲۰۱۹	۹	۸	۱۱	۰۲ ژانویه ۲۰۱۹	۲۳ دسامبر ۲۰۱۸	۲۰۱۸-۲۰۱۹	۱۹
۱۲	-	۱	۰	۶	کمترین			
۶۶	-	۲۶	۱۷	۳۷	بیشترین			
۳۰/۹	-	۷/۲	۴/۳	۱۹/۴	میانگین			

۴- نتیجه‌گیری

در این پژوهش با استفاده از داده‌های باز تحلیلی MERR2 دما و مؤلفه مداری باد، گرمایش ناگهانی پوشش‌سپهر در طول دوره آماری ۱۹۷۹-۲۰۲۰ بررسی شد. در این دوره آماری ۴۴ ساله، بر اساس تعریف ارائه شده در این پژوهش، در ۱۹ سال، گرمایش نوع اصلی و در ۱۳ سال گرمایش نوع فرعی آشکار شد. در ۱۱ سال نیز گرمایش آشکار نشد. بررسی‌ها نشان داد که بیشترین افزایش دما به میزان ۵۱/۸ کلین در دوره کوتاه یازده روزه به گرمایش ژانویه ۲۰۰۹ اختصاص دارد که در طول دوره آماری انتخابی در نیمکره شمالی تا کنون چنین افزایش دمایی در مدت فوق، ثبت نشده است. مقایسه نتایج به دست آمده از این قسمت پژوهش با پژوهش‌های مرتبط قبل، نشان داد که این

پژوهش به سبب استفاده از داده‌های جدیدتر، علاوه بر تکمیل پژوهش‌های پیشین، تعاریفی را در آشکارسازی گرمایش نوع اصلی در نظر گرفته است و توانسته است که حالت‌های موردی بیشتری را آشکار کند.

بررسی فراوانی رخداد تولد و مرگ گرمایش ناگهانی پوشش سپهر اصلی در دوره آماری انتخابی نشان داد که هیچ گرمایشی در ماه مارس متولد نشده است و در ماه نوامبر نیز از بین نرفته است. بیشترین فراوانی روز تولد با ۳۳ درصد به ماه دسامبر و بیشترین فراوانی روز مرگ با ۳۹ درصد به ماه فوریه تعلق دارد.

بررسی دوره زندگی گرمایش ناگهانی پوشش سپهر اصلی بر اساس روز صفر، مشخص کرد که در این دوره آماری به‌طور متوسط، دوره رشد ۱۹/۴، دوره بلوغ ۴/۳، دوره پیری ۷/۲ و طول دوره زندگی ۳۰/۹ روز است. از مقایسه نتایج به دست آمده از این پژوهش با پژوهش‌های پیشین مرتبط، دیده شد که در این پژوهش دوره‌های بلوغ و پیری با تداوم‌های کوتاه‌مدت نیز می‌توانند آشکار شوند. نمونه‌ای از این نوع گرمایش در حالت‌های موردی یکم مارس ۱۹۸۰، یکم ژانویه ۱۹۸۵، چهاردهم مارس ۱۹۸۸، نهم فوریه ۲۰۱۰ و یکم فوریه ۲۰۱۷ مشخص شد.

کتابنامه

- ریوندی، امیر؛ محمدی‌ها، امیر؛ تقی‌زاده، احسان؛ ۱۳۹۳. تفسیر سرمای شدید زمستانی شرق ایران با استفاده از مؤلفه‌های استراتوسفری. شانزدهمین کنفرانس ژئوفیزیک ایران. ۲۳ تا ۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۳.
- کریمی، خلیل؛ قادر، سرمد؛ موسوی، سید محمد؛ ۱۳۹۷. شناسایی حالت‌های بازتاب، جذب و انتشار امواج راسبی انتشار یابنده بالاسو. *مجله ژئوفیزیک ایران*. شماره ۲. صص ۳۷-۲۳.
- مرادی، محمد؛ ۱۳۹۹. ارتباط گرمایش ناگهانی پوشش سپهر نوع اصلی با تغییرات تاوه قطبی در دوره آماری ۲۰۱۹-۱۹۷۹. *مجله فیزیک زمین فضا*. شماره ۳. صص ۶۲۰-۶۰۳.
- میررکنی، مجید؛ محب‌الحجه، علیرضا؛ احمدی‌گیوی، فرهنگ؛ ۱۳۹۲. نقش گردش‌های پوشش سپهر در بی‌هنجاری‌های اقلیمی زمستان‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸. *مجله ژئوفیزیک*. شماره ۱. صص ۸۶-۱۰۴.

- Ageyeva, VYu., Gruzdev, AN., Elokhov, AS., Mokhov, I.I. and Zueva, NE., 2017. Sudden Stratospheric Warmings: Statistical Character is tics and Influence on NO2 and O3 Total Contents. *Atmospheric and Oceanic Physics*, 53(5): 477-486.
- Butler, AH. and Gerber, EP., 2018. Optimizing the definition of a sudden stratospheric warming. *Journal of climate*, 31: 2337-2344.
- Butler, AH., Seidel, DJ., Hardiman, SC., Butchart, N., Birner, T. and Match, A., 2015. Defining sudden stratospheric warmings. *American meteorological society*, 96: 1913-1928.
- Butler, AH., Sjoberg, JP., Seidel, DJ., and Rosenlof, KH., 2017. A sudden stratospheric warming compendium: *Earth Syst. Sci. Data*, 9: 63-76.
- Charlton, A J. and Polvani, L., 2007. A new look at stratospheric sudden warmings. Part I. Climatology and modeling benchmarks. *Journal of climate*, 20: 449-469.
- Choy, H., Kim, BM. and Choy, W., 2019. Type classification of sudden stratospheric warming based on pre- and postwarming periods. *Journal of climate*, 32: 2349-2367.

- Cohen, J., and Jones, J., 2011. Tropospheric precursors and stratospheric warmings. *Journal of climate*, 24: 1780–1790.
- Coy, L. and Pawson, S., 2019. The major stratospheric sudden warming of January 2013. Analyses and forecasts in the GEOS-5 data assimilation system. <https://ntrs.nasa.gov/search.jsp?R=20140012679> 2019-12-07T17:27:26+00:00Z
- Hengde, Z., Shouting, G. and Weisong, L., 2007. Study on two categories of sudden stratospheric warming. *Acta meteorologica sinica*, 21: 450–464.
- Kim, J., Son, S.W., Gerber, E.P. and Park, H.S., 2017. Defining sudden stratospheric warming in climate models. Accounting for biases in model climatologies. *Journal of climate*, 30: 5529–5546.
- Limpasuvan, V., Thompson, D.W.J., Hartmann, D.L., 2004. The life cycle of the northern hemisphere sudden stratospheric warmings. *Journal of climate*, 17: 2584–2596.
- McInturff, R.M., 1978. Stratospheric warmings: Synoptic, dynamic and general-circulation aspects (Tech. Rep. No. 541, Ref. Publ. 1017).
- Rao, J., Ren, R., Chen, H.Y.Y., and Zhou, Y., 2018. The stratospheric sudden warming event in February 2018 and its prediction by a climate system model. *Journal of geophysics research atmospheric*, 123: 13332–13345.
- Suitland, Md. (available online at <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19780010687.pdf>).
- Tao, M., Konopka, P., Ploeger, F., Groöf, J.-U., Müller, R., Volk, C.M., Walker, K.A. and Riese, M., 2015. Impact of the 2009 major sudden stratospheric warming on the composition of the stratosphere. *Atmospheric chemistry and physics*, 15: 8695–8715.
- Vargin, P.N. and Kiryushov, B.M., 2019. Major Sudden Stratospheric Warming in the Arctic in February 2018 and Its Impacts on the Troposphere, Mesosphere, and Ozone Layer. *Russian Meteorology and Hydrology*, 44: 112–123.
- Yamazaki, Y., Matthias, V., Miyoshi, Y., Stolle, C., Siddiqui, T., Kervalishvili, G., Lastovicka, J., Kozubek, M., Ward, W., Themens, D.R., Kirstofffersen, S. and Alken, P., 2019. September 2019 Antarctic sudden stratospheric warming: quasi-6-day wave burst and ionospheric effects. *Journal of geophysical research, Space physics*, 123: 4094–4109.



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

صص ۱۴۱-۱۲۱

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoeoh.2021.67028.0>

مقاله پژوهشی

آشکارسازی روند بلندمدت بارش سالانه ایران زمین در ارتباط با تغییر فراوانی فرین های بارش روزانه

حسین عساکره^۱ - استاد اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

سیدابوالفضل مسعودیان - استاد اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

فاطمه ترکارانی - دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۲ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۹/۲۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۰/۱۳

چکیده

در پژوهش حاضر روند بارش سالانه ایران زمین با توجه به روند تغییرات فراوانی نمایه های فرین بالا و پایین و نیز نمایه های بهنجار بارش، به روش تحلیل پهنه ای در معرض توجه قرار گرفت. برای انجام پژوهش حاضر از نسخه سوم پایگاه داده ای اسفزاری با تفکیک مکانی ۱۰ کیلومتر و برای بازه زمانی ۱۳۴۹/۰۱/۰۱ تا ۱۳۹۴/۱۲/۲۹ (۴۶ سال و معادل ۱۶۸۰۱ روز) استفاده شد. روند بارش سالانه در کشور نشان داد که تغییرات بارش در بخش عمده ای (حدود ۸۰/۹ درصد مساحت) از کشور کاهشی بوده است و تنها بخش محدودی از کشور (حدود ۱۹ درصد مساحت) روند افزایشی را تجربه کرده است. روند کاهشی بارش باعث کاهش آب حاصل از نزولات جوی در کشور به میزان حدود ۱/۵ میلیارد مترمکعب شده است. اگرچه استنباط های آماری نشان از عملکرد عوامل بزرگ مقیاس در شکل گیری روند کاهشی در بخش عمده ای از کشور است، اما ۳۳/۵۳ درصد پهنه های توأم با روند کاهشی از دیدگاه معنی داری آماری تحت تأثیر عوامل محلی (در شمال شرق و بخش هایی از شرق ایران، پیشکوه های داخلی زاگرس و پهنه ای ممتد از استان کرمان تا استان های اصفهان، چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه بویراحمد، از غرب شیراز و شمال بوشهر در امتداد مرز غربی کشور تا شمال سمنان، هسته های پراکنده در بخش های جنوبی و شرقی ناحیه شمال غرب و شمال ایران) بوده است. بررسی ها نشان داد که نواحی توأم با روند کاهشی معنی دار تحت تأثیر کاهش بارندگی های پرمقدار (عمدتاً صدک ۷۵ و بیشتر) بوده اند. نواحی توأم با روند مثبت و به

لحاظ آماری معنی‌دار حدود ۲/۹۳ درصد از کشور را دربر می‌گیرند. این نواحی با گسستگی مکانی و به‌صورت هسته‌هایی بعضاً در درون نواحی توأم با روند منفی دیده می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: آشکارسازی روند، ایران، بارش سالانه، روند بارش، فرین‌های بارش.

۱- مقدمه

واکاوی روند را می‌توان در سه مرحله «آشکارسازی»، «تعیین مقدار» و «الگوسازی» روند به انجام رساند. در مرحله آشکارسازی روند، به‌کارگیری منفرد یا توأم روش‌های ترسیمی و تحلیلی از رواج زیادی برخوردارند. آشکارسازی روند عناصر آب‌وهوایی ایران موردتوجه بسیاری از پژوهشگران ایرانی بوده است. در این میان آشکارسازی روند بارش ایران زمین به‌عنوان یک عنصر اقلیمی حساس به تغییر (پذیری) اقلیم، به‌وسیله اقلیم‌شناسان پرشماری واکاوی شده است. مطالعات در این زمینه را می‌توان به دو گروه تقسیم نمود؛ اول مطالعاتی که به روند بارش در نقاط منفرد توجه داشته‌اند (برای مثال مقیمی، ۱۳۷۸؛ عساکره، ۱۳۸۲؛ کاویانی و عساکره، ۱۳۸۴، بیش و همکاران، ۱۳۹۶) و دوم مطالعات متکی بر پایگاه داده‌ای یا تحلیل‌های پهنه‌ای که اخیراً رواج زیادی داشته است و آشکارسازی روند بارش را برای یک ناحیه از کشور (برای نمونه میرعباسی نجف‌آبادی و دین‌پژوه، ۱۳۹۱؛ دارند و همکاران، ۱۳۹۳؛ اکبری و نودهی، ۱۳۹۴؛ خوش‌رو و همکاران، ۱۳۹۶)، یا کل کشور (به‌عنوان نمونه غیور و مسعودیان، ۱۳۷۵؛ عساکره، ۱۳۸۶؛ کتیرایی، ۱۳۸۶؛ محمدی، ۱۳۹۰؛ اختصاصی و همکاران، ۱۳۹۴؛ ناظری تهرودی و همکاران، ۱۳۹۵) مورد آزمون قرار می‌داده‌اند.

آشکارسازی و مطالعه روند از جمله زمینه‌های مطالعاتی است که با افزایش داده‌های جوی تکرار گاه‌وبیگاه آن می‌تواند چشم‌انداز واقعی‌تری از شرایط اقلیمی آینده به دست دهد. علی‌رغم مطالعات پرشمار در آشکارسازی روند عناصر آب‌وهوایی و به‌ویژه بارش، نکته‌ای از تعریف اصطلاح «روند» می‌بایست با تأکید و تمرکز بیشتر موردتوجه قرار می‌گرفت. طبق تعریف (عساکره، ۱۳۹۶) تغییرات آرام، یکنواخت و درازمدت و نیز حالتی کمابیش پایدار از افزایش، کاهش، افزایش - کاهش توأم (سهمی) و یا ثبات در میانگین مشاهدات سری زمانی را «روند» می‌گویند. لفظ تغییر در «میانگین» و یا «متوسط» بیان‌گر این موضوع است که در واریس روند، توجهی به افت‌وخیزها نمی‌شود؛ بلکه تغییر عمومی میانگین‌ها در کانون توجه است. مسئله اصلی در این واقعیت منعکس می‌شود که در عمل اگرچه تمامی روش‌های تحلیل روند عناصر اقلیمی متأثر از رویدادهای فرین اقلیمی هستند، اما به خاطر طبیعت روش‌های تحلیل روند، این نحوه تأثیر فرین‌های اقلیمی مغفول می‌ماند؛ به‌عنوان یک مثال، گاه در یک سری زمانی اقلیمی ایستا، نظیر بارش سالانه یک ایستگاه فرضی، ممکن است در چند سال انتهایی خشکسالی یا ترسالی دوره‌ای (با دوره بازگشت طولانی‌تر از سری زمانی مورد بررسی) در مشاهدات رخ دهد. آنگاه سری زمانی مذکور براساس روش‌های رایج آشکارسازی روند، حاوی روند نشان داده خواهد شد. همچنین ممکن است سری مشاهدات بارش دارای روند

افزایشی (کاهش) باشد و در انتهای سری دوره کوتاه خشک (تر) رخ دهد. در این صورت روش‌های معمول تحلیل تغییرات بلندمدت، روند مشاهدات را آن‌گونه که واقعی است، نشان نمی‌دهند. این نوع از نتایج به‌ویژه در مشاهدات پرشمار و نیز در تحلیل‌های پهنه‌ای می‌تواند منشأ خطای محاسباتی و درنهایت نتایج توأم با خطا شود. در این صورت واکاوی توأم رویدادهای فرین بارشی و روند آن‌ها تصویری روشن‌تر از روند متوسط بارش ارائه خواهد نمود. طبق گزارش ارزیابی پنجم (AR5) «هیئت بین‌الدولی تغییر آب‌وهوا (IPCC)»^۱ (۲۰۱۳)، گرمایش جهانی طی دو سده اخیر تغییر در شدت، مدت و فراوانی رخداد‌های فرین اقلیمی را با الگوی جغرافیایی خاصی به همراه داشته است. رویدادهای فرین اقلیمی به برخی از رفتارهای ناگهانی، شدید و ناپایدار در سری‌های زمانی عناصر آب‌وهوایی گفته می‌شود که به شکلی غیرمترقبه دیده می‌شوند. این گونه رفتارها در منابع و مراجع مختلف با واژگانی نظیر «افت‌وخیز»^۲، «ناهنجاری»^۳، «ناپوستگی»^۴، «مشاهدات فرین»^۵، «رویدادهای فرین»^۶ و «رویداد تصادفی»^۷ نیز تعبیر می‌شوند. در واقع این گونه حرکت‌ها، الگوهای نسبتاً یکتا و تکرارناشدنی را منعکس می‌کنند. توجه کنید که «فرین» به انحراف مقادیر از یک آستانه ثابت اشاره دارد (عساکره، ۱۳۹۶) و از شرایط جوی است که برخی صفات آب‌وهوا در یک محل را شکل می‌دهد و خود نیز تحت تأثیر آب‌وهوای آن محل است. طبق تعریف «رویداد فرین جوی به حوادث نادر و دور از شرایط بهنجار گفته می‌شود (بارتولینی^۸ و همکاران، ۲۰۰۸) که در دنباله توزیع فراوانی و دور از نقطه تمرکز توزیع (میانگین و میانه) قرار گرفته باشد (عساکره، ۱۳۹۶)». برای بارش، این رویدادها به‌صورت رویدادهایی بسیار بزرگ (بارش‌های شدید، خیلی شدید و...) یا بسیار کوچک (فقدان بارش یا بارش کم‌مقدار و...) جلوه می‌کنند. شمار فعالیت‌های پژوهشی در زمینه تغییر (پذیری) فرین‌های آب‌وهوایی، به‌ویژه تغییر روند فرین‌های دما، بارش یا هر دو، از دهه آخر قرن بیستم تاکنون رو به فزونی نهاده است. در این راستا دانشمندان شاخه‌های مختلف دانش بشری نظیر آب‌وهواشناسان، هواشناسان، آب‌شناسان، بوم‌شناسان، دانشمندان علوم کشاورزی، زمین‌ریخت‌شناسان و ... ایرانی (تقوی و محمدی، ۱۳۸۶؛ عسکری و همکاران، ۱۳۸۶؛ منتظری، ۱۳۸۸؛ محمدی و مسعودیان، ۱۳۸۹؛ عساکره و همکاران، ۱۳۹۱؛ مسعودیان و دارند، ۱۳۹۲؛ دارند و همکاران، ۱۳۹۳؛ عساکره و حسینجانی، ۱۳۹۸؛ جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۹۹) به این پدیده‌ها توجه داشته‌اند.

در پژوهش حاضر تلاش می‌شود که با استفاده از نسخه سوم پایگاه داده‌ای اسفزاری، ضمن ارائه روند عمومی بارش سالانه ایران زمین طی دوره ۱۳۹۴-۱۳۴۹ جایگاه رویدادهای فرین در شکل‌گیری این روند بررسی شود.

1 Intergovernmental Panel on Climate Change

2 Fluctuation

3 Anomaly

4 Discontinuity

5 Extreme Values

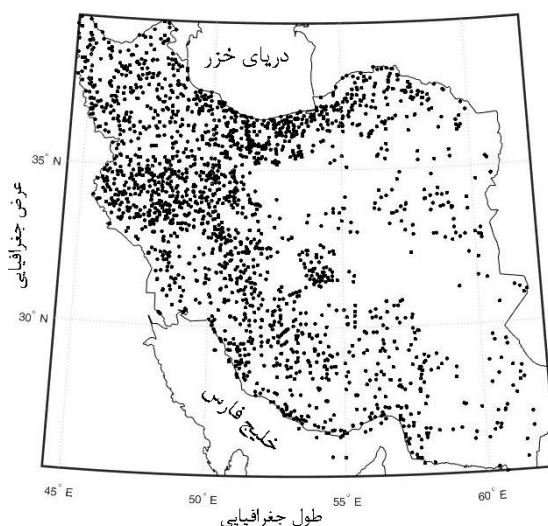
6 Extreme Events

7 Random Events

8 Bartolini

۲- داده‌ها و روش‌ها

برای انجام پژوهش حاضر از نسخه سوم پایگاه داده‌ای اسفزاری که حاصل میان‌یابی داده‌های بارش روزانه ۲۱۸۸ ایستگاه همدید، اقلیمی و باران‌سنجی سازمان هواشناسی (شکل ۱) است، استفاده شده است. این پایگاه داده با تفکیک مکانی ۱۰ کیلومتر و برای بازه زمانی ۱۳۴۹/۰۱/۰۱ تا ۱۳۹۴/۱۲/۲۹ (۴۶ سال و معادل ۱۶۸۰۱ روز) به وسیله مسعودیان (۱۳۹۸) تهیه شده است. با توجه به مختصات جغرافیایی ایران که بین مدار ۲۵ تا ۴۰ درجه شمالی و ۴۴ تا ۶۴ درجه شرقی قرار گرفته است، براساس بیضوی مرجع (WGS84) و تفکیک مکانی ده کیلومتر، شبکه جغرافیایی پایگاه داده به ابعاد ۱۶۷×۲۰۵ به دست آمد. تعداد کل یاخته‌های درون این شبکه که درون مرزهای خاک اصلی ایران جا می‌گیرد، ۱۶۲۰۳ تا است. از سوی دیگر با توجه به زمان آغاز و پایان پایگاه داده که مشتمل بر ۱۶۸۰۱ روز است، ابعاد نهایی پایگاه داده $۱۶۷ \times ۲۰۵ \times ۱۶۸۰۱$ است.



شکل ۱- توزیع مکانی ایستگاه‌های مورد استفاده در پایگاه داده‌ای بارش اسفزاری نسخه سوم (مسعودیان، ۱۳۹۸)

براساس پایگاه داده یاد شده ابتدا میانگین سالانه بارش برای کل دوره (۱۳۹۴-۱۳۴۹) محاسبه شد تا تصویری عمومی از توزیع مکانی بارش سالانه برای این دوره حاصل شود. سپس مجموع بارش سالانه برای هر سال و هریک از یاخته‌های نقشه تهیه شد. روند بارش سالانه و نیز میزان خطای حاصل از رد کردن فرض صفر (فقدان روند در مشاهدات) برای این یاخته‌ها محاسبه شد. این مقدار در ادبیات آماری به آماره P (P -Value) موسوم است (عساکره، ۱۳۹۰). بدین ترتیب نواحی توأم با روند معنی‌دار حاصل آمد. به منظور واری این واقعیت که روند حاکم بر بارش سالانه با عوامل مکانی - توپوگرافیک و یا با رویدادهای کلان اقلیمی در ارتباط است، از شگرد ضریب همبستگی استفاده شد. در این راستا چند مرحله محاسباتی بکار گرفته شد؛ ابتدا ضریب همبستگی روند بارش برای

کل کشور با موقعیت جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی) - عوامل توپوگرافیک (ارتفاع، شیب و جهت شیب) و نیز میزان بارش سالانه برآورد گردید. سپس ضریب همبستگی نواحی از کشور که روند معنی دار داشته اند، با موقعیت جغرافیایی - عوامل توپوگرافیک و نیز میزان بارش محاسبه شد. در هریک از این مراحل ضریب همبستگی برای کل نواحی (صرف نظر از روند مثبت یا منفی (افزایشی یا کاهش))، یکبار برای نواحی توأم با روند مثبت و یکبار برای نواحی توأم با روند منفی که روند آن‌ها معنی دار بود، به طور جداگانه برآورد شد. علاوه براین، در هر بار محاسبه، ضریب همبستگی معمولی و ضریب همبستگی جزئی (عساکره، ۱۳۹۰) برآورد گردید. در مرحله بعد، تلاش شد نقش تغییرات بارش‌های فرین و نیز بارش‌های بهنجار در تکوین روند بارش کشور بررسی شود. از مسائل اولیه و اساسی در مطالعه فرین‌های آب‌وهوایی ارائه یک تعریف معقول و مقبول از پدیده مورد بررسی است (عساکره، ۱۳۹۶). در این میان از نمایه‌های پرکاربرد، با عنوان نمایه‌های چندکی استفاده شد. این نمایه‌ها به وسیله کمیته مشترک آب‌وهواشناسی سازمان جهانی هواشناسی (CCL)^۱ برنامه پژوهش در آب‌وهوای جهان (WCRR)^۲ مربوط به طرح قابلیت پیش‌بینی و تغییرپذیری آب‌وهوا (CLIVAR)^۳ متشکل از گروه متخصصان پیش‌بینی، پایش و نمایه‌های تغییر آب‌وهوا (ETCCDMI)^۴ به منظور مطالعه و تعیین نمایه‌های فرین آب‌وهوایی که در سال ۱۹۹۸ شکل گرفت، اخذ شده است.^۵ این تشکیلات نمایه‌های فرین تغییر آب‌وهوا را برای دما و بارش روزانه، در مقیاس‌های جهانی و ناحیه‌ای، استخراج و معرفی کرد. نتایج بررسی اجرا شده به وسیله این کارگروه در گزارش‌های هیئت بین‌الدولی تغییر آب‌وهوا (۲۰۰۷ و ۲۰۰۱) ارائه شده است. در پژوهش حاضر برای بررسی روزهای توأم با فرین‌های بارشی و بارش‌های بهنجار و بررسی نقش بارش‌های فرین بالا و پایین و نیز بارش‌های بهنجار بر تغییرات بلندمدت بارش از نمایه‌های ارائه شده به وسیله این مرجع استفاده شد؛ بنابراین متوسط شمار روزها و نیز روند تغییرات سالانه سه گروه بارشی زیر محاسبه، به شکل ترسیمی ارائه و به لحاظ کمی بررسی شد:

- ۱- شمار روزهای توأم با بارش‌های کم مقدار (شامل روزهای بدون بارش، روزهای با بارش برابر یا کم‌تر از صدک دهم و روزهای توأم با بارش برابر یا کم‌تر از صدک بیست و پنجم)
- ۲- شمار روزهای توأم با بارش‌های پرمقدار (شامل روزهای با بارش برابر یا بیش‌تر از صدک هفتاد و پنجم و صدک نودم)
- ۳- شمار روزهای توأم با بارش‌های بهنجار (شامل روزهای با بارش بین صدک بیست و پنجم و صدک هفتاد و پنجم و نیز روزهای توأم با بارش)

1 The Joint World Meteorological organization commission for climatology

2 World Climate Research Program

3 Climate Variability and Predictability

4 Expert Team on Climatic Change Detection, Monitoring and Indices

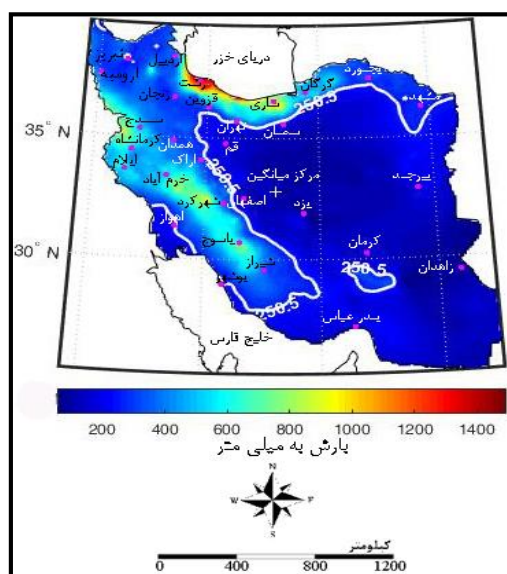
5 شناخت دقیق‌تر تشکیلات و اطلاعات تکمیلی مربوط را می‌توان از نشانی زیر دریافت نمود <https://www.wcrp-climate.org/etccdi>

دو ویژگی؛ شامل میانگین بلندمدت رخداد بارش‌های کم‌مقدار، پرمقدار و بهنجار و نیز روند بلندمدت آن‌ها، محاسبه و به شکل ترسیمی ارائه و به لحاظ کمی بررسی شد. فرین‌های بارشی به لحاظ تأثیر آن‌ها بر روند عمومی بارش به‌وسیله تعداد معدودی از پژوهشگران موردتوجه بوده است. در این میان برای مثال اکبری و نودهی (۱۳۹۴) ارتباط مؤثر بارش‌های فرین در روند تابستانه بارش استان گلستان را مورد اشاره قرار داده‌اند. از این‌رو کمبود مطالعه این زمینه پژوهشی ضرورت این بخش از بررسی‌ها را توجیه می‌کند.

۳- یافته‌ها

۳-۱- ویژگی‌های عمومی بارش

شکل ۲ توزیع مکانی متوسط بارش سالانه ایران را نشان می‌دهد. میانگین بارش سالانه ایران به‌وسیله خط هم‌ارزش ۲۵۰/۵ میلی‌متر در شکل ۲ مشخص شده است.



شکل ۲- توزیع مکانی مجموع سالانه بارش ایران طی دوره ۱۳۹۴-۱۳۴۹

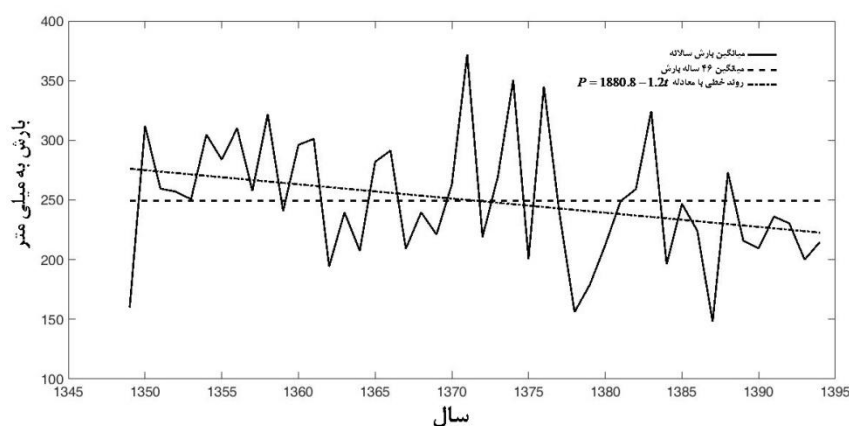
تهیه و ترسیم: نگارندگان

در ایران‌زمین روند عمومی کاهش میزان بارندگی از غرب به شرق و شمال به جنوب است؛ زیرا در این مسیر از انرژی و باران‌زایی چرخندهای مدیترانه‌ای (به‌عنوان عمده‌ترین منبع تأمین بارش ایران) به دلیل کاهش تضاد گرمایی و تحلیل و تضعیف جبهه‌های آن‌ها از غرب به شرق رو به نقصان می‌گذارد. همچنین اثر بادپناهی زاگرس - البرز نیز

در این روند مکانی نقش چشم گیری دارد. از آنجاکه توان چرخندهای باران زای یاد شده در ارتباط با ارتفاع تغییر می یابد، اصولاً تغییرات مکانی بارش با ناهمواری های اصلی ایران زمین هماهنگی نسبی خوبی نشان می دهد (کاوایانی، ۱۳۷۲). بدین دلیل شیو بارش به موازات ارتفاعات در غرب و به ویژه بخش وسیعی در شمال کشور به خوبی مشخص است (شکل ۲). عموماً و براساس مرکز میانگین و نیز همبارش میانگین بارش کشور، ارائه شده در شکل ۱، می توان دریافت که مجموع بارش حدود $63/2$ درصد از مساحت کشور (نواحی توأم با بارش کم تر از میانگین با متوسط بارش $150/5$ میلی متر است). با مجموع بارش $36/8$ درصد از مساحت کشور (نواحی توأم با بارش بیشتر از میانگین با متوسط بارش 422 میلی متر است). برابر است. اگر طبق تعریف غیور و مسعودیان (۱۳۷۵) بیش از 800 میلی متر بارش را ملاک بخش پربارش بدانیم، تنها $1/22\%$ از مساحت کشور پربارش است. میانگین بارش این پهنه از کشور $995/1$ میلی متر (کرانه های خزر و بلندترین ارتفاعات زاگرس، از مریوان تا یاسوج) است.

۳-۲- تغییرات بلندمدت (روند) مجموع بارش سالانه

میانگین پهنه ای بارش برای دوره $1349-1394$ محاسبه شد. نمودار سری زمانی میانگین مذکور، میانگین بلندمدت پهنه ای ($250/5$ میلی متر) و نیز خط حاصل از برازش معادله خط روند در شکل ۳ ارائه شده است:



شکل ۳- برخی ویژگی های سری زمانی میانگین پهنه ای بارش کشور برای دوره $1349-1394$

تهیه و ترسیم: نگارندگان

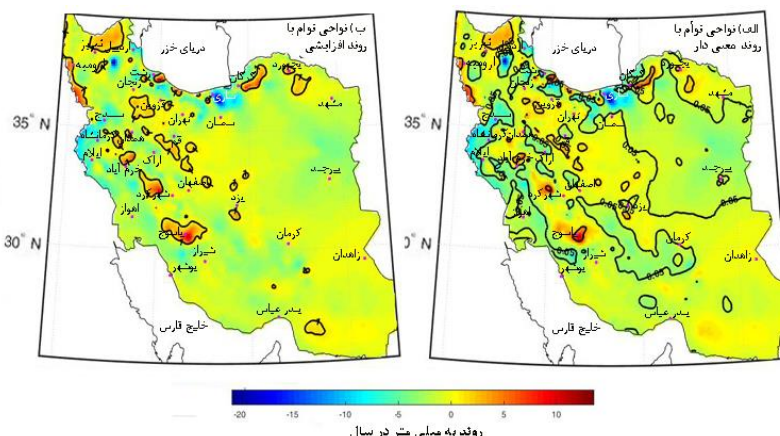
چند نکته مهم از این نمودار قابل استنباط است:

- ۱- میانگین بارش سالانه کشور حاوی سه فاز عمده بوده است. فاز نخست از سال 1349 تا سال 1361 (به جز برای سال 1349 با $159/9$ میلی متر) یک دوره پربارش است. میانگین بارش این دوره $273/5$ میلی متر (حدود 23 میلی متر بیش از میانگین 46 ساله) است. فاز دوم از 1362 تا 1378 حاکم بوده است. در این فاز بارش

سالانه حول خط میانگین نوسان داشته است. این فاز به لحاظ میزان پراش، به دو قسمت تقسیم می‌شود؛ قسمت اول از سال ۱۳۶۲ تا ۱۳۷۰ با غلبه مقادیر کم‌تر از میانگین کل (با میانگین ۲۳۸/۶) و با پراش ۱۱۷۳ مشخص می‌شود. قسمت دوم از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۷۸ عمدتاً با نوسانات بزرگ‌تر در بالای میانگین (به‌ترتیب با میانگین و پراش ۲۶۹/۱ و ۶۲۵۵/۳) مشخص می‌شود. فاز سوم (۱۳۹۴-۱۳۷۹) دوره کاهش بارندگی است. در این دوره میانگین بارش ۲۲۶/۲ میلی‌متر بوده است.

۲- روند بارش سالانه با معادله خط روند $P = 1880.8 - 1.2t$ (در اینجا t زمان و P بارش است)، کاهش میانگین بارش سالانه کشور (حدود ۱/۲ میلی‌متر در سال) را طی دوره آماری نشان می‌دهد. این معادله خط، در هر سطح دلخواه معنی‌دار است. برای شناسایی نواحی که در این روند کاهشی نقش داشته‌اند، روند تغییرات بارش سالانه کشور برای دوره آماری ۱۳۹۴-۱۳۴۹ محاسبه شد. برای ارائه نواحی توأم با روند بلندمدت بارش، شکل ۴-الف ارائه شده است. در این شکل میزان تغییر سالانه بارش (میلی‌متر در سال) با پس‌زمینه رنگی و نواحی که در سطح ۹۵ درصد اطمینان (۵ درصد خطا) به لحاظ آماری معنی‌دار بوده‌اند با خط هم‌چند ۰/۰۵ مشخص و احاطه شده است. نواحی که تغییرات سالانه بارش به لحاظ آماری معنی‌دار نیست، خارج از پهنه معنی‌داری ۰/۰۵ قرار گرفته‌اند. می‌توان دید که مجموع بارش سالانه با شدت و ضعف و نیز با علامت‌های متفاوتی (عمدتاً منفی) در سطح کشور تغییر یافته است.

برای تشخیص نواحی توأم با تغییرات معنی‌دار بارش طی دوره مورد مطالعه، نقشه حاصل از محاسبات برای تغییرات مثبت (روند افزایشی بارش) در شکل ۴-ب ارائه شده است. نواحی مزبور به وسیله میزان هم‌تغییر حداقل ۱ میلی‌متر در سال و پربندهای مربوط مشخص شده است.



شکل ۴- توزیع مکانی روند تغییرات بارش سالانه ایران (میلی‌متر در سال) برای دوره ۱۳۹۴-۱۳۴۹ و نواحی

توأم با تغییرات معنی‌دار و فاقد معنی آماری

تهیه و ترسیم: نگارندگان

می توان دید که روند تغییرات در بخش عمده‌ای (حدود ۸۰/۹ درصد) از مساحت کشور کاهشی بوده است و تنها بخش محدودی از مساحت کشور (حدود ۱۹ درصد) روند افزایشی را تجربه کرده است. شایان توجه است که تنها حدود ۳۳/۵۸ درصد پهنه‌های توأم با روند کاهشی به لحاظ آماری و در سطح اعتماد ۹۵ درصد و بالاتر معنی‌دار بوده است. نواحی توأم با روند مثبت و به لحاظ آماری معنی‌دار، حدود ۲/۹۳ درصد از کشور را دربر می‌گیرند. این نواحی با گسستگی مکانی و به صورت هسته‌هایی بعضاً در درون نواحی توأم با روند منفی دیده می‌شوند.

توزیع جغرافیایی نواحی توأم با روند منفی در چهار ناحیه زیر قابل ردیابی است:

ناحیه اول: این ناحیه گسترده‌ترین ناحیه و در شمال شرق و بخش‌هایی از شرق ایران قرار دارد و تا کوه‌های البرز مرکزی - شرقی امتداد دارد. به طوری که ایستگاه‌های بیرجند تا ساری در آن قرار گرفته است.

ناحیه دوم: این ناحیه شامل پیشکوه‌های داخلی زاگرس و پهنه‌ای ممتد از استان کرمان تا استان‌های اصفهان، چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه بویراحمد است. همچنین پهنه‌هایی محدود و به شکل گسسته از شمال اصفهان تا همدان نیز در این ناحیه قرار دارد.

ناحیه سوم: ناحیه سوم از غرب شیراز و شمال بوشهر آغاز می‌شود و در بین مرز غربی و پیشکوه‌های خارجی زاگرس تا شمال سندج امتداد می‌یابد. این ناحیه در بخش جنوبی، در خوزستان، عریض‌تر و به سمت شمال - غرب کم‌وسعت‌تر، اما با روند کاهشی شدیدتر دیده می‌شود.

ناحیه چهارم: شامل هسته‌های پراکنده در بخش‌های جنوبی و شرقی ناحیه شمال غرب ایران و محدوده کوچکی از سواحل شمالی (مجاور با ایستگاه‌های ارومیه، زنجان، تبریز، قزوین، رشت) است.

عموماً نیمه جنوبی ایران از جمله نواحی توأم با روند کاهشی بارش است. این کاهش بعضاً به لحاظ آماری معنی‌دار و در بسیاری موارد فاقد معنی آماری هستند. از آنجاکه سامانه‌های تأمین کننده رطوبت و تأثیرگذار بر بارش این ناحیه از پهنه‌های آبی نزدیک (خلیج فارس و دریای عمان) و دور (اقیانوس هند، خلیج بنگال، دریای سرخ و مدیترانه) تغذیه می‌شوند (علیجانی، ۱۳۹۵؛ رسولی و همکاران، ۱۳۹۰)، الگوهای بارشی این ناحیه از کشور متأثر از تعامل عوامل و فرایندهای محلی و عناصر گردشی جو، با نقش آفرینی متفاوت هستند. به نظر می‌رسد الگوهای پربارش مناطق جنوبی در حال عقب‌نشینی است. در شمال شرق ایران نیز تغییر سازوکار پرفشار سیبری (سahsamanoglu^۱، ۱۹۹۱) به عنوان عامل فعال در تولید بارش‌های جبهه‌ای (علیجانی، ۱۳۹۵)، در کاهش بارندگی مؤثر بوده است. در طی سال‌های اخیر جابه‌جایی سامانه‌های باران‌زای مدیترانه‌ای به سمت عرض‌های شمالی‌تر (آلپرت^۲، ۱۹۹۰؛ آلپرت، ۲۰۰۴؛ آناگنوس‌توپولا^۳، ۲۰۰۶) از عوامل مؤثر در تکوین روند کاهشی بارش در حاشیه غربی -

1 Sahsamanoglu

2 Alpert

3 Anagnostopoulou

جنوب غربی کشور بوده است. هسته‌های پراکنده ناحیه چهارم نیز عمدتاً نواحی توأم با بارش‌های همرفتی است. احتمالاً تغییر در سازوکار این بارش‌ها (عساکره^۱، ۲۰۱۷؛ عساکره، ۲۰۲۰) کاهش بارندگی را به دنبال داشته است. طبق شکل ۴ - ب توزیع جغرافیایی هسته‌های توأم با روند مثبت بارش در امتداد سه ناحیه به شرح زیر قابل ردیابی هستند:

ناحیه شمالی: بخشی از این ناحیه از بخش میانی تا شرقی شمال ناحیه آذربایجان ایران را دربر می‌گیرد. در شرق رشت، لاهیجان، گرگان، بجنورد و جنوب بجنورد می‌توان هسته‌های پراکنده شمالی را نیز دید.

ناحیه پیشکوه‌های داخلی زاگرس: این ناحیه از غرب قزوین تا اطراف یزد به شکل هسته‌هایی که گستره آن‌ها کوچک‌تر می‌شود، با روند مجموع سالانه بارش افزایشی مشاهده می‌شوند.

ناحیه مرتفع غربی: این ناحیه شامل هسته‌هایی بر زاگرس مرتفع و نیز بخش غربی مرز ایران - ترکیه از ارومیه تا شمال سنندج است.

سازوکارهای متنوع باران‌زایی و منابع متنوع رطوبتی برای هریک از این سه ناحیه از دلایلی احتمالی روند افزایشی بارش در این سه بخش است. احتمالاً افزایش فراوانی عبور یا تشکیل سامانه‌های همدید در این بخش از کشور طی سال‌های اخیر (آلپرت، ۱۹۹۰؛ آلپرت، ۲۰۰۴؛ آناگنوس توپولا، ۲۰۰۶) روند افزایشی نقاط مختلف این بخش را توجیه می‌کند. مطالعات احمدی و داداشی (۱۳۹۵: ۴۷۷) نیز نشان داد که قرارگیری در مسیر چرخندهای مدیترانه‌ای و نیز ارتفاع نسبتاً قابل توجه، از عوامل عمده افزایش بارندگی در بخش‌های مرتفع نیمه غربی کشور است. تغییرات بارش در نیمه غربی کشور تحت تأثیر تغییرات فشار جو در منطقه شرق مدیترانه در ترازهای بالایی جو (۳۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال) قرار دارد. همچنین آرایش ارتفاعات و دوری و نزدیکی به دریا در توزیع بارش این نواحی از کشور نقش مهمی دارد. کم فشارهای سودانی از عوامل مهم باران‌زا در کوه‌های زاگرس هستند که تحت تأثیر اثر بادپناهی در دامنه‌های مختلف زاگرس متفاوت عمل می‌کنند. متفاوت بودن روند بارش در دامنه‌های مختلف زاگرس را می‌توان به سازوکار فوق نسبت داد. همچنین تغییر سازوکارهای بارش‌زای ایران طی دهه‌های اخیر از عوامل مؤثر بر روند مثبت بارش در بخش‌هایی از کشور است. مطالعات انجام شده توسط لشکری و همکاران (۱۳۹۵) بر روی سامانه پرفشار عربستان گویای تغییرات مکانی این سامانه در دهه‌های اخیر است. روند ورود سامانه‌هایی با منشأ سودانی به منطقه جنوب غرب ایران از گذشته تا به امروز روبه افزایش است. افزایش چند درصدی فعالیت سامانه سودانی نشانی از تغییر مثبت بارش در بخش‌هایی (غالباً مرتفع) از جنوب غرب ایران است. علاوه بر این کیانی و همکاران (۱۳۹۸) براساس سه مطالعه موردی نشان دادند که عوامل گرمایی حاصل از سامانه‌های سودانی موجبات کاهش ارتفاع جو، شکل‌گیری تاوایی مثبت و حرکات صعودی می‌شود. در ترازهای میانی جو شرایط ترمودینامیکی

مناسب برای باران‌زایی مهیا می‌شود. این ویژگی‌ها افزایش بارش به‌ویژه در ناحیه مرتفع و پرشیب زاگرس را به همراه دارد. به‌جز نواحی یاد شده در بالا که با روند مثبت و منفی معنی‌دار توأم بوده است، بقیه نواحی کشور طی دوره آماری مورد بررسی با ایستایی نسبی و یا روند فاقد معنی آماری در مجموع بارش سالانه مواجه بوده‌اند.

۳-۳- نقش موقعیت جغرافیایی - عوامل توپوگرافیک بر روند میانگین بارش سالانه

تباین نواحی به لحاظ نوع روند حاکم بر مشاهدات (افزایشی، کاهش و ایستا)، در مطالعات پیشین نیز مشاهده شده‌اند. برای مثال عسگری و همکاران (۱۳۸۵) با بررسی وردش‌پذیری ویژگی‌های بارش ایران دریافتند که هر دو نوع روند، کاهش و افزایشی، در مجموع بارش سالانه ایستگاه‌های همدید کشور رخ داده است. ایشان براین باورند که سری‌های زمانی بارش در کشور رفتار یکسانی نداشته‌اند. عساکره (۱۳۸۶: ۱۵۶-۱۵۸) نیز دریافت که حدود ۵۱/۴ درصد از مساحت کشور در معرض تغییرات بلندمدت منفی بارش بوده است. این تغییرات عمدتاً در نواحی کوهستانی و نیز نیمه‌غربی کشور رخ نمود بیشتری داشته است. براساس یافته‌های عساکره (۱۳۸۶: ۱۵۶) عموماً نواحی پر بارش‌تر متحمل تغییر بیشتری نیز بوده‌اند.

مشاهده هر دو روند کاهش و افزایشی در بارش سالانه ایران‌زمین علاوه بر این‌که بیان‌گر پیچیدگی عنصر بارش است، نشان‌دهنده تأثیر متقابل و قابل ملاحظه سامانه‌های باران‌زا در مقیاس‌های همدید و نیز تأثیر فرم‌ها و فرایندها در مقیاس محلی بر تغییرات سازوکار سامانه‌های باران‌زا می‌باشد. البته تباین نواحی به لحاظ نوع روند حاکم بر مشاهدات (افزایشی، کاهش و ایستا)، در ارتباط با بیرونی یا درونی بودن منشأ روند (نقش عوامل محلی و یا عوامل بزرگ‌مقیاس)، مورد بحث فراوان است. بدین ترتیب و به‌منظور واری این واقعیت که روند حاکم بر بارش سالانه با عوامل مکانی - توپوگرافیک و یا با رویدادهای کلان اقلیمی در ارتباط است، از شگرد ضریب همبستگی استفاده شد. نتایج در جدول ۱ ارائه شده است.

می‌توان دید که رابطه میزان روند بارش کل کشور با متغیرهای مکانی - توپوگرافیک (صرف‌نظر از معنی‌داری و نیز مثبت یا منفی بودن و نیز چه به‌صورت معمولی و جزئی) بسیار کم است. با تفکیک روند مثبت و منفی نقش طول جغرافیایی (به‌ویژه در همبستگی معمولی) نمایان‌تر می‌شود؛ به‌طوری‌که از این همبستگی و نیز از نقشه ارائه شده در شکل ۴ می‌توان استنباط کرد به سمت شرق روند مثبت کاسته شده و بر روند منفی افزوده می‌شود. در این شرایط نقش عرض جغرافیایی نیز تا حدودی افزایش می‌یابد. باین‌وجود به نظر می‌رسد که عموماً متغیرهای مکانی اثرات ناچیزی بر روند بلندمدت مجموع بارش سالانه داشته‌اند. از میان متغیرهای توپوگرافیک تنها ارتفاع نقش ناچیزی بر روندهای مثبت داشته است. این امر بر این واقعیت دلالت دارد که علی‌رغم اثرات ناچیز موقعیت جغرافیایی - عوامل توپوگرافیک، عموماً روند تغییرات بارش مستقل از عوامل محلی شکل گرفته است و اثرات ناحیه‌ای که حاصل تأثیر عوامل موقعیت جغرافیایی - عوامل توپوگرافیک است، تنها نوع (مثبت یا منفی) و نیز شدت (میزان تغییر در سال)

روند مجموع سالانه بارش را (به شکل جزئی) متأثر می‌سازد. رابطه روند مجموع بارش سالانه و میزان بارش سالانه نیز تأییدی بر این واقعیت است. این رابطه نسبت به روابط یاد شده در بالا، رابطه‌ای قوی‌تر است؛ بنابراین به نظر می‌رسد که عوامل کنترل‌کننده بارش در تغییرات بلندمدت آن نقش بیشتری از عوامل محلی داشته‌اند. این امر در یک برآورد تقریبی و نسبی موجب شده است برای نواحی پربارش، روند افزایشی بارندگی و برای نواحی کم‌بارش، روند کاهشی بارندگی را به دنبال داشته است. این واقعیت را می‌توان از علائم همبستگی (مثبت و منفی) و نیز از شکل ۴ استنباط نمود.

جدول ۱- رابطه (معمولی و جزئی) روند عمومی بارش با عوامل مکانی - توپوگرافیک در ایران برای دوره

۱۳۹۴-۱۳۴۹

نوع روند	محدوده توأم با روند ...	نوع همبستگی	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	شیب	جهت شیب	مقدار بارش
روند عمومی	مثبت و منفی	معمولی	۰/۱۰۴۱	۰/۰۰۱۲	۰/۰۷۲۸	-۰/۰۲۴۱	-۰/۰۵۸۲	-۰/۲۸۱۳
		جزئی	-۰/۰۲۹۸	-۰/۰۷۴	۰/۱۰۹۴	۰/۰۳۴۲	-۰/۰۶۰۳	-۰/۱۴۶۷
	مثبت	معمولی	-۰/۳۵۳۹	۰/۲۶۱۷	۰/۲۳۶۸	۰/۲۴۸۲	۰/۰۲۴۴	۰/۶۰۲۲
		جزئی	۰/۰۲۶۴	۰/۰۴۵۶	۰/۰۸۷۱	-۰/۰۱۸۶	۰/۰۰۰۷	۰/۴۹۹۳
	منفی	معمولی	۰/۳۱۰۸	-۰/۲۸۲۸	-۰/۰۶۵۳	-۰/۰۵۴۹	-۰/۰۶۹۴	-۰/۴۹۵۸
		جزئی	-۰/۰۲۵۴	-۰/۱۴۴۰	۰/۰۴۹۶	۰/۰۳۰۳	-۰/۰۵۳۵	-۰/۳۹۰۹
روند معنی‌دار	مثبت و منفی	معمولی	۰/۱۰۴۱	۰/۰۰۱۲	۰/۰۷۲۸	-۰/۰۲۴۱	-۰/۰۵۸۲	-۰/۲۸۱۳
		جزئی	-۰/۰۸۰۴	۰/۰۹۸۱	۰/۰۹۳۸	۰/۰۳۳۰	-۰/۰۳۹۸	-۰/۲۹۵۱
	مثبت	معمولی	-۰/۰۶۵۲	-۰/۲۲۱۷	۰/۰۷۴۴	۰/۱۹۳۳	-۰/۰۲۸۶	۰/۸۰۳۲
		جزئی	۰/۰۲۰۱	-۰/۲۰۲۹	۰/۲۱۳۹	-۰/۰۳۴۲	۰/۱۰۴۰	۰/۸۱۳۹
	منفی	معمولی	۰/۴۲۱۵	-۰/۲۲۹۳	-۰/۰۴۹۶	-۰/۱۳۹۷	۰/۰۵۲۱	-۰/۷۳۷۹
		جزئی	-۰/۰۶۰۸	۰/۰۰۷۳	-۰/۰۰۲۹	۰/۰۱۵۰	-۰/۰۲۱۱	-۰/۶۴۴۸

مأخذ: نگارندگان

محاسبات بالا برای نواحی توأم با روند معنی‌دار نیز در جدول ۱ ارائه شده است. با توجه به نتایج این محاسبات می‌توان اتقان و استحکام یافته‌ها را با اطمینان بیشتری دریافت. همان‌گونه که دیده می‌شود، عوامل محلی رابطه ضعیفی را با روند تغییرات معنی‌دار بارش در کشور نشان می‌دهند، درحالی‌که میزان بارش رابطه قوی‌تری را ارائه می‌دهد؛ بنابراین می‌توان استنباط کرد که تغییرات بلندمدت (روند) مجموع سالانه بارش در نواحی مختلف کشور حاصل رویدادهایی فراتر از عوامل محلی مستقر در کشور است و نقش موقعیت جغرافیایی - عوامل توپوگرافیک در ایجاد تباین‌های ناحیه‌ای روند نمایان‌تر است.

۳-۴- تغییر حجم آب ورودی به سامانه آب‌شناختی کشور

در جدول ۲، برآورد تقریبی از میزان تغییر (کاهشی و افزایشی) بارش، گستره نواحی توأم با تغییر و در نتیجه تغییر آب ورودی به منابع آب کشور ارائه شده است.

جدول ۲- برآورد تقریبی از میزان تغییر بارش، گستره نواحی توأم با تغییر و تغییر حجم آب ورودی به کشور در ارتباط با تغییر بارش

روند افزایشی					روند کاهشی				
میزان روند (میلی متر در سال)	تغییر براساس رگرسیون خطی (میلی متر در سال)	پهنه زیر پوشش (کیلومتر مربع)	پهنه زیر پوشش (درصد)	افزایش سالانه حجم آب معادل بارش (مترمکعب)	میزان روند (میلی متر در سال)	تغییر براساس رگرسیون خطی (میلی متر در سال)	پهنه زیر پوشش (کیلومتر مربع)	پهنه زیر پوشش (درصد)	کاهش سالانه حجم آب معادل بارش (مترمکعب)
۰ تا ۱	۰/۹	۲۳۰۹۱	۱/۴	$۲/۰۶۵۶ \times ۱۰^۷$	۱-۲	۱/۵	۱۸۷۶۷۶	۱۱/۴	$۲/۸۷۷۲ \times ۱۰^۸$
۱ تا ۲	۲/۸	۲۵۳۲۸۷	۱۵/۴	$۷/۱۳۳۹ \times ۱۰^۸$	۲-۴	۴/۸	۵۵۰۳۱	۳/۳	$۲/۶۴۲۵ \times ۱۰^۸$
۲ تا ۴	۶/۸	۱۸۱۰۶	۱/۱	$۱/۲۳۸۳ \times ۱۰^۸$	۴-۶	۸/۹	۸۴۴۳	۰/۵	$۷/۴۹۱۹ \times ۱۰^۷$
۴ تا ۶	۱۰/۷	۲۱۳۶	۰/۱	$۲/۲۹۵۵ \times ۱۰^۷$	۶-۸	۱۳/۲	۸۱۳	۰/۵	$۱/۰۷۲۳ \times ۱۰^۷$
۶ تا ۸	۱۴/۸	۵۰۸	۰/۰۳	$۷/۵۵۵۲ \times ۱۰^۶$	۸-۱۰	۱۶/۹	۸۱۳	۰/۰۵	$۱/۳۷۲۰ \times ۱۰^۷$
۸ تا ۱۰	۱۸/۵	۲۰۳	۰/۰۱	$۳/۷۷۳۵ \times ۱۰^۶$	۱۰ تا ۱۲	۲۰/۸	۲۰۳	۰/۰۱	$۴/۲۲۴۵ \times ۱۰^۶$
۱۰ تا ۱۲	۲۰/۸	۵۵۰۳۱۰	۳۳/۵۳	$۱/۵۴۷۷ \times ۱۰^۹$	۱۲ تا ۱۴	-	-	-	-
۱۲ تا ۱۴	-	-	-	-	۱۴ تا ۱۶	-	-	-	-
۱۴ تا ۱۶	-	-	-	-	۱۶ تا ۱۸	-	-	-	-
۱۶ تا ۱۸	-	-	-	-	۱۸ تا ۲۰	-	-	-	-
۱۸ تا ۲۰	-	-	-	-	۲۰ تا ۲۲	-	-	-	-
۲۰ تا ۲۲	-	-	-	-	مجموع	-	-	-	-

مأخذ: نگارندگان

می‌توان دید که روند کاهشی با مقدار ۴-۱ میلی متر در سال، گستره وسیعی (حدود ۲۶/۸ درصد) از کشور را دربر می‌گیرد. به‌طور کلی روند کاهشی بارش باعث کاهش آب حاصل از نزولات جوی به میزان حدود ۱/۵ میلیارد مترمکعب شده است. اگرچه نواحی توأم با روند افزایشی موجبات فراهم نمودن حدود ۱۵۰/۲۹ میلیون مترمکعب آب شده‌اند، اما تفاضل این دو مقدار (حدود ۱/۴ میلیارد مترمکعب)، برتری کاهش حجم آب رسیده به کشور را

نشان می‌دهد. عساکره و ترکارانی (۱۳۹۹) رویه برآورد و جدولی مشابه برای دوره آماری ۱۳۸۹-۱۳۴۰ و بر پایه پایگاه داده‌ای اسفزاری نسخه ۲ (با تفکیک مکانی ۱۵ کیلومتر) ارائه کرده‌اند. برآوردهای ایشان براساس تفکیک زمانی و مکانی متفاوت و نیز براساس محاسبات ناپارامتری روند حاصل شده است. ایشان کاهش سهم آب کشور از نزولات جوئی را براساس متوسط ۲ میلی متر کاهش سالانه بارش، حدود $10^9 \times 3/29639$ مترمکعب برآورد کردند.

۳-۵- ویژگی‌های عمومی و روند فرین‌های بارش ایران

متوسط شمار روزها و نیز روند تغییرات سالانه نمایه‌های فرین بالا، نمایه‌های فرین پایین و بارش‌های بهنجار در شکل‌های ۵، ۶ و ۷ و نیز برخی ویژگی‌های مرتبط در جدول ۳ عرضه شده است.

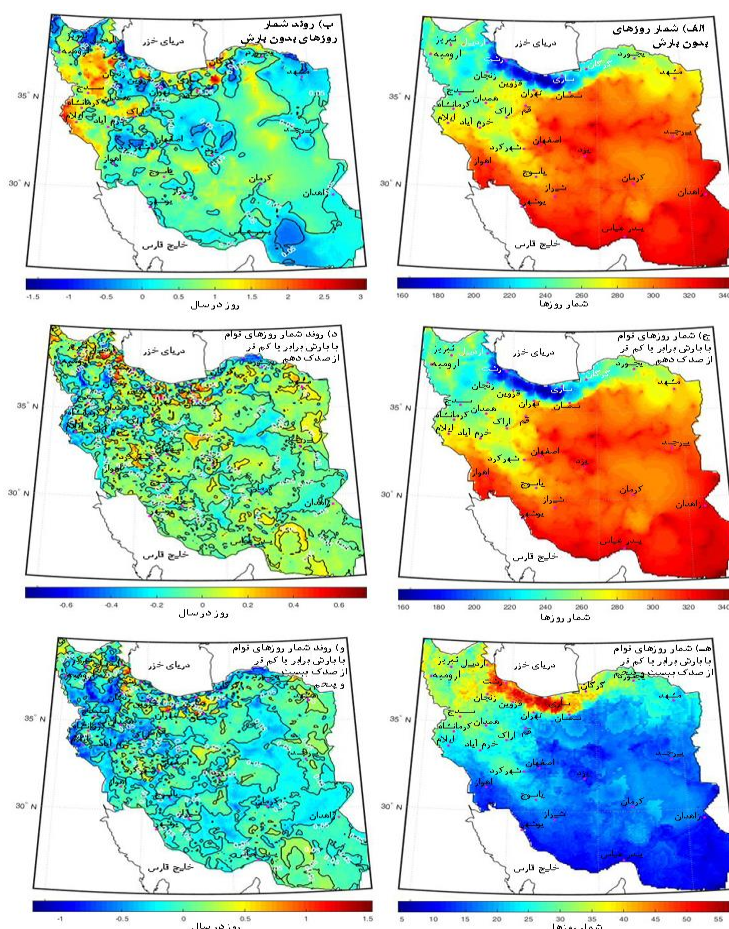
جدول ۳- گروه‌های بارشی فرین، گستره توأم با روند معنی‌دار آن‌ها و رابطه آن‌ها با میزان بارش سالانه ایران

برای دوره ۱۳۹۴-۱۳۴۹

گروه‌های بارشی	پهنه توأم با روند کاهشی (%)	پهنه توأم با روند افزایشی (%)	ضریب همبستگی با میزان بارش
کم‌مقدار	روزهای بدون بارش	۴/۳۸	۵۹/۷۲
	روزهای توأم با بارش برابر یا کم‌تر از صدک ۱۰	۳۱/۶۵	۱۰/۸۲
	روزهای توأم با بارش برابر یا کم‌تر از صدک ۲۵	۳۹/۸۹	۱۰/۴۹
پرمقدار	روزهای توأم با بارش برابر یا بیش‌تر از صدک ۷۵	۳۷/۱۵	۲/۴۹
	روزهای توأم با بارش برابر یا بیش‌تر از صدک ۹۰	۲۱/۴۵	۵
بهنجار	روزهای توأم با بارش بین صدک ۲۵ و ۷۵	۵۴/۰۱	۵/۴۶
	روزهای توأم با بارش	۵۹/۷۶	۴/۳۱

مآخذ: نگارندگان

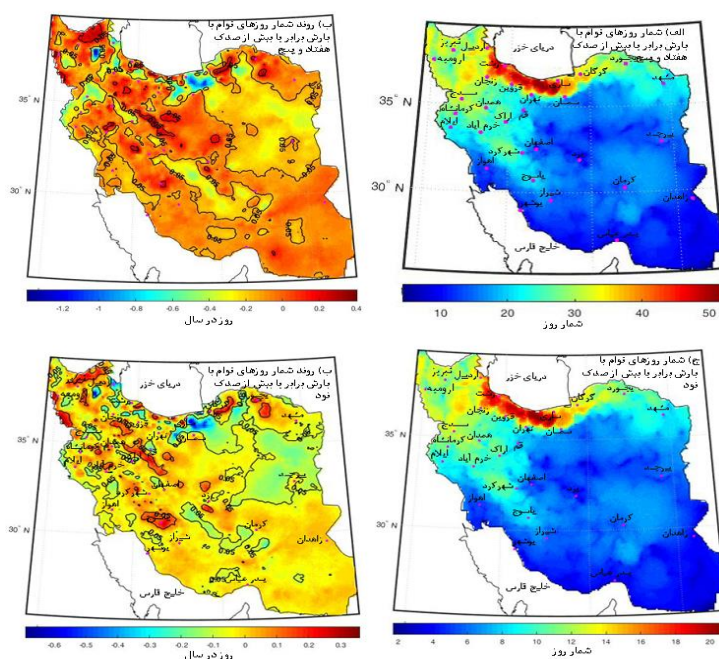
میزان گستره تحت تأثیر هریک از گروه‌های بالا با روند معنی‌دار (کاهشی یا افزایشی) در جدول ۳ (ستون ۳ و ۴) ارائه شده است. همچنین ضریب همبستگی هر یک از گروه‌های بالا با میزان بارش در گستره مربوط نیز در ستون ۵ جدول ۳ عرضه گردیده است.



شکل ۵- شمار روزها و روند تغییرات گروه بارش کم مقدار ایران زمین برای دوره ۱۳۹۴-۱۳۴۹

تهیه و ترسیم: نگارندگان

می توان از ضریب همبستگی (-0.73) بین میزان بارش (شکل ۲) با میانگین روزهای کم بارش (شکل ۵-الف) و نیز از روی شکل ۵-الف دید که روزهای بدون بارش رابطه‌ای معکوس با میزان بارش دارد. در واقع نواحی توأم با بارش بیشتر، روزهای بدون بارش کمتری دارند. این امر ضمن بیان رابطه موردنظر، توزیع زمانی بارش در نواحی مختلف را نیز بیان می دارد. ضریب همبستگی بین میزان بارش و تمامی نمایه های دیگر مثبت است؛ بنابراین عموماً در نواحی توأم با بارش زیاد روزهای توأم با تمامی نمایه ها (به جز نمایه روزهای بدون بارش) با شدت و ضعف (ضریب همبستگی بین 0.56 و 0.75) افزایش می یابد. می توان در شکل های ۵ تا ۷ دید که روند تغییرات روزهای توأم با بارش های صدک دهم و کم تر و صدک بیست و پنجم و کم تر بسیار آشفته و احتمالاً تحت تأثیر شرایط جغرافیایی محلی است. از این رو رابطه ای عینی بین روند آشفته این نوع بارش ها و روند نسبتاً منظم بارش سالانه وجود ندارد.



شکل ۶- شمار روزها و روند تغییرات گروه بارش پرمقدار ایران زمین برای دوره ۱۳۹۴-۱۳۴۹

تهیه و ترسیم: نگارندگان

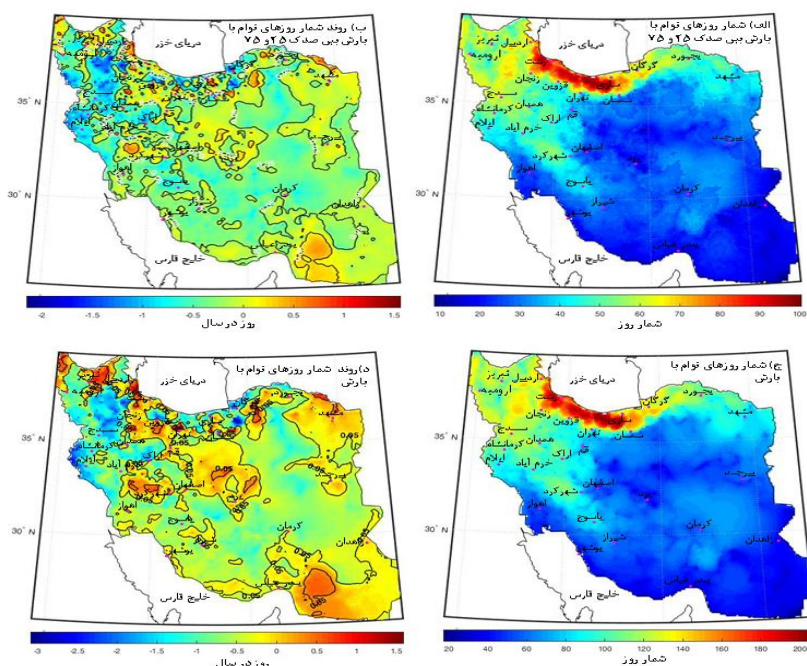
مشخصات نواحی چهارگانه توأم با روند کاهشی و نیز نواحی سه گانه توأم با روند افزایشی در ارتباط با روند نمایه‌های فرین یاد شده، در زیر می‌آید:

ناحیه اول: در ناحیه کاهشی اول (شمال شرق)، روزهای بدون بارش در برخی نواحی تا ۵ روز در دهه کاسته شده است، اما روزهای توأم با بارش‌های بهنجار تا ۵ روز در دهه افزایش داشته است. همچنین در این ناحیه بارش‌های پرمقدار صدک ۷۵ از ۲ تا ۴ روز کاهش نشان می‌دهد و بارش‌های توأم با صدک ۹۰ و بیشتر از ۱ تا ۲ روز در دهه و در برخی نواحی مجاور با رشته‌کوه البرز تا ۶ روز در دهه کاسته شده است؛ بنابراین به نظر می‌رسد روند کاهشی بارش در این ناحیه حاصل کاهش بارش‌های پرمقدار و افزایش بارش‌های معمول و بهنجار بوده است.

ناحیه دوم: در این ناحیه (پیشکوه‌های داخلی زاگرس) کاهش معنی‌دار بارش‌های فرین تنها در روزهای توأم با بارش‌های برابر و یا بیشتر از صدک ۷۵ و ۹۵ (به ترتیب ۴-۲ و ۳-۱ روز در دهه) رخ داده است. بقیه نمایه‌ها تغییرات منظم و معنی‌داری نشان نمی‌دهند؛ بنابراین مشابه ناحیه نخست، روند کاهشی بارش این ناحیه در ارتباط با کاهش روزهای توأم با بارش پرمقدار است.

ناحیه سوم: در این ناحیه (از غرب شیراز و شمال بوشهر تا پیشکوه‌های خارجی زاگرس در شمال سسندج) روزهای توأم با بارش صدک دهم و کمتر (۴-۲ روز در دهه) و صدک بیست و پنجم و کمتر (تا ۱۰ روز در دهه)

کاهش داشته‌اند. در این ناحیه روند عمومی روزهای توأم با بارش برابر با یا بیشتر از صدک ۹۰ به شکل پراکنده به لحاظ آماری معنی‌دار است، اما بارش روزهای توأم با بارش برابر صدک ۷۵ و بیشتر ۲-۵ روز در دهه کاسته شده است. روند تغییر بقیه نمایه‌ها، در سطح ۵ درصد خطا، فاقد معنی آماری بوده است؛ بنابراین تغییرات روند بارش سالانه در این ناحیه حاصل تغییر روزهای توأم با صدک ۷۵ و بیشتر و صدک‌های کم‌مقدار بارش است.



شکل ۷- شمار روزها و روند تغییرات گروه بارش بهنجار ایران زمین برای دوره ۱۳۹۴-۱۳۴۹

تهیه و ترسیم: نگارندگان

ناحیه چهارم: این ناحیه (بخش‌های جنوبی و شرقی ناحیه شمال غرب ایران و محدوده کوچکی از سواحل شمالی) به دلیل پراکندگی جغرافیایی از تنوع رفتاری بارش برخوردار است. در این ناحیه روزهای بدون بارش تا ۱ روز در دهه کم شده‌اند. روزهای توأم با صدک ۲۵ و کمتر نیز از ۳ تا ۵ روز در دهه کاسته شده‌اند. در این میان روزهای توأم با بارش‌های بهنجار تا ۵ روز در دهه افزایش داشته‌اند. همچنین روزهای بارانی از ۵ تا ۱۵ روز در دهه افزایش داشته‌اند. اما به نظر می‌رسد که تمامی این صفات نتوانستند برای بارش این ناحیه، روند افزایشی به همراه داشته باشند؛ زیرا روزهای توأم با بارش برابر با صدک ۷۵ و بیشتر از آن تا ۱۲ روز در دهه کاسته شده است. سه ناحیه توأم با افزایش بارندگی کشور که به صورت هسته‌های توأم با روند مثبت در شکل ۴-ب نشان داده شده‌اند، به لحاظ فرین‌های مورد بررسی در این نوشتار حاوی ویژگی‌های زیر هستند:

ناحیه شمالی: در این ناحیه روزهای توأم با بارش‌های بهنجار، روزهای توأم با بارش برابر با یابیش از صدک ۷۵ و نیز روزهای توأم با بارش برابر با یابیش از صدک ۹۰ به ترتیب تا ۵ روز، تا ۴ روز و تا ۳ روز افزایش نشان داده‌اند. روزهای بدون بارش نیز کاسته و روزهای توأم با بارش تا ۱۵ روز در دهه افزایش داشته‌اند؛ بنابراین، تقریباً تمامی نمایه‌ها در هسته‌های بارشی این ناحیه افزایشی بوده‌اند.

ناحیه پیشکوه‌های داخلی زاگرس: در این ناحیه اگرچه روزهای بدون بارش و نیز روزهای توأم با بارش بهنجار فاقد تغییر معنی‌دار بوده‌اند، اما روزهای توأم با بارش به‌ویژه بارش بیش از صدک ۷۵ (تا ۴ روز در دهه) و صدک ۹۰ (تا ۳ روز در دهه) افزایش داشته‌اند.

ناحیه مرتفع غربی: در این ناحیه روند عمومی روزهای بدون بارش و نیز صدک‌های کم‌مقدار، علی‌رغم آشفتگی، کاهشی بوده است. در مقابل روزهای توأم با بارش (تا ۱۰ روز در دهه)، روزهای توأم با بارش برابر با یابیش از صدک ۷۵ و ۹۵ (به ترتیب تا ۴ و ۳ روز در دهه) افزایش داشته‌اند.

۴- نتیجه‌گیری

توزیع زمانی و مکانی بارش در ایران متأثر از وردایی زمانی - مکانی عوامل محلی و نیز سامانه‌های گردش جوی در مقیاس‌های مختلف دیگر، به‌ویژه مقیاس‌های همدید - سیاره‌ای است که کم‌ترین تغییر در الگوهای توأم با آن‌ها می‌تواند ناهنجاری‌های شدید آب‌وهوایی را به دنبال داشته باشد. همچنین تغییر (پذیری) الگوهای مذکور از پیامدهای مهم تغییر اقلیم سیاره‌ای و نیز عاملی مهم در وردایی و پراکنش زمانی - مکانی عناصر اقلیمی، به‌ویژه بارش، دانسته می‌شود. در پژوهش حاضر آشکارسازی روند بلندمدت بارش ایران، نقش عوامل محلی - گردشی در این روند و نیز نقش رویدادهای فرین در تکوین روند در سری‌های زمانی بارش ایران‌زمین در معرض توجه بود. برای رسیدن به این هدف نسخه سوم پایگاه داده‌ای اسفزاری که حاصل میان‌یابی داده‌های بارش روزانه ۲۱۸۸ ایستگاه همدید، اقلیمی و باران‌سنجی سازمان هواشناسی برای ۴۶ سال و با تفکیک مکانی ۱۰ کیلومتر است، استفاده شد.

یافته‌های پژوهش نشان داد که حاکمیت روند کاهشی مجموع سالانه بارش (حداقل ۱ میلی‌متر در سال و عمدتاً ۴-۱ میلی‌متر در سال) غالب‌ترین چهره روند بارشی ایران‌زمین (حدود ۸۰/۹ درصد پهنه کشور که از این میان حدود ۳۳/۵۸ درصد پهنه‌های توأم با روند کاهشی معنی‌دار) است. این روند با کاهش حدود ۱/۴ میلیارد مترمکعب آب ورودی به منظومه آب‌شناختی کشور همراه بوده است.

نواحی مختلف، روند سالانه بارشی متفاوتی عرضه می‌کنند. روند کاهشی با مقدار ۴-۱ میلی‌متر در سال، گستره وسیع‌تری نسبت به مقادیر دیگر روند ارائه می‌کند. ویژگی‌های جغرافیایی ایران، به‌ویژه ارتفاع، اثر بادپناهی، طول و عرض جغرافیایی موجب تنوع مکانی رخنمود این روند در کشور شده‌اند. علاوه بر این، روند کاهشی در عمده نواحی

توأم با روند کاهشی معنی دار، حاصل کاهش بارش های پرمقدار است؛ درحالی که بارش های کم مقدار و نیز بارش های بهنجار عمدتاً تغییرات معنی داری را تجربه نکرده اند.

با عنایت به آنچه که گفته شد، و با توجه به شرایط موجود، به نظر می رسد سرزمین ما در آینده با شدت بیشتری با شرایط ناهنجار بارشی و احتمالاً کم آبی، خشکی و تشدید آن مواجه خواهد بود. شایسته است سیاست گذاران و حاکمان عرصه آب کشور در خصوص مقابله با این شرایط، سازگاری (در فعالیت های آب بـری نظیر کشاورزی، صنعت و ...) و یا انتخاب منابع آبی جایگزین، اعمال مدیریت نموده و شگردهای برنامه ریزی شایسته ای اتخاذ کنند.

کتابنامه

- احمدی، محمود؛ داداشی، عباسعلی؛ ۱۳۹۵. ارزیابی آهنگ رفتار زمانی مکانی بارش در دو دهه اخیر در ایران. *پژوهش های جغرافیای طبیعی*. شماره ۹۷. صص ۶۵-۸۴.
- اکبری، مهری؛ نودهی، وحیده؛ ۱۳۹۴. بررسی و تحلیل روند بارش سالانه و تابستانه استان گلستان. *آمایش جغرافیایی فضا*. شماره ۱۷. صص ۱۵۰-۱۴۱.
- بینش، نگین؛ نیک سخن، محمدحسین؛ سارنگ، امین؛ ۱۳۹۶. آشکارسازی روند تغییرات دما و بارش سالانه و فصلی تهران طی دوره ۲۰۱۴-۱۹۸۴. *نیوار*. شماره ۴. صص ۴۶-۳۶.
- تقوی، فرحناز و محمدی، حسین؛ ۱۳۸۶. بررسی دوره بازگشت رویدادهای اقلیمی حدی به منظور شناخت پیامدهای زیست محیطی. *محیط شناسی*. شماره ۴۳. صص ۲۰-۱۱.
- جهانبخش اصل، سعید؛ ساری صراف، بهروز؛ عساکره، حسین؛ شیرمحمدی، سهیلا؛ ۱۳۹۹. شناسایی رخداد های بارش فرین در غرب ایران (۲۰۱۶-۱۹۶۵). *جغرافیا و برنامه ریزی*. انتشار یافته به صورت الکترونیکی.
- خوش روش، مجتبی؛ میرناصری، محمد؛ پسرکلو، مهسا؛ ۱۳۹۶. آشکارسازی روند تغییرات بارش شمال کشور با استفاده از آزمون غیرپارامتری من-کندال. *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*. شماره ۱۶. صص ۲۳۰-۲۲۳.
- دارند، محمد؛ دولتیاری، زهرا؛ اصلانی اسلمرز، فریبا؛ عزیزی، یسری؛ ۱۳۹۳. بررسی رفتار فرین های بارش و دمای کرمانشاه به کمک آزمون های آماری. *فضای جغرافیایی*. شماره ۴۶. صص ۲۳۳-۲۱۳.
- رسولی، علی اکبر؛ بابائیان، ایمان؛ قائمی، هوشنگ؛ زواررضا، پیمان؛ ۱۳۹۰. ارتباط بین بارش های فصلی ایران و دمای پهنه های آبی منطقه ای. *پژوهش های اقلیم شناسی*. شماره ۵۸. صص ۶۷-۸۰.
- عساکره، حسین؛ ۱۳۸۶. تغییرات زمانی و مکانی بارش ایران طی دهه های اخیر. *جغرافیا و توسعه*. شماره ۱۰. صص ۱۶۴-۱۴۵.
- ؛ ۱۳۸۲. بررسی آماری روند بارش سالانه تبریز. *فضای جغرافیایی*. شماره ۱۰. صص ۷۲-۵۷.
- ؛ ۱۳۹۰. مبانی پژوهش در آب و هواشناسی. انتشارات دانشگاه زنجان.

- عساکره، حسین؛ ترکارانی، فاطمه؛ ۱۳۹۹. برخی مشخصات توصیفی و روند تغییرات بلندمدت فصل خشک در ایران. جغرافیا و توسعه. شماره ۵۸. صص ۱۱۳-۱۳۲.
- عساکره، حسین؛ ترکارانی، فاطمه؛ سلطانی، صغری؛ ۱۳۹۱. مشخصات زمانی - مکانی بارش‌های روزانه فرین بالا در شمال غرب ایران. تحقیقات منابع آب ایران. شماره ۲۵. صص ۳۹-۵۳.
- عساکره، حسین؛ حسینجانی، لیلا؛ ۱۳۹۸. واکاوی روابط مکانی فراوانی رخداد ماهانه بارش‌های فرین بالا در ناحیه خزری (۲۰۱۶-۱۹۶۶). جغرافیا و توسعه. شماره ۵۵. صص ۲۳-۴۴.
- عسکری، احمد؛ رحیم زاده، فاطمه؛ محمدیان، نوشین؛ فتاحی، ابراهیم؛ ۱۳۸۶. تحلیل روند نمایه‌های بارش‌های حدی در ایران. تحقیقات منابع آب ایران. شماره ۹. صص ۵۵-۴۲.
- علیجانی، بهلول؛ ۱۳۹۵. آب‌وهوای ایران. انتشارات دانشگاه پیام نور.
- غیور، حسنعلی؛ مسعودیان، سیدابوالفضل؛ ۱۳۷۵. بررسی نظام تغییرات مجموع بارش سالانه در ایران زمین. نیوار. شماره ۲۹. صص ۲۷-۶۰.
- کاویانی، محمدرضا؛ عساکره، حسین؛ ۱۳۸۴. بررسی آماری روند بلندمدت بارش سالانه اصفهان. مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان علوم انسانی. شماره ۱. صص ۱۴۳-۱۶۲.
- کتیرایی، پری‌سیما؛ حجام، سهراب؛ ایران‌نژاد، پرویز؛ ۱۳۸۶. سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱. فیزیک زمین و فضا. شماره ۳۳. صص ۸۳-۶۷.
- کیانی، مهرداد؛ لشکری، حسن؛ قائمی، هوشنگ؛ ۱۳۹۸. واکاوی اثر رشته‌کوه‌های زاگرس بر تغییرات بارش‌های سودانی در غرب ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی. شماره ۷۵. صص ۱۷-۴۰.
- لشکری، حسن؛ متکان، علی‌اکبر؛ آزادی، مجید؛ محمدی، زهرا؛ ۱۳۹۵. تحلیل هم‌دید نقش پرفشار عربستان و رودباد جنب‌حاره‌ای در کوتاه‌ترین طول دوره بارشی جنوب و جنوب غرب ایران. علوم محیطی. شماره ۴. صص ۷۴-۵۹.
- محمدی، بختیار؛ ۱۳۹۰. تحلیل روند بارش سالانه ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. شماره ۴۳. صص ۹۵-۱۰۶.
- مسعودیان، سید ابوالفضل؛ ۱۳۹۸. گزارش بارش‌های اسفند ۱۳۹۷ و فروردین ۱۳۹۸ حوضه‌های سیل‌زده ایران. هیئت ویژه گزارش ملی سیلاب. کارگروه اقلیم‌شناسی و هواشناسی. منتشر نشده.
- مسعودیان، سیدابوالفضل؛ دارند، محمد؛ ۱۳۹۲. شناسایی و بررسی تغییرات نمایه‌های بارش فرین ایران طی دهه‌های اخیر. جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. شماره ۲۰. صص ۲۳۹-۲۵۷.
- مقیم، ابراهیم؛ ۱۳۷۸. تحلیل آماری رطوبت نسبی و بارندگی تهران در یک دوره سی‌ساله. تحقیقات جغرافیایی. شماره ۵۴. صص ۴۳-۶۱.
- منتظری، مجید؛ ۱۳۸۸. تحلیل زمانی مکانی بارش‌های فرین روزانه در ایران. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. شماره ۳۴. صص ۱۲۵-۱۴۰.
- میرعباسی نجف‌آبادی، رسول؛ دین‌پژوه، یعقوب؛ ۱۳۹۱. تحلیل روند تغییرات بارش‌های شمال غرب ایران در نیم‌قرن گذشته. علوم و مهندسی آبیاری (مجله علمی کشاورزی). شماره ۳۵. صص ۷۳-۵۹.

- Alpert P, Neeman B U, Shay-El Y., 1990. Climatological analysis of Mediterranean cyclones using ECMWF data. *Tellus* 42 A: 65-77.
- Alpert P, Osetinsky I, Zivb B, Shafir H., 2004. Semi-objective classification for daily synoptic systems: Application to the eastern Mediterranean climate change. *International Journal of Climatology* 24: 1001-1011.
- Anagnostopoulou1 Chr, Tolika1 K, Flocas H, Maheras P., 2006. Cyclones in the Mediterranean region: present and future climate scenarios derived from a general circulation model (HadAM3P). *Advances in Geosciences* 7: 9-14.
- Asakereh H., 2017. Trends in monthly precipitation over the northwest of Iran (NWI). *Theoretical and Applied Climatology* 130: 443-451.
- Asakereh H., 2020. Decadal variation in precipitation regime in northwest of Iran. *Theoretical and Applied Climatology* 139: 461-471.
- Bartolini G, Morabito M, Crisci A, Grifoni D, Torrigiani T, Petralli M, Maracchi G, Orlandini S. 2008. Recent trends in Tuscany (Italy) summer temperature and indices of extremes. *International Journal of Climatology* 28: 1751 – 1760.
- IPCC., 2001. *Climate change 2001: The scientific basis contribution of working group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. University Press, Cambridge.
- IPCC., 2007. *Climate change 2007: The scientific basis contribution of working group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*. University Press, Cambridge.
- IPCC., 2013. *Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. University Press, Cambridge.
- Sahsamanoglou H S, Makrogiannis T J, Kallimopoulos P P., 1991. Some aspects of the basic characteristics of the Siberian anticyclone. *International Journal of Climatology* 11(8):827 – 839.



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

صص ۱۵۹-۱۴۳

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoh.2021.67026.0>

مقاله پژوهشی

ارزیابی ناهمگونی مکانی در کیفیت بوم‌شناختی با استفاده از فن‌آوری سنجش‌ازدور (مطالعه موردی: حوضه آبخیز قره‌سو)

 سعیده رنجبر^۱ - دانشجوی کارشناسی ارشد ارزیابی و آمایش سرزمین دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
حمیدرضا کامیاب - استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۸/۴ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۲۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۱/۲۱

چکیده

محیط‌زیست در حال تجربه تغییرات مختلف محیط‌زیستی است که هم منشأ انسانی و هم منشأ طبیعی دارند. تغییرات کاربری زمین در حوزه قره‌سو، نیاز به مطالعه درباره کیفیت بوم‌شناختی این منطقه را نشان می‌دهد. در این مطالعه، شاخص سنجش‌ازدوری کیفیت بوم‌شناختی (RSEI) بر اساس چارچوب فشار-وضعیت-پاسخ و با استفاده از داده‌های میانگین تصاویر تابستانه ماهواره لندست در سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۹۷ (سنجنده‌های ETM+/OLI/TIRS)، برای ارزیابی تغییرات کیفیت بوم‌شناختی در حوزه قره‌سو استان گلستان استفاده شد. شاخص‌های مورد نیاز برای استخراج شاخص کیفیت بوم‌شناختی با ایجاد شاخص فشار محیط‌زیستی (NDBI)، شاخص وضعیت (NDVI) و شاخص‌های پاسخ اقلیمی محیط به تغییرات (LST و LSM) از سامانه گوگل ارث انجین انجام شد. در این پژوهش پس از تهیه شاخص‌های پایه، با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی، وزن هر شاخص تهیه و سپس شاخص کیفیت بوم‌شناختی بر اساس مؤلفه اول تحلیل مؤلفه‌ها اصلی تهیه شد. تحلیل تغییرات مؤلفه اول با استفاده از روش آستانه‌گذاری نشان از افت کیفیت بوم‌شناختی دارد؛ به‌طوری‌که میانگین شاخص RSEI در سال ۱۳۶۸، ۰/۵۷ حاصل شد و در سال ۱۳۹۷ این مقدار به ۰/۴۸ رسید که نشان دهنده کاهش مقدار RSEI است. همچنین میزان طبقه خیلی خوب در سال ۱۳۶۸، ۳۲۸۲۱/۸۳ (۱۶/۲۶۷ درصد) و در سال ۱۳۹۷، ۳۶۸۷۹/۶۶ (۱۸/۲۷ درصد) است. نتایج تحلیل مکانی نشان داد که مقدار ضعیف کیفیت بوم‌شناختی شاخص RSEI در بخش‌های

شمالی منطقه رخ داده است که به دلیل رشد سریع مناطق انسان‌ساخت بوده است. این تغییر در افزایش شاخص مناطق انسان‌ساخت در این مناطق مشخص است.

کلیدواژه‌ها: کیفیت بوم‌شناختی، شاخص RSEI، گوگل ارث انجین، حوزه قره‌سو.

۱- مقدمه

شدت رشد جمعیت و فعالیت‌های انسانی بخش زیادی از زیست‌کره زمین و جو را تحت تأثیر قرار داده و باعث از بین رفتن زیستگاه‌ها، تخریب عملکردهای اکوسیستم و تغییرات آب‌وهوای جهانی شده است (فولی^۱ و همکاران، ۲۰۰۵؛ ژانگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۶). به عبارت دیگر، مداخلات انسان در طبیعت باعث تأثیرات قابل توجه بر انعطاف‌پذیری، مقاومت و آسیب‌پذیری اکوسیستم‌ها می‌شود (ژو^۳، ۲۰۰۸؛ ژو و همکاران، ۲۰۰۹؛ سدون^۴ و همکاران، ۲۰۱۶). مطالعات یکپارچه در زمینه محیط‌زیست، باید تغییرات محیط‌زیستی حاصل از موضوعاتی چون تغییرات آب‌وهوای جهانی و تأثیرات انسانی بر منابع را بهتر اندازه‌گیری کند (نیمی و دونالد^۵، ۲۰۰۴). برای درک شرایط فعلی یا پیش‌بینی تغییرات آینده اکوسیستم‌ها می‌توان از شاخص‌های بوم‌شناختی استفاده کرد. شاخص‌ها معمولاً الگوهای ارزیابی عددی هستند که اطلاعات کلیدی در مورد سیستم‌های طبیعی، اجتماعی و اقتصادی را ارائه می‌دهند. شاخص‌ها، فراتر از داده‌های ساده، روند یا روابط علت و معلولی را نیز نشان می‌دهند. سه هدف کلیدی استفاده شاخص‌ها عبارتند از: بالا بردن سطح آگاهی و درک، اطلاع‌رسانی جهت تصمیم‌گیری و اندازه‌گیری میزان پیشرفت اهداف تعیین شده (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). شاخص‌ها به عنوان ابزاری برای کمی‌سازی میزان پیشرفت به‌سوی توسعه پایدار در سطوح مختلف محلی، منطقه‌ای، ملی و بین‌المللی استفاده می‌شوند (ولوا^۶ و همکاران، ۲۰۰۱).

ارزیابی پایداری به‌ویژه ارزیابی پایداری محیط‌زیستی به‌وسیله مجموعه‌ای از معیارها و شاخص‌ها میسر خواهد بود. براین اساس شاخص‌های محیط‌زیستی به‌عنوان عناصر عملیاتی و نماینده پدیده‌های سازمانی جهت ارزیابی و سنجش پایداری هستند (هنری و جورنلت^۷، ۲۰۰۸). شاخص‌های محیط‌زیستی باید به گونه‌ای انتخاب شوند که دارای شرایطی باشند که عبارتند از: منعکس‌کننده وضعیت منابع محیط‌زیستی در جهت درک پویایی سیستم‌های طبیعی بوده و ارتباط بین مؤلفه‌های مختلف محیط‌زیست را مشخص نمایند، تجزیه و تحلیل ارزیابی و سنجش بین اهداف (توسعه و حفاظت از محیط‌زیست) را تسهیل نمایند و به تدوین سیاست‌های تصمیم‌گیری و تخصیص منابع کمک کنند (پروتو^۸، ۲۰۰۸).

1 Foley

2 Zhang

3 Xu

4 Seddon

5 Niemi and McDonald

6 Veleva

7 Henri and Journeault

8 Perotto

به دلیل نیاز جهانی برای ارزیابی کمی شرایط بوم‌شناسی در سطوح مختلف جهت پایش، حفاظت و یا ترمیم، می‌توان از شاخص‌های بوم‌شناختی استفاده کرد (نیمی و دونالد، ۲۰۰۴؛ هینز^۱، ۲۰۰۲). شاخص‌های بوم‌شناختی نشان‌دهنده الگویی ساده و یکپارچه از جنبه‌های مختلف یک اکوسیستم پیچیده از جمله ساختار، عملکرد، ترکیب و تغییرات آن‌ها هستند (دیل و بیلر^۲، ۲۰۰۱؛ لین^۳ و همکاران، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۶) که به‌طور گسترده‌ای برای ارزیابی وضعیت محیط‌زیست، شناسایی تغییرات یا روندهای محیطی، تشخیص علت تغییر محیط و یا پیش‌بینی تغییرات آینده محیط استفاده می‌شود (دیل و بیلر، ۲۰۰۱؛ بهلین^۴ و همکاران، ۲۰۱۵؛ ژانگ^۵ و همکاران، ۲۰۱۶). شاخص‌های بوم‌شناختی امکان تفکیک جنبه‌های کلیدی اکوسیستم را از تغییرات کوچک فراهم می‌کند. در سه دهه گذشته، توسعه و استفاده از شاخص‌های بوم‌شناختی شتاب سریع علمی داشته است.

مطالعات مختلفی در زمینه استفاده از شاخص‌ها برای بررسی سلامت بوم‌شناختی در سطح دنیا انجام شده است. رباطی (۱۳۹۴) با استفاده از مدل شاخص ترکیبی به بررسی کیفیت محیط‌زیست شهری در شهر تهران پرداخت. نتایج نشان داد که مناطق تهران از نظر شرایط محیط‌زیستی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در شرایط ناهمگون و ناموزونی قرار دارند. صیدی و همکاران (۱۳۹۷)، برای ارزیابی کیفیت محیط‌زیست شهری در شهر تهران از چهار شاخص LST، NDVI، NDWI و NDBI استفاده کردند. نتایج نشان داد بالاترین میزان کیفیت محیط شهری در مناطق ۱، ۳، ۷ نسبت به سایر مناطق تهران است. Hu و Xu (۲۰۱۸)، با استفاده از شاخص بوم‌شناختی و سنجش‌ازدور میزان ناهمگونی شهری در شهر Fuzhou را بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که میزان شاخص بوم‌شناسی از ۰/۲۶۷ در سال ۲۰۰۰ به میزان ۰/۵۰۳ در سال ۲۰۱۶ افزایش پیدا کرده است. استفاده از داده‌های سنجش‌ازدور در بررسی سلامت بوم‌شناختی در مطالعات دیگر نیز مشاهده شده است. به‌عنوان نمونه Musse و همکاران (۲۰۱۸)، با استفاده از زبان برنامه‌نویسی پایتون به بررسی شاخص‌های مبتنی بر سنجش‌ازدور از جمله LST، NDVI، SAVI، NDBI، NDISI و NDWI و شاخص‌های اجتماعی-اقتصادی (تراکم جمعیت، تراکم مسکن و قیمت مسکن) و پوشش خدمات عمومی (آب، فاضلاب، برق و زباله) در کلمبیا پرداختند. Yue و همکاران (۲۰۱۹)، نیز از شاخص سلامت بوم‌شناختی برای نظارت بر تغییرات کیفیت بوم‌شناسی در ۳۵ شهر اصلی چین با استفاده از چهار شاخص NDVI، LST، NDBSI و LSM استفاده کردند. در مطالعه Jing و همکاران (۲۰۲۰) نیز از شاخص‌های NDVI، LST، LSM و NDBSI برای بررسی کیفیت محیط‌زیست در تالاب اینور در چین استفاده شد. این

1 Heinz

2 Dale and Beyeler

3 Lin

4 Behling

5 Zhang

مطالعات و تحقیقات مشابه، مانند مطالعه Halmy (۲۰۱۹) و Wen و همکاران (۲۰۲۰)، اهمیت ارزیابی و سلامت بوم‌شناختی را با استفاده از شاخص‌های مختلف نشان می‌دهد.

مرور مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که بررسی سلامت بوم‌شناختی در سطح دنیا از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. با استفاده از سنجش‌ازدور و شاخص‌های بوم‌شناسی می‌توان سلامت بوم‌شناسی مناطق مختلف را بررسی نمود و برنامه‌ریزی‌های درست را در منطقه انجام داد. هدف از این پژوهش بررسی سلامت بوم‌شناختی حوضه آبخیز قره‌سو با استفاده از یک شاخص جدید بوم‌شناختی مبتنی بر سنجش‌ازدور (^۱RSEI) در سامانه گوگل ارث انجین (^۲GEE) است. معیارهای مورد نیاز برای استخراج شاخص RSEI با استفاده از رویکرد فشار-حالت-پاسخ (^۳PSR) به دست آمده است.

۲- مواد و روش‌ها

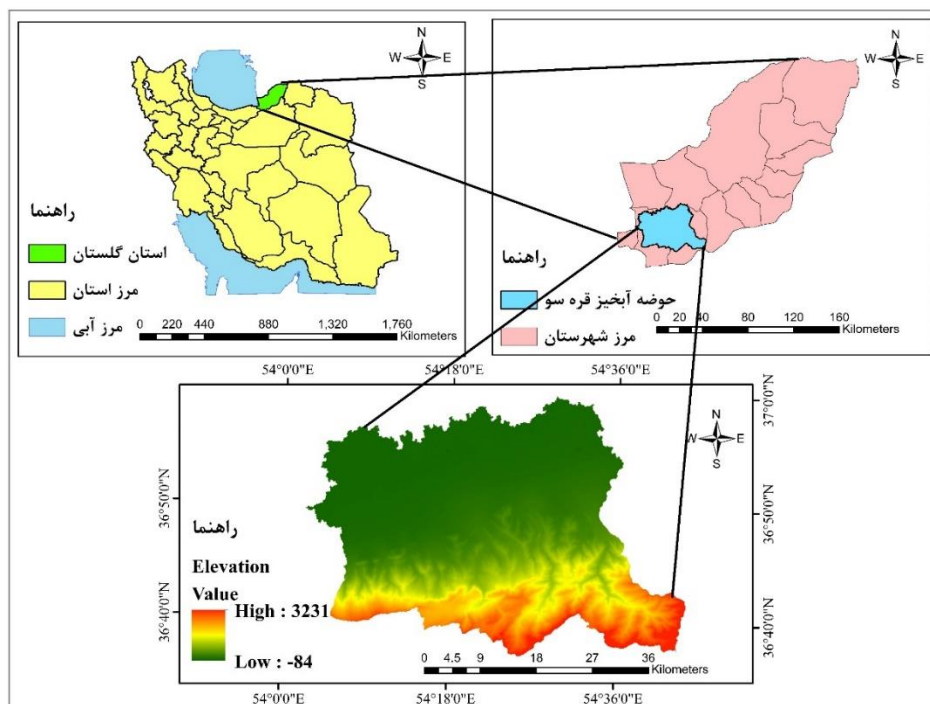
۲-۱- منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز قره‌سو با ۱۶۱۳۴۹ هکتار مساحت در محدوده طول جغرافیایی $54^{\circ} 22' 92''$ تا $54^{\circ} 43' 06''$ شرقی و عرض جغرافیایی $36^{\circ} 37' 52''$ تا $36^{\circ} 59' 23''$ شمالی قرار دارد (شکل ۱). حوزه آبخیز قره‌سو از شمال و شرق به حوضه آبخیز گرگانرود، از جنوب به حوزه آبخیز نکارود و از غرب به حوزه آبخیز خلیج گرگان و نیز به دریاچه بزرگ خزر محدود می‌شود. این حوزه ۸ درصد از مساحت استان گلستان را تشکیل می‌دهد. سطح عمده حوزه آبخیز قره‌سو در جنوب توسط جنگل پوشیده شده و در شمال حوضه دشت آبرفتی با کاربری زراعی و مسکونی سطح حوزه را تشکیل می‌دهد. این حوزه آبخیز شامل شهرهای گرگان، کردکوی، آق‌قلا و بندر ترکمن در استان گلستان می‌باشد (سالنامه آماری استان گلستان، ۱۳۹۳).

1 Remote Sensing Ecological Index

2 Google Earth Engine

3 Pressure State Response (PSR)



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز قره‌سو

۲-۲- روش کار

در این پژوهش، با توجه به نتایج استفاده از رویکرد فشار-حالت-پاسخ و جهت استخراج شاخص نهایی RSEI، از چهار شاخص سنجش‌ازدوری اراضی ساخته شده (فشار) (NDBI)^۱، تراکم پوشش گیاهی (وضعیت) (NDVI)^۲، دمای سطح زمین (پاسخ) (LST)^۳، رطوبت سطح زمین (پاسخ) (LSM)^۴ برای سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۹۷ استفاده شده است. با توجه به قابلیت‌های سامانه گوگل ارث انجین در پردازش داده‌های ماهواره‌ای چندزمانه، بخش اصلی تحلیل و استخراج شاخص‌ها در این سامانه انجام گرفته است.

۲-۲-۱- گوگل ارث انجین (GEE)

گوگل ارث انجین یک سامانه محاسباتی برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای و سایر داده‌های جغرافیایی است. این سامانه امکان دسترسی به یک بانک اطلاعاتی بزرگ از تصاویر ماهواره‌ای و قدرت محاسباتی لازم برای تجزیه و تحلیل آن تصاویر را فراهم می‌کند. گوگل ارث انجین یک بستر سنجش‌ازدور مبتنی بر وب است که دارای قابلیت فراوان در

- 1 Normalized Difference Built-up Index
- 2 Normalized Difference Vegetation Index
- 3 Land Surface Temperature
- 4 Land Surface Moisture

انجام تحلیل‌های همزمان مکانی و زمانی بر روی بیش از یک مجموعه از تصاویر ماهواره‌ای است. در این پژوهش از تصاویر چند زمانه تابستان ۱۳۶۸ و ۱۳۹۷ مربوط به ماهواره‌های لندست ۵ و لندست ۸ استفاده شد (جدول ۱). با توجه به قابلیت‌های این سامانه در تحلیل داده‌های مکانی چندزمانه، میانگین شاخص‌ها در سامانه گوگل ارث انجین به صورت مستقیم و بر اساس داده‌های ماه‌های تابستان (بازه تیر تا شهریور) استخراج گردید. با توجه به تأثیر مستقیم رطوبت در برخی از شاخص‌های مورد استفاده در این مطالعه، بازه تابستانه جهت کاهش اثرات رطوبت مورد استفاده قرار گرفته است. استفاده از تصاویر متعدد به جای یک تصویر باعث کاهش خطاهای رادیومتریکی محتمل در نتایج می‌گردد. به دلیل تعداد زیاد تصاویر مورد استفاده در این مطالعه، از تصاویر تصحیح شده رادیومتریک و هندسی موجود در سامانه استفاده گردید. ضمن آن‌که بازه تاریخی مورد استفاده در یک دوره بلندمدت (۲۹ سال در این مطالعه) امکان کشف تغییرات عمده و اصلی را از تغییرات محلی و کوچک فراهم می‌سازد.

جدول ۱- تصاویر چندزمانه استفاده شده در سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۹۷.

تاریخ	ماهواره	سنجنده	ردیف / مسیر	تاریخ تصویربرداری
۱۳۶۸	لندست ۵	TM	۱۶۳/۳۴	ابتدای تیر تا انتهای شهریور
۱۳۹۷	لندست ۸	OLI, TIRS	۱۶۳/۳۴	ابتدای تیر تا انتهای شهریور

۲-۲-۲- تهیه شاخص‌ها

با توجه به مطالعات مختلف صورت گرفته در زمینه کیفیت بوم‌شناختی جهت استخراج شاخص نهایی RSEI، مهم‌ترین شاخص‌های تأثیرگذار بر کیفیت بوم‌شناختی چهار شاخص اراضی ساخته شده، شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی، دمای سطح زمین و رطوبت سطح زمین می‌باشد که در این پژوهش نیز از این چهار شاخص استفاده شده است (Hu & Xu, 2018; Yue et al., 2019; Jing et al., 2020).

۲-۲-۲-۱ شاخص پوشش گیاهی (NDVI)

شاخص‌های پوشش گیاهی به طور گسترده به عنوان معیارهایی برای تجزیه و تحلیل پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شاخص‌های مختلفی مانند RVI, NDVI, SAVI, EVI و دیگر شاخص‌های مشابه برای مطالعه ویژگی‌های پوشش گیاهی معرفی شده است (Koh et al., 2006). شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI) یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها برای پایش تغییرات پوشش گیاهی است که از طریق نسبت گیری باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک به دست می‌آید (Binh et al., 2005). شاخص NDVI از رابطه ۱ حاصل می‌شود.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad \text{رابطه ۱:}$$

که در آن:

NIR، باند مادون قرمز نزدیک و R، باند قرمز است.

بازه عددی حاصل از این شاخص از ۱- تا ۱+ است. در مناطقی که دارای سبزی‌نگی بیشتر است این شاخص به سمت ۱+ میل می‌کند (Gessesse & Melesse, 2019).

۲-۲-۲- شاخص اراضی ساخته شده (NDBI)

از جمله راه‌های استخراج شدت استفاده انسانی از زمین و یا اثر انسان و کاربری‌های انسان‌ساخت می‌توان به شاخص اراضی انسان‌ساخت (NDBI) اشاره کرد. برای محاسبه شاخص اراضی انسان‌ساخت در این مطالعه از شاخص NDBI استفاده شده است (Kaplan, 2018). (رابطه ۲).

$$NDBI = \frac{SWIR1 - NIR}{SWIR1 + NIR} \quad \text{رابطه ۲:}$$

که در آن: NIR = باند مادون قرمز نزدیک، و SWIR1 = باند مادون قرمز میانی اول (باند ۵ در تصاویر سنجنده-های لندست) است.

۲-۲-۳- شاخص رطوبت سطح زمین LSM

تحول اجزا محیطی به‌طور گسترده در مطالعات پایش محیط‌زیستی مورد استفاده قرار گرفته می‌گیرد (Huang et al., 2002). نمونه‌ای از این مؤلفه‌ها رطوبت است که شاخص‌های متعددی مانند NDMI (میزان رطوبت پوشش گیاهی)، NMDI (میزان رطوبت خاک) و LSM (رطوبت سطح زمین) برای استخراج آن ایجاد شده است. در این پژوهش، جهت استخراج رطوبت سطح زمین (LSM) برای داده‌های لندست ۵ و ۸ از رابطه ۳ استفاده می‌شود (Wang & Qu, 2007).

رابطه ۳:

$$LSM_{TM} (\text{لندست ۵}) = 0.0315 \rho_{Blue} + 0.2021 \rho_{Green} + 0.3102 \rho_{Red} + 0.1594 \rho_{NIR} - 0.6806 \rho_{SWIR1} - 0.6109 \rho_{SWIR2}$$

$$LSM_{OLI} (\text{لندست ۸}) = 0.1511 \rho_{Blue} + 0.1973 \rho_{Green} + 0.3283 \rho_{Red} + 0.3407 \rho_{NIR} - 0.7117 \rho_{SWIR1} - 0.4559 \rho_{SWIR2}$$

که در آن: Blue = باند آبی، Green = باند سبز، Red = باند قرمز، NIR = باند مادون قرمز نزدیک، ۲، SWIR1 =

باندهای مادون قرمز میانی اول (باند ۵) و دوم (باند ۷) است.

۲-۲-۲-۴- شاخص دمای سطح زمین (LST)

روش‌های مختلفی جهت محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای وجود دارد (Tsou et al., 2017).

در این پژوهش، دمای سطح زمین با استفاده از دمای روشنایی باندهای حرارتی و محاسبه شاخص پوشش گیاهی صورت می‌گیرد که از باندهای قرمز، مادون قرمز نزدیک و باند حرارتی استفاده شده است. مراحل استخراج این شاخص به صورت زیر است.

الف) تصحیح مقدار بازتاب در باندهای حرارتی برای کاهش خطاهای انرژی منعکس شده از اشیاء روی سطوح زمین که بر اساس رابطه ۴ محاسبه می‌شود (Barsi et al., 2014; Rajeshwari & Mani, 2014).

$$L_{\lambda} = ML * Q_{CAL} + A_L \quad \text{رابطه ۴:}$$

که در آن: L_{λ} = تابش طیفی، ML = میزان تابش، Q_{CAL} = ارزش سلول (DN)، و A_L = میزان درخشندگی را نشان می‌دهد. جهت تجزیه و تحلیل دمای تابش به صورت واحد سلسیوس ($^{\circ}C$) برای داده‌های لندست از رابطه ۵ استفاده می‌شود (Rajeshwari & Mani, 2014; Advan & Jovanovski, 2016).

$$TB = \frac{K2}{\ln\left[\left(\frac{K1}{L_{\lambda}}\right)+1\right]} - 273.15 \quad \text{رابطه ۵:}$$

که در آن: $K1$ و $K2$ میزان ثابت حرارتی است.

ب) تهیه شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI): نحوه استخراج این شاخص در بخش ۲-۲-۱ ارائه شده است.

ج) استخراج نسبت پوشش گیاهی: جهت تهیه این بخش از پوشش گیاهی حداقل، پوشش گیاهی حداکثر و پوشش گیاهی کل استفاده می‌شود که از رابطه ۶ محاسبه می‌شود (Rajeshwari & Mani, 2014; Advan & Jovanovski, 2016).

$$Pv = ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}))^2 \quad \text{رابطه ۶:}$$

که در آن: $NDVI$: تراکم پوشش گیاهی، $NDVI_{min}$: پوشش گیاهی حداقل، و $NDVI_{max}$: پوشش گیاهی حداکثر است.

د) محاسبه انتشار: مقدار انتشار از رابطه ۷ محاسبه می‌شود (USGS, 2013).

$$e = 0.004 * pv + 0.986 \quad \text{رابطه ۷:}$$

که در آن: Pv = نسبت پوشش گیاهی است.

ه) تبدیل به دمای سطح زمین: این تبدیل با استفاده از رابطه ۸ که حاصل از مراحل قبل است، حاصل می‌شود (USGS, 2013).

$$T = TB / [1 + (\lambda * TB / 14380) * \ln(e)] \quad \text{رابطه ۸:}$$

که در آن: TB = دمای سلیسیوس حاصل از رابطه ۲، λ = طول موج تابش ساطع شده برای باند حرارتی (جدول ۲) و e = انتشار است.

جدول ۲- طول موج تابش ساطع شده ماهواره‌های لندست

ماهواره	باند	$\lambda(\mu m)$
لندست ۴، ۵ و ۷	۶	۱۱/۴۵
لندست ۸	۱۰	۱۰/۸
لندست ۸	۱۱	۱۲

۲-۳- محاسبه شاخص RSEI

شاخص RSEI ابزاری برای بررسی کمی و کیفی سلامت بوم‌شناختی است. این شاخص اولین بار توسط Hu و Xu (۲۰۱۸) ارائه شده است. شاخص‌های مورد استفاده برای سلامت بوم‌شناختی وزن‌های متفاوتی دارند. رویکردهای مختلفی برای وزن‌دهی به شاخص‌ها وجود دارد. در شاخص RSEI از رویه آماری PCA برای بررسی اثرگذاری شاخص‌های مختلف بر شاخص نهایی سلامت بوم‌شناختی استفاده شده است. PCA یک رویکرد آماری برای فشرده‌سازی چندبعدی داده‌ها است که اثرات همبستگی بین متغیرها و شاخص‌های ورودی را حذف می‌کند. در این تحلیل، شاخص‌های ورودی تبدیل به مؤلفه‌های غیرهمبسته می‌شوند. قبل از اجرای PCA، چهار شاخص مورد بررسی در بازه‌های ۰ تا ۱ قرار گرفتند و سپس PCA محاسبه شد. برای استخراج شاخص RSEI از اولین مؤلفه PCA که بیشترین درصد تغییرات را دارا است استفاده شد (رابطه ۹).

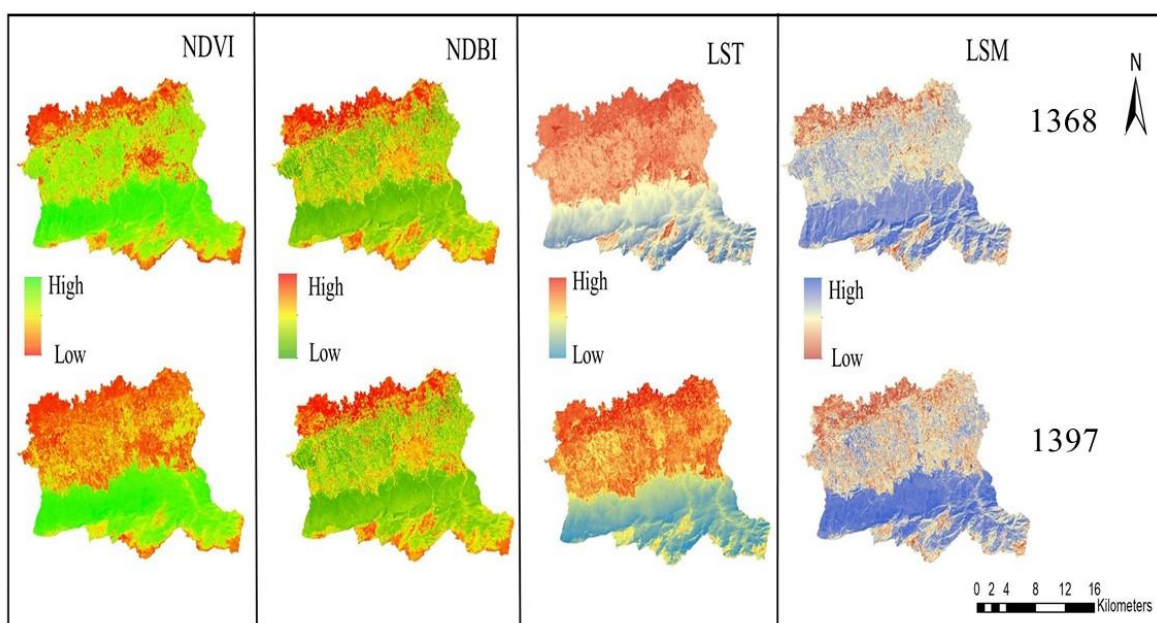
$$RSEI_0 = PC1 [f(NDVI; LSM; LST; NDBSI)] \quad \text{رابطه ۹:}$$

مقدار بالاتر شاخص RSEI نشان‌دهنده کیفیت بالاتر بوم‌شناختی در منطقه است. در مواردی که نقش شاخص‌های مثبت (مانند تراکم پوشش گیاهی) در مؤلفه اول PCA منفی باشد (مانند مطالعه حاضر)، با استفاده از رابطه ۱۰ شاخص اصلاح می‌شود تا مقادیر بالاتر نشان‌دهنده وضعیت بوم‌شناختی بهتری باشد (Hu & Xu, 2018).

$$RSEI = 1 - RSEI_0 = 1 - PC1[f(Wet, NDVI, LST, NDBSI)] \quad \text{رابطه ۱۰:}$$

۳- نتایج و بحث

شاخص‌های تراکم پوشش گیاهی، اراضی ساخته شده، رطوبت سطح زمین و دمای سطح زمین برای سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۹۷ محاسبه شد (شکل ۲). شکل ۲ و جدول ۳ نشان می‌دهد که میزان شاخص NDBI در سال ۱۳۹۷ افزایش چشمگیری نسبت به سال ۱۳۶۸ داشته و میانگین این شاخص از ۰/۴۴ در سال ۱۳۶۸ به ۰/۶۰ در سال ۱۳۹۷ افزایش یافته است. شاخص NDVI نیز به دلیل کاهش پوشش گیاهی و تخریب پوشش در منطقه، کاهش داشته است، به طوری که از مقدار ۰/۵۴ در سال ۱۳۶۸ به مقدار ۰/۴۹ در سال ۱۳۹۷ رسیده است. میانگین شاخص‌های LSM و LST در سال ۱۳۶۸ نسبت به سال ۱۳۹۷ کاهش داشته و این میزان در شاخص LSM از ۰/۸۲ به ۰/۷۶ و در شاخص LST از مقدار ۰/۶۰ به ۰/۵۵ رسیده است.



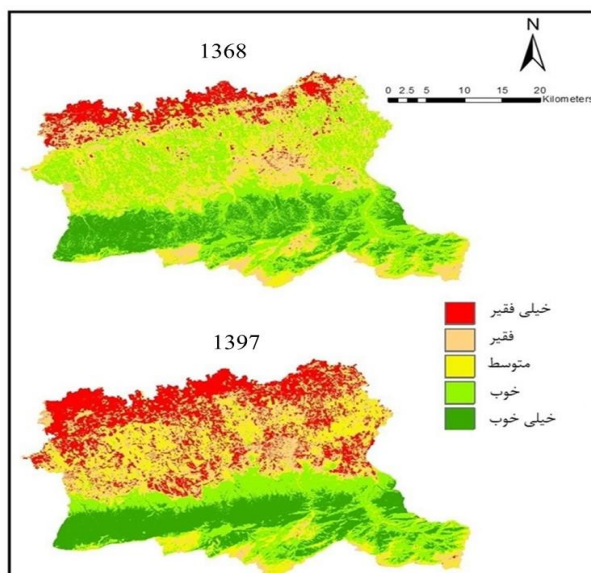
شکل ۲- شاخص‌های NDVI، NDBI، LSM و LST در سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۹۷.

تحلیل PCA برای شاخص‌های چهارگانه انجام و مؤلفه اول به عنوان شاخص RSEI استخراج گردید. میانگین شاخص RSEI در سال ۱۳۶۸، ۰/۵۷ حاصل شد و در سال ۱۳۹۷ این مقدار به ۰/۴۸ رسید که نشان دهنده کاهش مقدار RSEI است. افزایش ساخت و ساز در منطقه و افزایش تغییرات کاربری تأثیر بسزایی در کاهش میزان سلامت بوم‌شناسی در منطقه داشته است.

جدول ۳- نتایج حاصل از تهیه شاخص‌ها و تحلیل مؤلفه اصلی

	۱۳۶۸			۱۳۹۷		
	میانگین	انحراف استاندارد	PC1	میانگین	انحراف استاندارد	PC1
NDVI	۰/۵۴	۰/۱۳	-۰/۴۷۶	۰/۴۹	۰/۱۵	-۰/۴۳۴
NDBI	۰/۴۴	۰/۱۳	۰/۵۸۶	۰/۶۰	۰/۱۶	۰/۵۱۲
LST	۰/۶۰	۰/۱۷	۰/۴۶۸	۰/۵۵	۰/۲۳	۰/۴۰۲
LSM	۰/۸۲	۰/۱۴	-۰/۵۳۶	۰/۷۶	۰/۰۶	-۰/۵۷۳
RSEI	۰/۵۷	۰/۱۳		۰/۴۸	۰/۱۵	

نقشه RSEI برای سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۹۷ در پنج طبقه خیلی فقیر (۰-۰/۲)، فقیر (۰/۲-۰/۴)، متوسط (۰/۴-۰/۶)، خوب (۰/۶-۰/۸) و خیلی خوب (۰/۸-۱) طبقه‌بندی شدند (شکل ۳). نتایج نشان می‌دهد که میزان مساحت طبقه خیلی فقیر در سال ۱۳۶۸، ۱۶۸۰۵/۷۹ هکتار و در سال ۱۳۹۷، ۴۳۴۲۸/۳۳ هکتار بوده است. مساحت طبقه فقیر نیز در سال ۱۳۶۸ به میزان ۳۷۹۴۵/۶۲ هکتار بوده اما در سال ۱۳۹۷ به ۴۶۹۵۴/۸ هکتار رسیده است که نشان از افزایش این دو طبقه داشته است. مساحت طبقه متوسط و خوب هم در دوره زمانی ۱۳۶۸-۱۳۹۷ در منطقه کاهش داشته است. مساحت طبقه متوسط از ۲۰ درصد به ۱۷ درصد و مساحت طبقه خوب از ۳۶ درصد به ۱۹ درصد رسیده است. مقدار مساحت طبقه خیلی خوب در سال ۱۳۶۸، ۳۲۸۲۱/۸۳ هکتار بوده که این مقدار در سال ۱۳۹۷ به ۳۶۸۷۹/۶۶ هکتار رسیده است که نشان‌دهنده افزایش اندک این مقدار است (جدول ۴).



شکل ۳- نقشه حاصل از طبقه‌بندی کیفیت بوم‌شناسی حوضه آبخیز قره‌سو در سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۹۷

جدول ۴- مساحت (هکتار) و درصد ۵ طبقه خیلی فقیر، فقیر، خوب و خیلی خوب در سال‌های ۱۳۶۸ و ۱۳۹۷

سال	خیلی خوب		خوب		متوسط		فقیر		خیلی فقیر	
	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد	مساحت	درصد
۱۳۶۸	۳۲۸۲۱/۸۳	۱۶/۲۶۷	۳۶/۲۷۶	۱۸/۸۰۶	۴۰۹۹۹/۳۲	۲۰/۳۲۰	۳۷۹۴۵/۶۲	۱۸/۸۰۶	۸/۳۲۹	۱۶۸۰۵/۷۹
۱۳۹۷	۳۶۸۷۹/۶۶	۱۸/۲۷۸	۱۹/۸۲۲	۲۳/۲۷۲	۳۴۵۰۷/۸۹	۱۷/۱۰۳	۴۶۹۵۴/۸	۲۳/۲۷۲	۲۱/۲۴	۴۳۴۲۸/۳۳

نتایج نشان می‌دهد که میزان طبقات خیلی فقیر و فقیر در سال ۱۳۹۷ به‌شدت نسبت به سال ۱۳۶۸ بیشتر شده است و مقدار طبقات متوسط و خوب به‌شدت کاسته شده و میزان خیلی خوب مقدار اندکی افزایش داشته است. این نتایج نشان دهنده کاهش میزان کیفیت بوم‌شناسی در این حوضه آبخیز است.

با تطابق دادن نقشه کیفیت بوم‌شناختی طبقه‌بندی شده مربوط به دو سال ۱۳۶۸ و ۱۳۹۷، نقشه نحوه تبدیل طبقات مختلف کیفیت بوم‌شناسی حوضه آبخیز قره تهیه شد (جدول ۵). نتایج نشان داد که بیشترین تبدیل طبقات در این بخش تبدیل طبقه متوسط به فقیر با تبدیل ۱۱۲۱۳/۲۹۴ هکتار و سپس تبدیل فقیر به خیلی فقیر با ۱۰۸۳۶/۳۳۲ هکتار است. کمترین تبدیل طبقات نیز تبدیل خیلی فقیر به خیلی خوب، خوب و خیلی فقیر به خوب بود که به ترتیب صفر و ۵/۰۲۷ هکتار بوده است (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج حاصل از تبدیل طبقات مختلف کیفیت بوم‌شناسی در سال‌های ۱۳۶۸ به ۱۳۹۷

سال	خیلی خوب	خوب	متوسط	فقیر	خیلی فقیر	
۱۳۹۷-۱۳۶۸	۰	۵/۰۲۷	۳۷۱/۹۳۵	۱۹۴۴/۷۶۰	-	خیلی فقیر
	۱۳/۰۲۴	۲۲۰/۸۱۵	۵۰۳۶/۸۶۱	-	۱۰۸۳۶/۳۳۲	فقیر
	۷۴/۲۶۵	۳۳۹۶/۲۴۶	-	۱۱۲۱۳/۲۹۴	۶۴۴۹/۸۱۲	متوسط
	۹۱۶۴/۷۹	-	۱۰۵۳۴/۳۹۶	۱۰۱۰۳/۸۳۳	۶۳۰۲/۶۴۶	خوب
	-	۵۹۵۴/۱۷۰	۳۰/۶۹۶	۱۳/۶۳۴	۷/۶۱۶	خیلی خوب

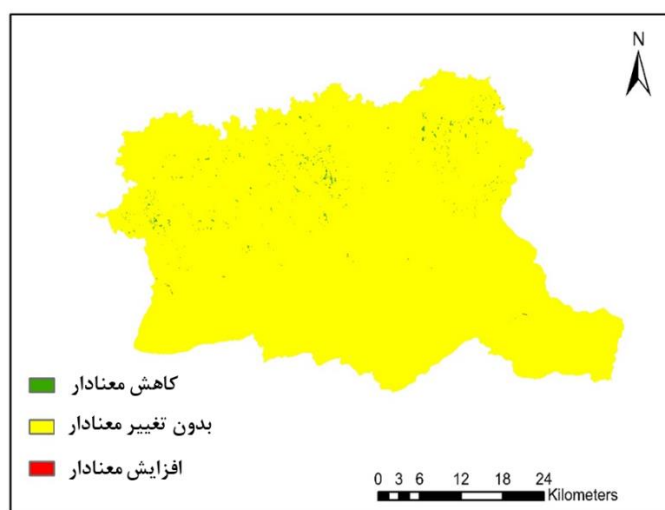
۳-۱- بررسی معناداری تغییرات با روش آستانه‌گذاری

بررسی معناداری تغییرات گام مهمی برای تحلیل تغییرات است. آستانه‌گذاری ۱ رویکردی آماری برای بررسی معناداری تغییرات است (Eastman, 2015). در این رویکرد و با فرض نرمال بودن داده‌ها، آستانه‌های بالا و پایین برای تغییرات تعریف می‌گردد. مقادیر خارج از محدوده آستانه به‌عنوان تغییرات معنادار شناسایی می‌گردد. در داده‌های با توزیع نرمال، ۹۹ درصد داده‌ها در محدوده ۳ انحراف معیار حول میانگین قرار دارد و مقادیر خارج از این محدوده که بسیار نادر هستند به‌عنوان تغییرات معنادار در منطقه استخراج می‌گردد (Eastman, 2015). برای تهیه

نقشه معنادار تغییرات، ابتدا تغییرات شاخص RSEI سال ۱۳۹۷ و سال ۱۳۶۸ طبق رابطه زیر استخراج می شود (رابطه ۱۱):

رابطه ۱۱: شاخص RSEI (۱۳۶۸) - شاخص RSEI (۱۳۹۷) = تغییرات شاخص RSEI

ارزش منفی معنادار، نشان دهنده کاهش معنادار کیفیت بوم شناختی و ارزش مثبت معنادار به عنوان افزایش معنادار کیفیت بوم شناختی استخراج شد (شکل ۴).



شکل ۴- نقشه تغییرات معنادار در سال های ۱۳۶۸ و ۱۳۹۷.

مساحت تغییرات صورت گرفته در جدول ۶ نشان می دهد که بیشترین تغییرات معنادار در بخش بدون تغییرات با مساحت ۲۰۱۰۱۱/۶ هکتار و بعد از آن افزایش معنادار با ۳۴/۷۴ هکتار است و کمترین مقدار معنادار در طبقه کاهش معنادار با ۷۱۸/۸۳ هکتار است.

جدول ۶- تغییرات مساحت حاصل از معناداری تغییرات

نام طبقه	کاهش معنادار	بدون تغییر معنادار	افزایش معنادار
مساحت	۷۱۸/۸۳	۲۰۱۰۱۱/۶	۳۴/۷۴
درصد	۰/۳۵۶	۹۹/۶۲۶	۰/۰۱۷

۴- جمع بندی

در این مطالعه از شاخص بوم شناسی مبتنی بر سنجش از دور (RSEI) برای ارزیابی ویژگی های توزیع مکانی و زمانی شرایط بوم شناسی حوضه آبخیز قره سو استفاده شد. جهت افزایش دقت محاسبات از تصاویر چند زمانه تابستانه لندست TM و OLI در سال های ۱۳۶۸ و ۱۳۹۷ در سامانه گوگل ارث انجین استفاده شد. استفاده از این

سامانه این قابلیت را دارد که بتوان تصاویر متعدد مربوط به بازه موردنظر را همزمان و به صورت برخط تحلیل کرد. ضمن آنکه استفاده از داده‌های چندزمانه (که در این مطالعه با صورت از میانگین‌گیری تصاویر چندزمانه استفاده شده است) خطاهای موجود در داده‌های تک‌زمانه که ممکن است به دلیل مختلف ایجاد شده و بر کیفیت نتایج اثرگذار باشد را کاهش می‌دهد. سنجش‌ازدور برای اندازه‌گیری تقریباً مداوم توزیع فضایی شرایط محیط‌زیستی دارای ارزش است و معیارهای اندازه‌گیری فرایندهای محیط‌زیستی را فراهم می‌کند. در این مطالعه از چهار شاخص NDVI، LSM، NDBI و LST استفاده شد و بعد از تحلیل مؤلفه‌های اصلی، شاخص RSEI تهیه شد. به کارگیری شاخص‌ها جهت بررسی شرایط موجود در یک منطقه در مطالعات فراوان بررسی شده است، اما آنچه که در این مطالعه فراتر از سایر مطالعات به آن پرداخته شده است بررسی تجمیعی این شاخص‌ها جهت استخراج یک شاخص برای نشان دادن وضعیت بوم‌شناختی حوضه قره‌سو است. با مرور منابع مشخص گردید که نمونه مشابهی با این رویکرد در مطالعات داخل کشور وجود ندارد. نتایج حاصل نشان داد که وضعیت کیفیت بوم‌شناسی در حوضه آبخیز قره‌سو کاهش چشمگیری داشته به صورتی که میانگین آن در سال ۱۳۳۸ مقدار ۰/۵۷ بوده اما در سال ۱۳۹۷ این مقدار به ۰/۴۸ رسیده است. نتایج مربوط به ضرایب بارگذاری مربوط به شاخص‌ها در مؤلفه اول PCA نشان می‌دهد که بیشترین میزان تغییرات شاخص کیفیت بوم‌شناختی در سال ۱۳۳۸ و ۱۳۹۷ متأثر از دو شاخص مناطق انسان‌ساخت و رطوبت سطح خاک بوده است. به گونه‌ای که میزان این بارگذاری در مؤلفه اول برای این دو شاخص بیش از ۰/۵۰ بوده است. این نتایج نقش عامل انسانی را در افت کیفیت بوم‌شناختی منطقه به خوبی نشان می‌دهد. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین تغییرات صورت گرفته در میزان کیفیت بوم‌شناختی منطقه مربوط به کمربند میانی منطقه و در بین اراضی کشاورزی صورت گرفته است و تغییر نوع کاشت محصول و تبدیل به اراضی خشک می‌تواند یکی از عوامل باشد که این نتایج با نتایج مختاری و همکاران (۱۳۹۸)، مهری و همکاران (۱۳۹۷) همخوانی دارد. کمترین تغییرات نیز در بخش کمربند جنوبی منطقه و در بخش‌های جنگلی صورت گرفته است. نتایج مطالعات دیگر (راحتی نمین و مرتضوی (۱۳۹۷)) که به تغییرات پوشش کاربری در حوضه آبخیز قره‌سو طی سال‌های ۱۳۳۶ و ۱۳۸۸ پرداختند نیز نشان داد که بیشترین تغییرات حاصل شده، ساخت‌وسازهای انسانی در بخش شمال منطقه طی این سال‌ها بوده است. همچنین مطالعه مهری و همکاران (۱۳۹۷) که بر تغییرات کاربری حوضه آبخیز قره‌سو در سال‌ها ۱۳۶۳ و ۱۳۹۲ پرداختند نشان دهنده کاهش ۱۲ درصدی مساحت جنگل و ۵ درصدی کشاورزی و افزایش ۲۹ درصدی مساحت مناطق انسان‌ساخت و ۱۴ درصدی مرتع است که با نتایج حاصل از کیفیت بوم‌شناختی این پژوهش که کاهش میزان کیفیت بوم‌شناختی می‌باشد، نیز همخوانی دارد. از شاخص RSEI می‌توان برای نظارت بر وضعیت محیط‌زیست منطقه‌ای استفاده کرد. NDBI و LST می‌تواند اثرات منفی بر RSEI ایجاد کنند، درحالی‌که NDVI و رطوبت سطح زمین دارای اثرات مثبت بر RSEI هستند. RSEI نه تنها یک مقدار عددی واحد برای

توصیف یک شرایط کلی محیط‌زیستی فراهم می‌کند، بلکه یک تصویر محیط‌زیستی قابل مشاهده نیز دارد که موقعیت و میزان شرایط مختلف محیط‌زیستی را نشان می‌دهد. چنین اطلاعاتی برای فرآیند تصمیم‌گیری در مورد مدیریت و بازیابی کیفیت محیط‌زیستی منطقه از جمله اقدامات کنترل تخریب جنگل از اهمیت بسیاری بالایی برخوردار است. بنابراین، RSEI می‌تواند به عنوان یک گزینه مناسب برای نظارت بر وضعیت بوم‌شناختی منطقه باشد. از تکنیک RSEI به عنوان یک روش برای تعیین کمیت و شناسایی تغییرات بوم‌شناختی در طول زمان و در نتیجه ارتقا تشخیص تغییرات بوم‌شناختی در مقیاس‌های مختلف استفاده می‌شود. هدف توسعه RSEI، ارزیابی وضعیت بوم‌شناختی عمومی با استفاده از شاخص‌های مختلف است که کاملاً با شرایط عمومی بوم‌شناختی ارتباط دارند. اجرای برنامه‌ریزی علمی بوم‌شناسی منجر به بهبود کیفیت کلی بوم‌شناختی می‌شود. البته لازم به ذکر است که عدم قطعیت موجود در این مطالعه می‌تواند بر نتایج اثرگذار باشد. نمونه‌هایی از این عدم قطعیت را می‌توان در تأثیرپذیری شاخص‌ها از شرایط اتمسفری بیان نمود. اگرچه با تصحیح اتمسفری می‌توان میزان این نوع عدم قطعیت را کاهش داد، اما به دلیل استفاده از تصاویر متعدد در این مطالعه برای استخراج شاخص‌ها به تصحیحات اولیه ارائه شده بر روی تصاویر اکتفا شده است. با این حال استفاده از ابزار میانگین برای شاخص‌ها تا حد زیادی بر نویزهای موجود در تصاویر که به صورت داده‌هایی با فراوانی کمتر ظهور پیدا می‌کنند چیره می‌شود. ضمن آن‌که شاخص RSEI استفاده شده در این مطالعه نیز، به دلیل آن‌که مبتنی بر مؤلفه اول تحلیل مؤلفه‌های اصلی است، به دلیل عدم استفاده از مؤلفه‌های دیگر که در اکثر موارد شامل داده‌های مربوط به نویز با فراوانی کمتر هستند، تا حد زیادی اثرات اتمسفری را در نتایج حذف و یا کاهش می‌دهد.

کتابنامه

- راحتی نمین، بهناز؛ مرتضوی، ثمر؛ ۱۳۹۷. پیش‌بینی روند تغییرات مکانی کاربری اراضی و توسعه مناطق مسکونی با استفاده از مدل زنجیره‌های CA مارکوف و روش ژئومد، مطالعه موردی: حوزه آبخیز قره‌سو، استان گلستان. فصلنامه علمی - پژوهشی فضای جغرافیایی. ۱۸ (۶۲). صص ۱۶۹-۱۵۹.
- رباطی، م. ۱۳۹۴. سنجش کیفیت محیط‌زیست شهری با به کارگیری مدل شاخص ترکیبی (مورد مطالعه: کلان‌شهر تهران). آمایش سرزمین. شماره ۷ (۲). صص ۲۷۵-۲۵۵.
- صیدی، سمیه؛ عبدی قروچای، ناهید؛ حسن‌زاده، امین؛ ۱۳۹۷. ارزیابی وضعیت کیفیت محیط شهری با استفاده از شاخص‌های سنجش از دور. فصلنامه پژوهش‌های علوم جغرافیایی، معماری و شهرسازی. شماره ۲ (۱۳). صص ۱۱۳-۱۲۶.
- مختاری، محمدحسین؛ عابدیان، سحر؛ قلی‌پور، مصطفی؛ ۱۳۹۸. آشکارسازی و مدل‌سازی روند تغییرات کاربری اراضی جنگلی حوزه آبخیز قره‌سو با استفاده از سنج‌های سیمای سرزمین. بوم‌شناسی کاربردی. شماره ۴. صص ۱۸-۱.

مهری، آزاده؛ سلمان ماهینی، عبدالرسول؛ میکائیلی تبریزی، علیرضا؛ میرکریمی، سید حامد؛ ۱۳۹۷. ارزیابی اثرات بوم‌شناختی تغییر کاربری سرزمین بر ساختار طبیعی حوضه رودخانه قره‌سو. *آمایش سرزمین*. شماره ۱۰ (۱). صص ۹۳-۱۱۶.

- Avdan U, Jovanovska G., 2016. Algorithm for automated mapping of land surface temperature using LANDSAT 8 satellite data. *Journal of Sensors* 26: 1-8.
- Barsi J, Schott J, Hook S, Raqueno N, Markham B, Radocinski R. 2014. Landsat-8 thermal infrared sensor (TIRS) vicarious radiometric calibration. *Remote Sensing* 6 (11): 11607-11626.
- Behling R, Bochow M, Foerster S, Roessner S, Kaufmann, H., 2015. Automated GIS-based derivation of urban ecological indicators using hyperspectral remote sensing and height information. *Ecological indicators* 48: 218-234.
- Binh TNKD, Vromant N, Hung NT, Hens L, Boon EK., 2005. Land cover changes between 1968 and 2003 in Cai Nuoc, Ca Mau peninsula, Vietnam. *Environment, Development and Sustainability* 7 (4): 519-536.
- Dale VH, Beyeler SC., 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological indicators* 1 (1): 3-10.
- Eastman JR. 201. TerrSet tutorial. Clark University.
- Foley JA, De Fries R, Asner GP, Barford C, Bonan G, Carpenter SR, Chapin FS, Coe MT, Daily GC, Gibbs HK, Helkowski JH, Holloway T, Howard EA, Kucharik CJ, Monfreda C, Patz JA, Prentice IC, Ramankutty N, Snyder P. K. 2005. Global consequences of land use. *Science*. 309 :570-574.
- Gesse, A. A., & Melesse, A. M., (2019). Temporal relationships between time series CHIRPS-rainfall estimation and eMODIS-NDVI satellite images in Amhara Region, Ethiopia. In *Extreme Hydrology and Climate Variability* (pp. 81-92). Elsevier.
- Halmy MWA., 2019. Assessing the impact of anthropogenic activities on the ecological quality of arid Mediterranean ecosystems (case study from the northwestern coast of Egypt). *Ecological Indicators* 101: 992-1003.
- Heinz IIIHJ., 2002. *The State of the Nation's Ecosystems: Measuring the Lands, Waters, and Living Resources of the United States*: Cambridge University Press.
- Hu X, Xu H., 2018. A new remote sensing index for assessing the spatial heterogeneity in urban ecological quality: A case from Fuzhou City, China. *Ecological indicators* 89: 11-21.
- Huang C, Wylie B, Yang L, Homer C, Zylstra G., 2002. Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance. *International journal of remote sensing* 23 (8): 1741-1748.
- Jing Y, Zhang F, He Y, Johnson VC, & Arikena, M., (2020). Assessment of spatial and temporal variation of ecological environment quality in Ebinur Lake Wetland National Nature Reserve, Xinjiang, China. *Ecological Indicators* 110, 105874.
- Kaplan G, Avdan U, Avdan ZY., 2018. Urban heat island analysis using the landsat 8 satellite data: A case study in Skopje, Macedonia. In *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings* 2 (7).
- Koh CN, Lee PF, Lin RS., 2006. Bird species richness patterns of northern Taiwan: primary productivity, human population density, and habitat heterogeneity. *Diversity and Distributions* 12 (5): 546-554.

- Lin T, Ge R, Huang J, Zhao Q, Lin J, Huang N, Zhang G, Li X, Ye H, Yin K., 2016. A quantitative method to assess the ecological indicator system's effectiveness: a case study of the Ecological Province Construction Indicators of China. *Ecological indicators* 62: 95-100.
- Lin T, Lin JY, Cui SH, Cameron S., 2009. Using a network framework to quantitatively select ecological indicators. *Ecological Indicators* 9 (6) : 1114-1120.
- Musse MA, Barona DA, Rodriguez LMS., 2018. Urban environmental quality assessment using remote sensing and census data. *International journal of applied earth observation and geoinformation* 71: 95-108.
- Niemi GJ, McDonald ME., 2004. Application of ecological indicators. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst* 35: 89-111.
- Rajeshwari A, Mani ND., 2014. Estimation of land surface temperature of Dindigul district using Landsat 8 data. *International Journal of Research in Engineering and Technology* 3 (5): 122-126.
- Seddon AW, Macias-Fauria M, Long PR, Benz D, Willis KJ., 2016. Sensitivity of global terrestrial ecosystems to climate variability. *Nature* 531 (7593).
- Tsou J, Zhuang J, Li Y, Zhang Y., 2017. Urban heat island assessment using the Landsat 8 data: a case study in Shenzhen and Hong Kong. *Urban Science* 1 (1): 1-20.
- USGS ., 2013. United States Geological Survey, Landsat 8: U.S. Geological Survey Fact Sheet 2013–3060. <http://pubs.usgs.gov/fs/2013/3060>.
- Wang L, Qu JJ., 2007. NMDI: A normalized multi- band drought index for monitoring soil and vegetation moisture with satellite remote sensing. *Geophysical Research Letters* 34 (20).
- Wen X, Ming Y, Gao Y, Hu X., 2020. Dynamic Monitoring and Analysis of Ecological Quality of Pingtan Comprehensive Experimental Zone, a New Type of Sea Island City, Based on RSEI. *Sustainability* 12 (1), 21.
- Xu H, Ding F, Wen X., 2009. Urban expansion and heat island dynamics in the Quanzhou region, China. *IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing* 2 (2): 74-79.
- Xu H. 2008. A new index for delineating built- up land features in satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing* 29 (14): 4269-4276.
- Yue H, Liu Y, Li Y, Lu Y., 2019. Eco-environmental quality assessment in China's 35 major cities based on remote sensing ecological index. *IEEE Access* 7: 51295-51311.
- Zhang J, Zhu Y, Fan F., 2016. Mapping and evaluation of landscape ecological status using geographic indices extracted from remote sensing imagery of the Pearl River Delta, China, between 1998 and 2008. *Environmental Earth Sciences* 75 (4): 1-16.



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

صص ۱۷۸-۱۶۱

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2021.67780.1003>

مقاله پژوهشی

واکاوی همدیدی بارش سنگین مورخ ۲۸ اسفند ۱۳۹۷ شهر مینودشت

مهدی فروتن- دانش آموخته کارشناسی ارشد رشته آب و هواشناسی سینوپتیک، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

برومند صلاحی^۱ - استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۲۵ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۱/۲۱ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۲/۷

چکیده

بارش‌های سنگین حاصل از الگوهای جوی بسته به وسعت فعالیت و بازه‌ی زمانی رخداد آن می‌تواند حوادث و پیامدهای ناگواری مانند وقوع سیل به همراه داشته باشند. پژوهش حاضر به منظور تحلیل همدید بارش سنگین ۱۷۱/۵ میلی‌متری منجر به سیل در شهر مینودشت روز ۲۸ اسفندماه سال ۱۳۹۷ نگارش یافته است. دیدگاه این تحقیق محیطی به گردشی بوده و نخست مقدار بارش ایستگاه زمینی مینودشت مشخص شد و با دریافت داده‌های سطوح فوقانی اتمسفر از وبسایت مرکز ملی پیش‌بینی محیطی (NCEP/NCAR) و تحلیل آن‌ها علت رخداد بارش سنگین آشکار شد. به منظور بررسی شرایط همدید، با استفاده از محیط نرم‌افزار گردس به ترسیم نقشه‌های فشار سطح تراز دریا، و در سطوح فوقانی جو، ارتفاع ژئوپتانسیل، بردار باد، تاوایی، امگا، ضخامت، پیچانه و وزش رطوبتی (تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال) پرداخته شد. نتایج حاصل از تحلیل نقشه‌ها نشان دادند در زمان وقوع بارش سنگین سامانه‌های پرفشاری در مغولستان و جنوب چین تشکیل یافته و شیب گرادیان فشار و جبهه شدیدی با سیستم کم‌فشار حاکم بر روی مینودشت ایجاد کرده است. در سطوح فوقانی جو وجود بلوکی‌نگ کم‌فشار بریده همچون مانعی بر سر راه بادهای غربی قرار گرفته و باعث ریزش جریان بادهای غربی به سمت منطقه مورد مطالعه شده است. علاوه بر این ضخامت زیاد جو منطقه مورد مطالعه و حاکمیت مقدار پیچانه منفی به ناپایداری هوا منجر شده و وجود هسته‌های مثبت تاوایی و امگای منفی نشان‌دهنده جوی ناپایدار در روزهای مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه بوده است. هم‌چنین تغذیه رطوبتی از منابع رطوبتی مانند دریای خزر، آرال، دریای سیاه و مدیترانه شرایط ویژه‌ای را برای ریزش شدید بارش فراهم آورده است.

کلیدواژه‌ها: تحلیل همدید، بارش سنگین، مینودشت.

۱- مقدمه

بارش یک عنصر پراهمیت و مؤثر بر جامعه و فعالیت‌های بشری می‌باشد طوری که در تمامی برنامه‌ریزی‌های محیطی و اقتصادی رکن اصلی تحقیقات به حساب می‌آید (فادری و علیجانی، ۱۳۸۹)؛ بنابراین با شناسایی الگوهای سینوپتیکی مؤثر می‌توان بارش‌های سنگین و فراگیر را پیش‌بینی نمود (باعقیده و همکاران، ۱۳۹۱).

مطالعات فراوانی در رابطه با تحلیل سینوپتیک وقوع بارش‌های سنگین در دنیا به عمل آمده است. روبرت^۱ و همکاران (۱۹۹۸) ارتباط الگوهای شرایط جو بالا با وقوع بارش‌های سنگین تابستان در ایالت یوتا را مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند در ایجاد بارش‌های سنگین انتقال رطوبت از اقیانوس اطلس نقش مهمی داشته است. لاکمن^۲ و جیاکوم^۳ (۱۹۹۹) بارش‌های سنگین فصل سرد در شمال غربی ایالات متحده را مورد واکاوی قرار دادند. آن‌ها دریافتند که سیکلون‌های متحرک در انتقال رطوبت به شمال غرب ایالات متحده نقش مهمی داشته‌اند. کوترونی^۴ و همکاران (۱۹۹۹) مطالعه‌ای در مورد ارتباط جبهه سرد با بارش رگباری یازدهم و دوازدهم ژانویه ۱۹۹۷ در یونان با استفاده از مدل WRF^۵ انجام دادند. کریچک^۶ و همکاران (۲۰۰۰) الگوهای همدید مؤثر در دوره‌های پربارش و کم‌بارش شرق دریای مدیترانه را مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که در طول ماه‌های مرطوب یک تراف میان سیبری و شرق دریای مدیترانه به وجود می‌آید و در طول ماه‌های خشک پرفشار سیبری بزرگ‌تر شده و کم‌فشار سطح زمین تا قسمت مرکزی شمال دریای مدیترانه جابه‌جا می‌شود. کاهان^۷ و همکاران (۲۰۰۲) سیل‌های بزرگ طی دوره آماری (۱۹۶۵-۱۹۹۴) را مورد بررسی و تحلیل سینوپتیکی قرار دادند و به این نتیجه دست یافتند که ناوهای روی دریای سرخ و کم‌فشار روی سوریه نقش مهمی در وقوع این بارش‌های سیلابی داشته‌اند. رضا کووا^۸ و همکاران (۲۰۰۵) به بررسی شرایط سینوپتیکی بارش‌های سیل‌زا در اوت ۲۰۰۲ در کشور چک پرداختند و به این نتیجه دست یافتند این بارش به وسیله گرادیان افقی در قسمت عقب سیکلون که به سمت شمال شرقی اروپای مرکزی پیشروی داشته شکل گرفته و وضعیت برای انتقال رطوبت هوا و صعود اوروگرافی در منطقه مهیا بوده است. لانا^۹ و همکاران (۲۰۰۷) الگوهای جوی پدیدآورنده بارش‌های سنگین جزایر بالئاریک در شرق اسپانیا را طی دوره آماری ۹ ساله (۲۰۰۴-۱۹۹۵) مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها هشت الگوی جوی را به دست آوردند که رابطه قوی بین بارش‌های شدید و طوفان‌ها داشته است و دریافتند حدود ۸۷ درصد بارش‌های سنگین زمانی به وقوع پیوسته که یک

1 Robert

2 Lackmann

3 Gyakum

4 Kotroni

5 Weather Research and Forecasting

6 Krichak

7 Kahan

8 Rezacova

9 Lana

مرکز سیکلون در شعاع ۶۰۰ کیلومتری جزیره واقع شده بود. ماتلیک^۱ و همکاران (۲۰۰۸) الگوهای گردشی بارش سنگین ایالت استونی را در بازه زمانی ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ مورد مطالعه قرار دادند و نتایج آن‌ها نشان داد که در بیشتر بارش‌های رخ داده کم‌فشارها و سامانه‌های جبهه‌ای نقش بسزایی داشته‌اند. کارلالیما^۲ و همکاران (۲۰۰۹) به مطالعه وقوع بارش‌های سنگین در تابستان‌های گرم و مرطوب پرداختند. نتایج نشان داد که این بارش‌ها متأثر از دو نوع آشفتگی جوی: ۱- جبهه ۲- منطقه همگرایی آتلانتیک جنوبی بوده‌اند. جهانبخش اصل و ذوالفقاری (۱۳۸۱) الگوهای سینوپتیک بارش‌های روزانه در غرب ایران را مورد بررسی قرار دادند. حمیدیان‌پور و همکاران (۱۳۸۹) به شناسایی الگوهای همدیدی بارش‌های شدید شمال غرب ایران پرداختند و به این نتیجه رسیدند که سه نوع الگوی کم‌فشار سودانی، کم‌فشار مدیترانه‌ای و ترکیبی سودانی- مدیترانه‌ای در ریزش بارش‌های سنگین مؤثر بوده‌اند. گندمکار (۱۳۸۹) به بررسی بارش‌های شدید در نواحی جنوبی استان بوشهر پرداخت و نتیجه او نشان داد ورود سامانه کم‌فشار سودانی از جنوب و جنوب غرب کشور به همراه شرایط صعود محلی در منطقه بارش‌های شدیدی در پی داشته است. خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۹۱) به مطالعه سینوپتیکی بارش‌های شدیدی شمال غرب ایران پرداختند و نتیجه گرفتند که کم‌فشار ایسلند و کم‌فشار دریای سرخ باعث ایجاد ریزش‌های شدید شده‌اند. کریمپور و همکاران (۱۳۹۲) با بررسی الگوهای همدیدی بارش‌های سیل‌آسا در استان لرستان چهار الگوی همدیدی مؤثر در ریزش شدید بارش را شناسایی نمودند. صلاحی و عالی‌جهان (۱۳۹۲) با تحلیل سینوپتیکی مخاطرات اقلیمی شهرستان یاسوج به این نتیجه دست یافتند که بین مراکز پرفشار حاکم در غرب و مرکز چین، شمال شرق پاکستان و سیبری با مراکز کم‌فشار سودان، جنوب شرق آسیا و ایسلند شیو فشار ایجاد شده و به ناپایداری هوا و ریزش بارش سنگین منجر شده است. گل‌کار و محمدی (۱۳۹۲) وضعیت آماری و سینوپتیکی بارش‌های سنگین خراسان جنوبی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بارش توزیع ناهمگنی از نظر مقدار و زمان بارش در تمامی ایستگاه‌ها داشته و تمامی بارش‌ها از سیستم دوگانه سودانی و سیبری متأثر بوده‌اند. برنا (۱۳۹۶) به شناسایی الگوهای همدید بارش‌های سنگین در حوضه مارون پرداخت و نتایج تحقیق او نشان داد این بارش متأثر از حضور فرود دریای سرخ و کم‌فشار سودانی منطبق بر خاستگاه فضایی دریا‌های سرخ، خلیج فارس و جنوب غربی ایران بوده و غالباً منشأ سودانی داشته است.

با عنایت به قرارگیری منطقه مینودشت در مجاورت دریای خزر و وجود رطوبت کافی در منطقه، بر اساس مشاهدات موجود در سال‌های گذشته، بارش سنگین به کرات در این منطقه اتفاق افتاده و سبب خسارات و خرابی‌های زیادی شده است. بدیهی است برای مبارزه با آثار مخرب پدیده سیل، شناسایی الگوهای ایجادکننده آن

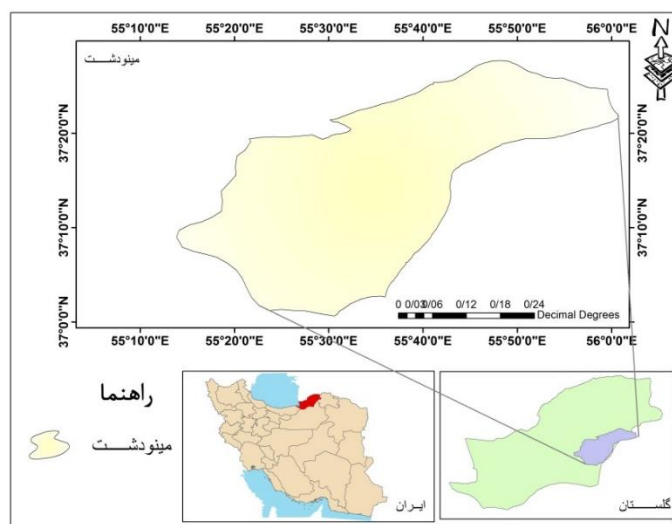
1 Matlik

2 Carla Lima

ضرورت دارد لذا در این مقاله سعی شده است علل همدیدی وقوع بارش‌های منجر به سیل به شکل موردی بحث و بررسی شود.

۲- منطقه مورد مطالعه

شهرستان مینودشت در موقعیت جغرافیایی ۵۵ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی در شرق استان گلستان قرار گرفته است. مساحت این شهرستان ۱۵۷۶/۵۷ کیلومتر مربع می‌باشد. این شهرستان از دو بخش مرکزی و گالیکش، دو شهر مینودشت و گالیکش، ۶ دهستان و ۱۲۶ آبادی مسکونی تشکیل یافته است (ضیایی و همکاران، ۱۳۹۰). شکل ۱ نقشه مختصات جغرافیایی شهرستان مینودشت را در ایران و استان نشان می‌دهد.



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی مینودشت در ایران و گلستان

۳- مواد و روش‌ها

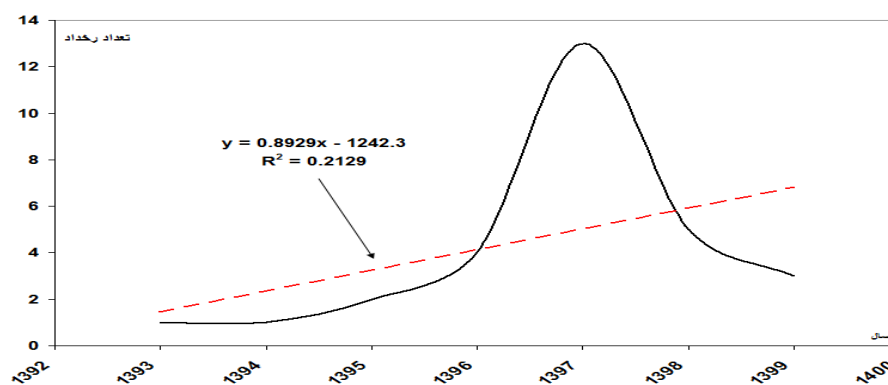
در این تحقیق که به روش محیطی به گردشی نگارش یافته است به منظور تحلیل بارش سنگین مینودشت از داده‌های ایستگاه‌های زمینی و سطوح فوقانی جو استفاده شده است. برای این کار ابتدا به اخذ داده‌های مربوطه از اداره هواشناسی استان گلستان پرداخته شد. داده‌های بارش ایستگاه زمینی مورد استفاده در این تحقیق، مربوط به ایستگاه مینودشت استان گلستان می‌باشد که در روز ۲۸ اسفند سال ۱۳۹۷ میزان ۱۷۱/۵ میلی‌متر بارش داشته است. هم‌چنین به منظور ترسیم نقشه‌های سینوپتیکی در محیط نرم‌افزار گرس^۱ و تحلیل آن‌ها از داده‌های سطوح فوقانی جو نظیر

¹ 1 Grads

داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل^۱، فشار سطح تراز دریا^۲، امگا^۳، باد مداری^۴ و باد نصف‌النهاری^۵ استفاده شد. برای تهیه این داده‌ها از وب‌سایت مرکز ملی پیش‌بینی محیطی (NCEP/NCAR) استفاده شد. در این پژوهش به‌منظور مشخص نمودن آرایش الگوهای مؤثر بر وقوع بارش از دو روز قبل از وقوع آن شرایط جوی با استفاده از نقشه‌های فشار سطح تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، بردار باد، امگا، پیچانه، تاوایی، ضخامت، وزش رطوبتی (تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال به‌عنوان نماینده ترازها) مورد بررسی قرار گرفت. همه این نقشه‌ها در محدوده طول جغرافیایی ۰ تا ۱۰۰ درجه و عرض جغرافیایی ۱۰ تا ۷۰ درجه تهیه شدند.

۴- نتایج و بحث

شکل ۲ روند میزان بارش‌های سنگین بیش از ۳۰ میلی‌متر در شبانه‌روز طی دوره آماری سالهای ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۹ را نشان می‌دهد. بر اساس این شکل، در سال ۱۳۹۷، تعداد روزهای بارشی بیش از ۳۰ میلی‌متر، ۱۳ رخداد بوده و بر اساس معادله به‌دست‌آمده، شیب روند آن افزایشی است.



شکل ۲ - بارش‌های بیش از ۳۰ میلی‌متر در منطقه مورد مطالعه طی سال‌های (۱۳۹۳-۱۳۹۹)

- ۱ منظور از ارتفاع ژئوپتانسیل ۵۰۰ میلی‌بار ارتفاعی است که در آن فشار هوا ۵۰۰ میلی‌بار است.
- ۲ منظور از فشار سطح تراز دریا فشاری است که در ایستگاه‌های هواشناسی با نام QFF درج می‌شود و بر اساس تصحیحات موجود استانداردسازی می‌شود.
- ۳ متغیر امگا میزان ناپایداری و حرکات قائم هوا را نشان می‌دهد.
- ۴ مؤلفه مداری، وضعیت باد را در جهت مدارات نشان می‌دهد که در آن مقادیر منفی معرف جهت شرقی و مقادیر مثبت معرف جهت غربی می‌باشد.
- ۵ مؤلفه نصف‌النهاری، وضعیت باد را در جهت نصف‌النهارات نشان می‌دهد که در آن مقادیر منفی بردار باد جهت شمالی و مقادیر مثبت بردار جهت جنوبی مؤلفه هستند.

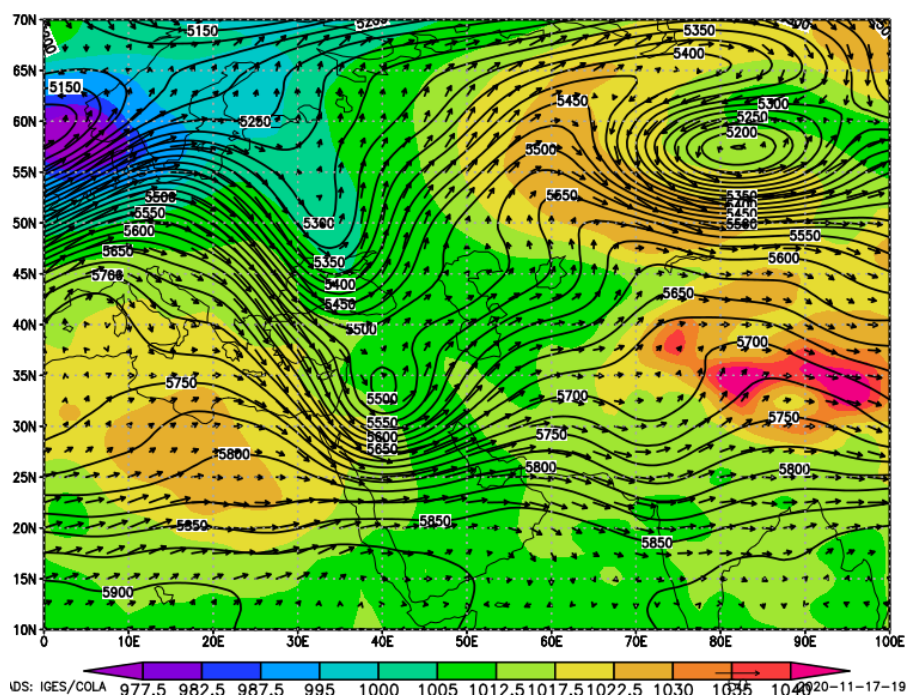
۴-۱- وضعیت فشار تراز سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل و بردار باد

به منظور واکاوی همدید بارش سنگین ۲۸ اسفند ۱۳۹۷ این شرایط از دو روز قبل از وقوع بارش مورد بررسی قرار گرفت. نقشه ترسیم شده برای ساعت صفر زولو روز ۲۶ اسفند سال ۱۳۹۷ (شکل ۳) نشان می دهد یک سیستم کم فشار قدرتمندی با مرکزیت ۹۸۲/۵ هکتوپاسکال در شمال اروپا به وجود آمده و زبانه های آن قسمت های شمال ایران را پوشش داده است. به طوری که خط هم فشار ۱۰۱۰ میلی بار آن بر فراز منطقه مورد مطالعه کشیده شده است. از دیگر مراکز فشار مؤثر بر منطقه می توان به سیستم پرفشار جنوب چین و مغولستان با هسته های مرکزی به ترتیب ۱۰۴۰ و ۱۰۲۷/۵ میلی بار و پرفشار شمال آفریقا با کانون مرکزی ۱۰۲۲/۵ نام برد. وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای این روز نشان می دهد مراکز کم ارتفاع قدرتمندی در شمال اروپا و شمال مغولستان با کانون مرکزی به ترتیب ۵۱۰۰ و ۵۲۰۰ متر مشاهده می شود. در غرب عراق یک بلوکینگ کم فشار بریده به وجود آمده است. این پدیده منجر به ایجاد ناوهای در جنوب خود شده که محور فرود این ناوه در شمال عربستان واقع شده است. منطقه مورد مطالعه در این روز در محل جلوی محور فرود این ناوه قرار گرفته و چرخندگی مثبت در این ناحیه منجر به واگرایی در سطوح فوقانی جو شده و وضعیت ناپایداری به دنبال داشته است. با نگاهی به جریان باد شکل گرفته در این روز مشاهده می شود بادهای غربی در ابتدا تحت تأثیر حرکت پادساعتگرد سیستم کم فشار شمال اروپا قرار گرفته اند و دو مسیر شرقی و شمال شرقی به خود گرفته اند. بادهایی که به سمت شرق حرکت نموده با حرکت سینوسی خود و حمل رطوبت دریای سیاه و مدیترانه پیش از برخورد با بلوکینگ کم فشار بریده به صورت دوشاخه شده و قسمتی به سمت شمال شرق و قسمتی دیگر جهت جنوب شرقی بافته اند. این بادهای با گذر از روی دریای سرخ و حمل رطوبت آن تحت تأثیر ناوهای واقع در شمال عربستان قرار گرفته اند و در ادامه با چرخندگی مثبت توده هوا در شرق این ناوه جریان این بادهای نیز به سمت عرض های شمالی حرکت نموده و وارد ناحیه مطالعاتی گشته اند.

در روز ۲۷ اسفندماه (شکل ۴) در روی منطقه مورد مطالعه سامانه کم فشاری با قدرت مرکزی ۹۹۵ میلی بار تشکیل یافته و با سیستم های پرفشار شرق و شمال شرق خود شیب فشار و جبهه شدیدی ایجاد کرده است. در این روز سیستم پرفشار واقع در مغولستان نسبت به روز قبل بزرگ تر شده و پرفشار روی چین به صورت چند کانون درآمده و حرکت شرق سو یافته است. وضعیت ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای این روز نشان می دهد مرکز کم ارتفاع شمال اروپا حرکت شرق سو یافته و مراکز بلوکینگ کم فشار بریده به صورت دو کانون ۵۵۵۰ متر در گرجستان و شمال ایران مستقر شده اند. محور فرود ناوهای شمال عربستان در این روز حرکت شرق سو یافته و در قسمت های مرکزی و جنوب ایران حاکم شده است. با توجه به قرارگیری هسته بلوکینگ و سیستم کم فشار و حرکت پادساعتگرد آن در روی منطقه مورد مطالعه باعث شده جریانات صعودی هوا در شرق محور ناوه به سمت

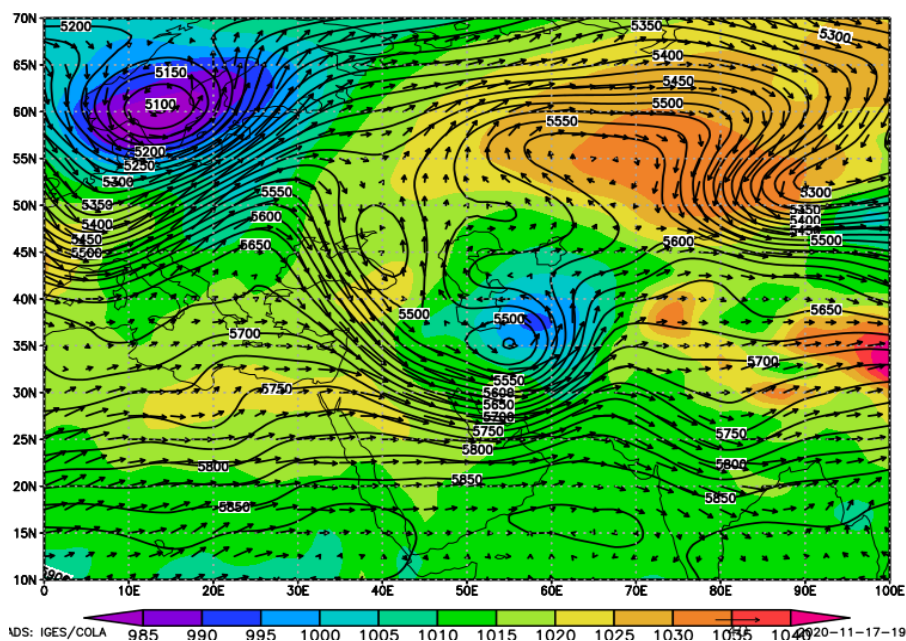
ناحیه پژوهشی متمایل یابد و موجب برهم خوردن شرایط جو منطقه پژوهشی شود. شرایط باد برای این روز نشان می‌دهد بادهای غربی با حمل رطوبت دریای سیاه و مدیترانه به سمت جنوب ایران پیشروی نموده و در آنجا تحت تأثیر ناوهای موجود قرار گرفته‌اند. در ادامه طی حرکت چرخندی و رو به عرض‌های بالا در شرق ناوه و هم‌چنین تحت تأثیر حرکت سیکلونیک حاکم بر منطقه مورد مطالعه قرار گرفته‌اند و رطوبت خود را بر آسمان منطقه پژوهشی تزریق نموده‌اند.

شکل ۵ برای روز ۲۸ اسفندماه نشان می‌دهد سیستم پرفشار مغولستان از حیث مداری گسترش یافته و به ۱۰۴۰ میلی‌بار رسیده و پرفشار جنوب چین ضعیف گشته و به ۱۰۳۰ میلی‌بار رسیده است. در این روز مرکز کم‌فشار شمال اروپا به روی دریای شمالگان حرکت داشته و در سودان نیز یک کم‌فشاری با هسته‌ی مرکزی ۱۰۰۷/۵ هکتوپاسکال به وجود آمده است. سامانه کم‌فشار روی منطقه مورد مطالعه در این روز حرکت شرق‌سو یافته و کانون مرکزی آن به ۱۰۰۵ میلی‌بار رسیده و منطقه پژوهشی زیر نفوذ زبانه ۱۰۱۵ میلی‌بار آن واقع گشته است. با توجه به قرارگیری این سامانه‌های فشار مشاهده می‌شود شیب گرادیان فشاری که منجر به شدت یافتن سرعت باد بین مراکز چرخندی و واچرخندی شده است. سامانه پرفشار واقع در شمال چین با حرکت ساعتگرد خود باعث انتقال جریان باد و رطوبت دریای خزر و آرال به سمت منطقه مورد مطالعه شده و حاکمیت سیستم کم‌فشار در منطقه و حرکت پادساعتگرد آن باعث جذب رطوبت به سمت ناحیه پژوهشی شده است. وجود جبهه در بین این مراکز فشار باعث واگرایی بیشتر در سطوح فوقانی جو شده و به ناپایداری هرچه بیشتر هوا در منطقه مورد مطالعه کمک کرده است. شرایط ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای این روز نشان می‌دهد مرکز کم‌ارتفاع شمال اروپا هم‌زمان با جابه‌جایی سیستم کم‌فشار موجود به سمت دریای شمالگان حرکت داشته است؛ اما بلوکی‌نگ کم‌فشار بریده در این روز با دو کانون ۵۵۲۵ متر در شرق و غرب دریای خزر ظاهر شده و به‌صورت مانعی در برابر جریان بادهای غربی قرار گرفته و منجر به دو شاخه شدن آن شده است. ناحیه پژوهشی در دامنه پشت فرود ناوه شرق ایران قرار گرفته و با توجه به شرایط واچرخندی و همگرایی در سطوح فوقانی جو، جریان‌ات هوا نزولی بوده و رطوبت دریای خزر بر روی منطقه پژوهشی شارش شده است. وضعیت باد برای این روز نشان می‌دهد با توجه به حرکت چرخندی هوا در روی منطقه مورد مطالعه جریان باد نیز به‌صورت پادساعتگرد بوده و حامل رطوبت دریاچه آرال و خزر بوده که به سمت ناحیه مورد مطالعه روانه شده است. در نهایت مجموع شرایط فوق‌الذکر سبب ریزش بارش سنگین شده است.



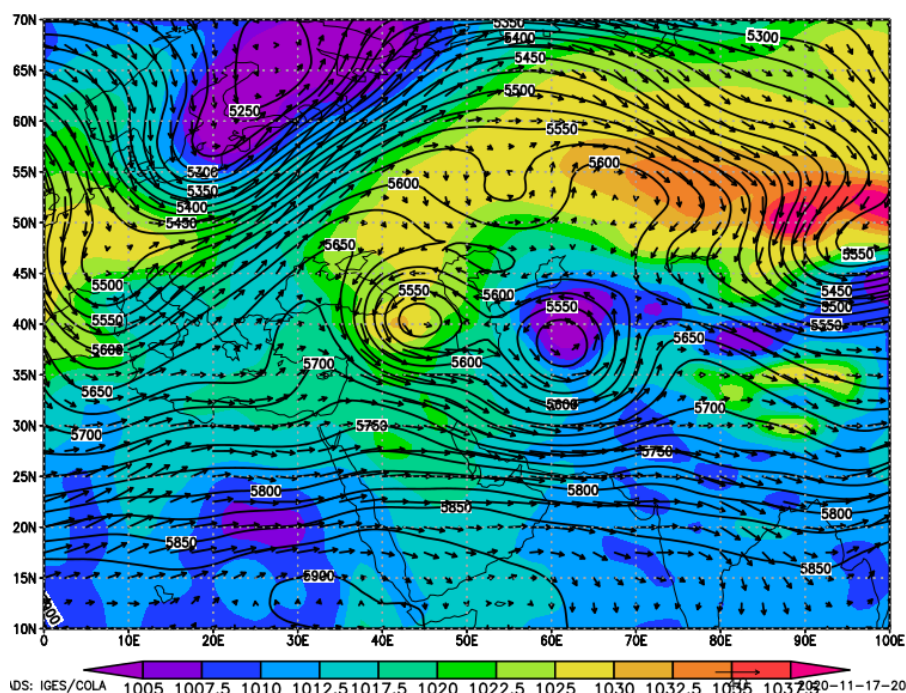
شکل ۳- نقشه ترکیبی فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و بردار باد تراز ۵۰۰

هکتوپاسکال ساعت صفر زولو روز ۲۶ اسفند ۱۳۹۷



شکل ۴- نقشه ترکیبی فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و بردار باد تراز ۵۰۰

هکتوپاسکال ساعت صفر زولو روز ۲۷ اسفند ۱۳۹۷



شکل ۵- نقشه ترکیبی فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل (متر) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و بردار باد تراز ۵۰۰

هکتوپاسکال ساعت صفر زولو روز ۲۸ اسفند ۱۳۹۷

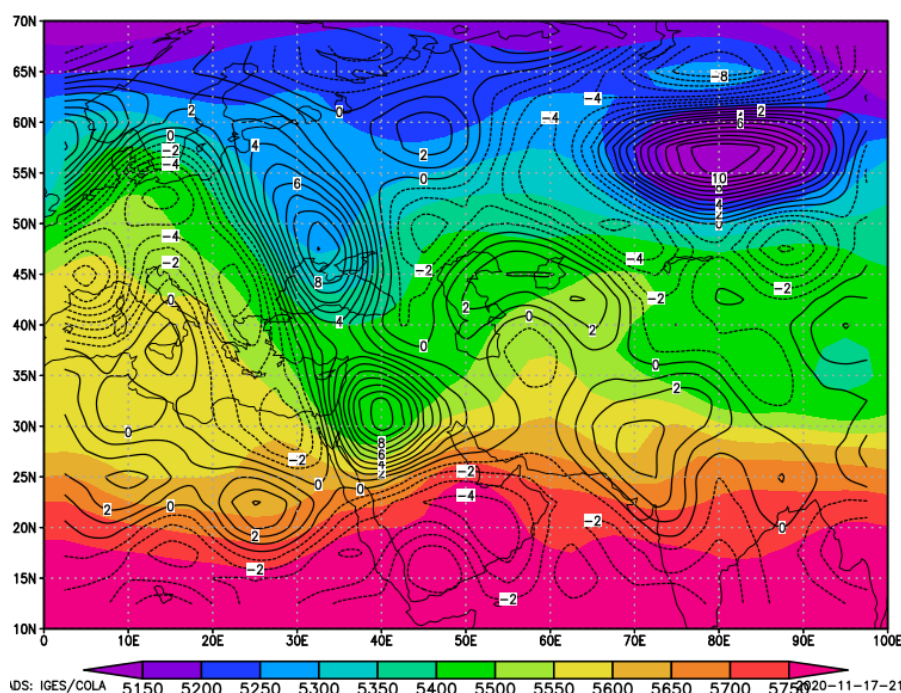
۴-۲- وضعیت تاوایی و ضخامت جو

اشکال ۶ تا ۸ نقشه ترکیبی وضعیت تاوایی و ضخامت جو را از روز ۲۶ تا ۲۸ اسفند سال ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد. وضعیت نقشه تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز ۲۶ اسفندماه سال ۱۳۹۷ نشان می‌دهد دو هسته مثبت تاوایی در شمال عربستان و شمال دریای سیاه به وجود آمده و نیمه غربی ایران را تحت پوشش خود درآورده‌اند. چرخندگی مثبت توده‌ها در این ناحیه به ناپایداری هوا انجامیده است؛ اما در روی منطقه مورد مطالعه شرایط متفاوت از این بوده به گونه‌ای که مقدار ۱- تاوایی چرخندگی منفی هوا را نشان می‌دهد و این باعث شده جریانات به صورت نزولی و شرایط اتمسفر پایدار باشد. شرایط ضخامت جو در این روز نشان می‌دهد خط هم‌ضخامت ۵۵۵۰ متر از روی ناحیه پژوهشی گذر کرده است. هوای نسبتاً گرم حاکم بر جو منطقه مورد پژوهشی به تشدید ناپایداری و گسترش شرایط کژفشاری منجر شده است. هم‌چنین ناوه ایجادشده در شمال عربستان و قرارگیری منطقه مورد مطالعه در جلوی محور فرود آن به ناپایداری بیشتر هوا دامن زده است.

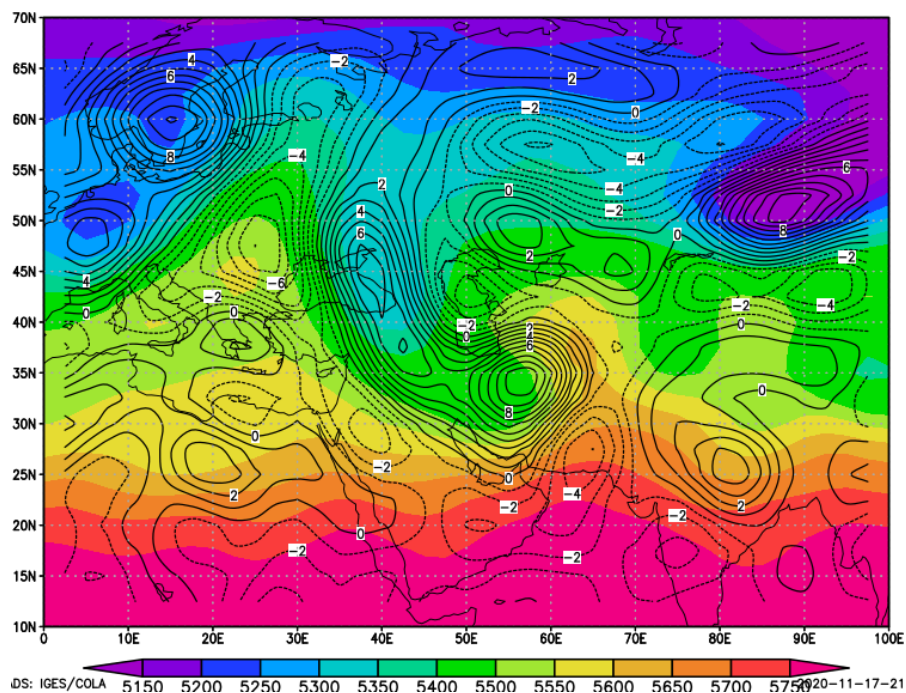
در روز قبل از وقوع بارش شرایط تاوایی در نقشه ترسیم شده نشان می‌دهد با حاکمیت سیستم کم‌فشار در روی منطقه پژوهشی هسته‌های مثبت تاوایی نیز بر آن حاکم شده و مقدار ۶+ تاوایی باعث شده گردش هوا موافق با حرکت وضعی زمین باشد که منجر به واگرایی در سطوح فوقانی جو شده است. وضعیت ضخامت جو برای این

روز نشان می‌دهد منطقه مورد مطالعه زیر نفوذ خط هم‌ضخامت ۵۵۰۰ متر واقع گشته و با حاکمیت سیکلون و هوای گرم حاصل از آن شرایط صعود هوا قوت بیشتری گرفته است.

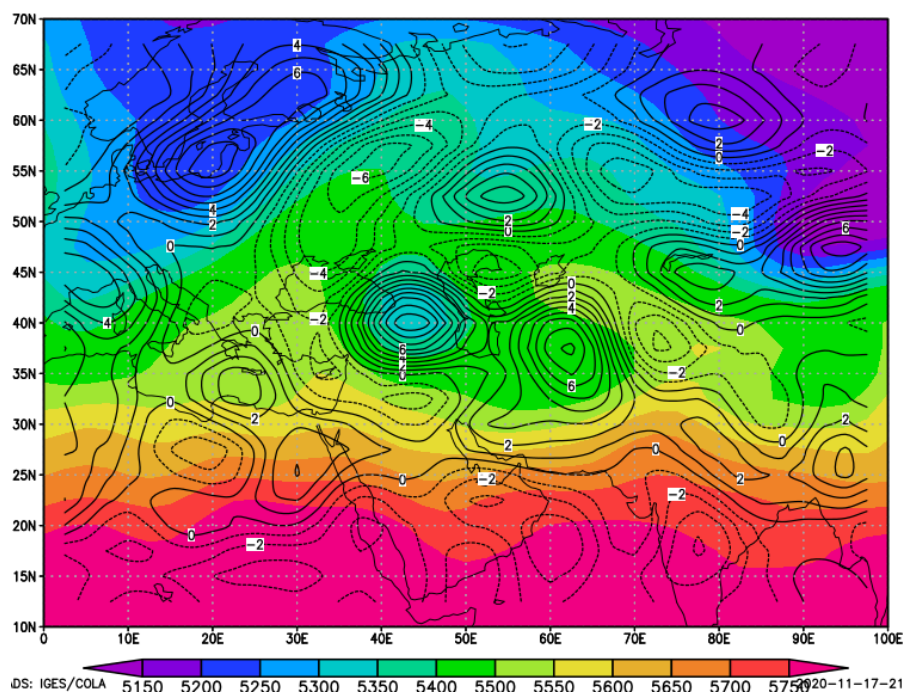
در روز اوج بارش هسته‌های مثبت تاوایی در امتداد یک مدار همانند مراکز کم ارتفاع در نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل در شرق و غرب دریای خزر استقرار یافته‌اند. مقدار ۳+ تاوایی در این روز در روی ناحیه مورد پژوهشی باعث ایجاد واگرایی در وردسپهر شده است. شرایط ضخامت جو برای این روز نشان می‌دهد با قدرت‌نمایی سیستم سیکلون و حرکت چرخندی شدید آن و هوای گرم حاکم بر اتمسفر منطقه مورد مطالعه باعث شدت بیشتر جریانات صعودی هوا شده که منجر به جوی باروکلینیک گشته است. هم‌چنین در روی ترکیه ناوهای مشاهده می‌شود که با جذب رطوبت دریای سیاه و در ادامه با توجه به قرارگیری منطقه مورد مطالعه در جلوی فرود این ناوه و حرکت چرخندی در این ناحیه موجب تزریق رطوبت دریای سیاه به آسمان منطقه مورد مطالعه شده است.



شکل ۶- نقشه ضخامت جو (متر) تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت صفر زولو روز ۲۶ اسفند ۱۳۹۷



شکل ۷- نقشه ضخامت جو (متر) تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت صفر زولو روز ۲۷ اسفند ۱۳۹۷



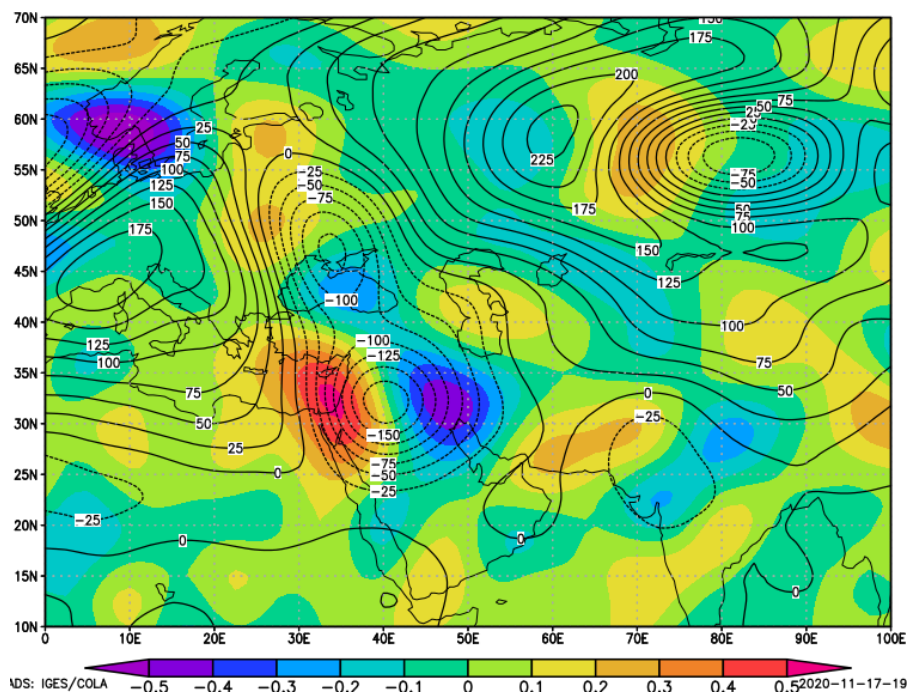
شکل ۸- نقشه ضخامت جو (متر) تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت صفر زولو روز ۲۸ اسفند ۱۳۹۷

۴-۳- بررسی نقشه پیچانه و حرکات قائم هوا

بررسی نقشه پیچانه برای روز ۲۶ اسفندماه سال ۱۳۹۷ (شکل ۹) نشان می‌دهد یک هسته منفی پیچانه با دو کانون در شمال دریای سیاه و شمال عربستان با بیشینه مرکزی به ترتیب ۱۲۵- و ۱۷۵- ژئوپتانسیل متر استقرار یافته و نیمه غربی ایران را تحت پوشش خود درآورده است. حرکت پادساعتگرد آن شرایط صعود هوا را مهیا کرده است. مقدار خشی یا صفر پیچانه شرایط نسبتاً پایداری را در روی منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد. وضعیت امگای این روز نشان می‌دهد یک هسته امگا با بیشینه ۰/۴- پاسکال بر ثانیه در غرب ایران به وجود آمده و زبانه‌ی آن بر فراز منطقه مورد مطالعه کشیده شده و مقدار ۰/۱- پاسکال بر ثانیه فشار هوا کاهش یافته است.

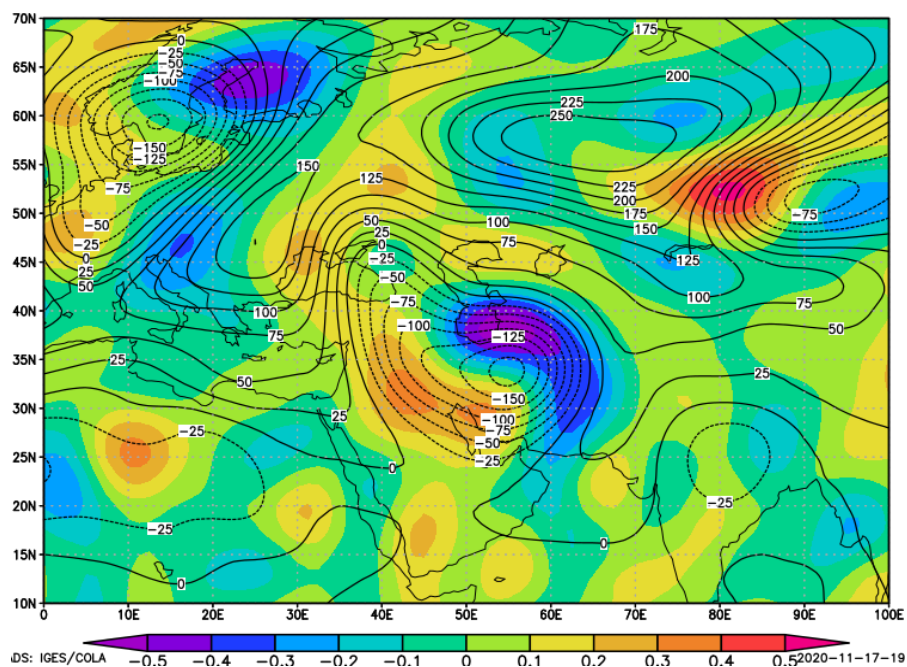
با توجه به شکل ۱۰، در روز ۲۷ اسفندماه ۱۳۹۷ با شکل‌گیری سیستم کم‌فشار در منطقه و حرکت شرق‌سوی هسته پیچانه منفی شمال عربستان و استقرار کانون آن در قسمت‌های مرکزی ایران، شرایط از نظر دینامیکی برای صعود هوا در منطقه مورد مطالعه آماده بوده است. وضعیت امگا در این روز بدین گونه بوده که با حاکمیت سیستم کم‌فشار در منطقه پژوهشی هسته امگای منفی روز قبل بر روی این سیستم منطبق یافته و قسمت‌های شمال، شمال شرقی و شرق ایران را متأثر ساخته است. قدرت این هسته نسبت به روز قبل افزایش یافته به‌طوری‌که بیشینه آن به ۰/۵- پاسکال بر ثانیه رسیده است.

در روز اوج بارش (شکل ۱۱) حاکمیت هسته منفی پیچانه با دو کانون در شرق و غرب دریای خزر و با قدرت مرکزی به ترتیب ۱۰۰- و ۵۰- ژئوپتانسیل متر نشان از کاهش قدرت این هسته داشته ولی همچنان نشان می‌دهد جریان هوا خلاف عقربه‌های ساعت بوده و عامل مهمی در صعود هوا و ریزش بارش سنگین بوده است. زبانه‌های این هسته کل ایران را تحت سیطره خود درآورده و هوای منقلب را در جو کل کشور موجب شده است. در روز اوج بارش هسته منفی امگای حاکم بر منطقه حرکت شمال‌سو داشته و هم از قدرتش کاسته شده و بیشینه آن به ۰/۲۵- پاسکال بر ثانیه رسیده است. زبانه‌ی آن همچنان ناحیه مورد بررسی را تحت تسلط دارد و مقدار ۰/۱- پاسکال بر ثانیه از فشار هوا کاسته شده است. این هسته منفی دلالت بر صعودی بودن هوا و تقویت همرفتی دارد.



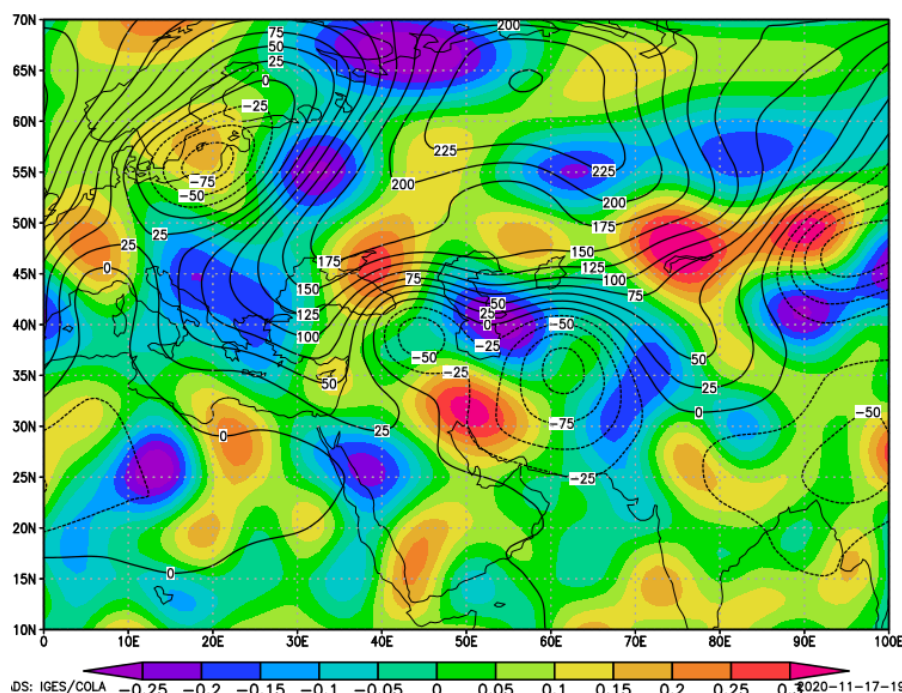
شکل ۹- نقشه حرکات قائم هوا (پاسکال بر ثانیه) و پیچانه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت صفر زولو روز ۲۶

اسفند ۱۳۹۷



شکل ۱۰- نقشه حرکات قائم هوا (پاسکال بر ثانیه) و پیچانه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت صفر زولو روز ۲۷

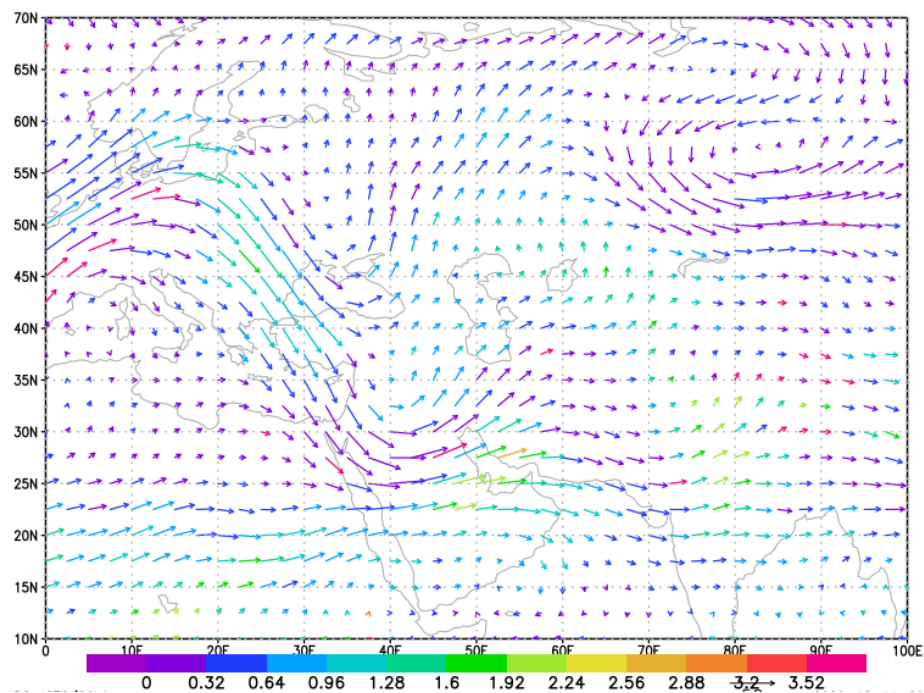
اسفند ۱۳۹۷



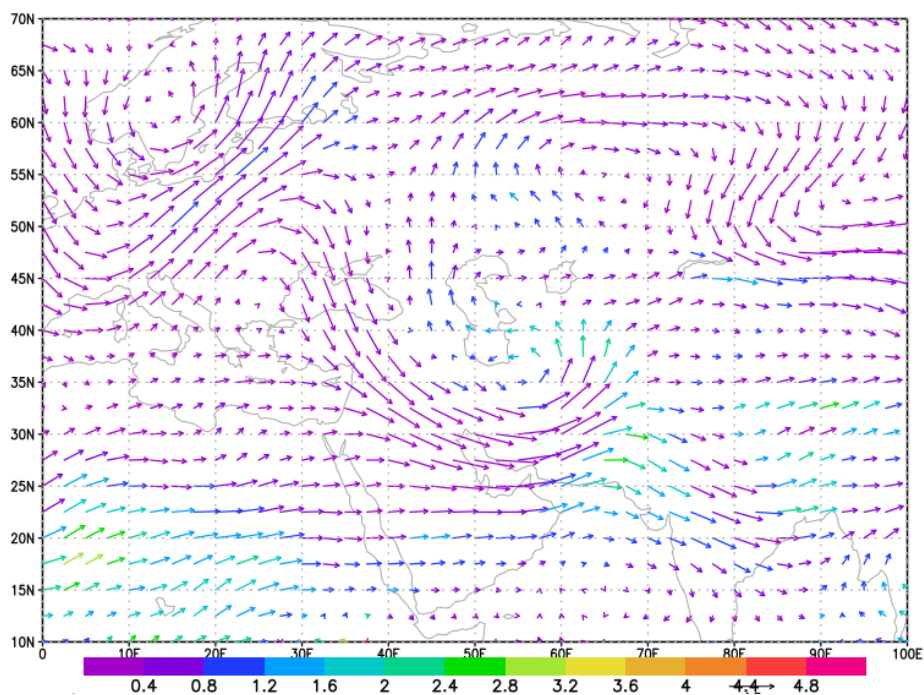
شکل ۱۱- نقشه حرکات قائم هوا (پاسکال بر ثانیه) و پیچانه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت صفر زولو روز ۲۸ اسفند ۱۳۹۷

۴-۴- بررسی وزش رطوبتی در سطوح فوقانی

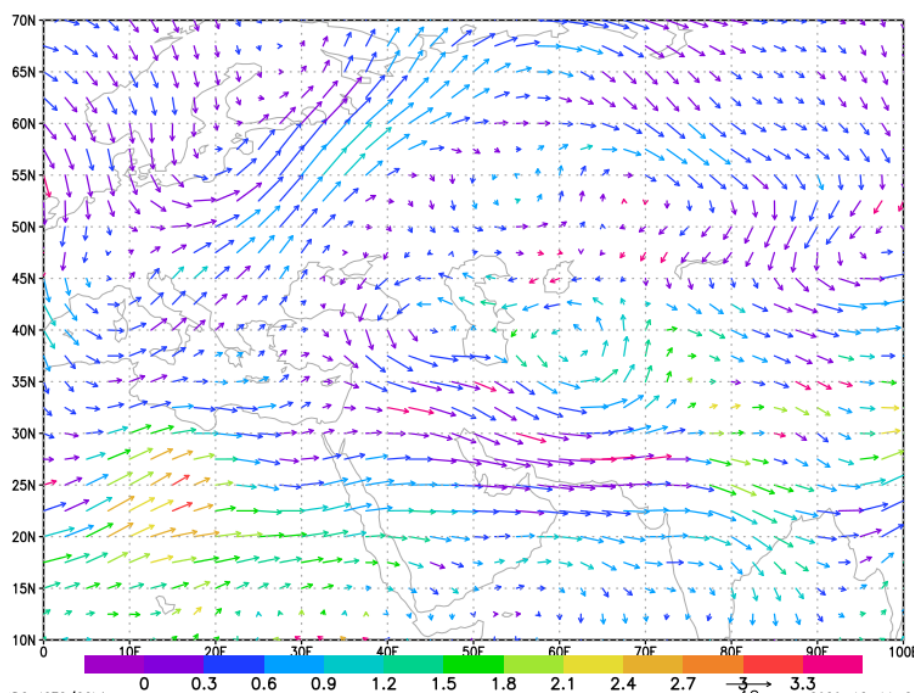
شکل ۱۲ نقشه وزش رطوبتی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز ۲۶ اسفندماه سال ۱۳۹۷ را نشان می‌دهد. در این روز منابع عمده تغذیه رطوبتی دریای مدیترانه و دریای سیاه بوده که توسط بادهای غربی حمل شده و از طریق حرکت رو به عرض‌های بالای جلوی محور فرود ناوهی شمال عربستان وارد ایران گشته و جهت شمال شرق‌سوی باد این منابع رطوبتی را بر آسمان منطقه مورد مطالعه تزریق نموده است. در روز ۲۷ اسفندماه سال ۱۳۹۷ (شکل ۱۳) با توجه به حرکت شرق‌سوی ناوهی شمال عربستان و قرارگیری محور آن بر روی مرکز ایران جهت باد نیز متأثر از آن حرکت نموده و بیشتر آورندهی رطوبت از دریای سیاه بوده است. هم‌چنین حادث شدن سیستم کم‌فشار در این روز در روی منطقه مورد مطالعه و حرکت چرخندی آن باعث شده تا جریان باد به همراه رطوبت خود به سمت مرکز این سامانه و منطقه مورد مطالعه شارش شود. در روز اوج بارش (شکل ۱۴) جریان مستقیم بادهای غربی از روی دریای مدیترانه و حمل رطوبت آن وارد ایران گشته‌اند. حرکت چرخندی در شرق و غرب دریای خزر باعث شده رطوبت دریای مدیترانه، دریای سیاه، دریای خزر و دریاچه آرال تحت تأثیر این حرکت پادساعتگرد قرار بگیرند و رطوبت خود را وارد ناحیه پژوهشی کرده و آسمانی ابرناک و بارانی را فراهم آورند.



شکل ۱۲- نقشه وزش رطوبتی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت صفر زولو روز ۲۶ اسفند ۱۳۹۷



شکل ۱۳- نقشه وزش رطوبتی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت صفر زولو روز ۲۷ اسفند ۱۳۹۷



شکل ۱۴- نقشه وزش رطوبتی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ساعت صفر زولو روز ۲۸ اسفند ۱۳۹۷

۵- نتیجه گیری

در تحقیق صورت گرفته، بارش سنگین ۱۷۱/۵ میلی متری مینودشت در ۲۸ اسفند سال ۱۳۹۷ از دیدگاه همدیدی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج مطالعات نشان داد در زمان وقوع بارش سنگین سامانه های پرفشار حرارتی در مغولستان و جنوب چین به وجود آمده اند و حرکت ساعتگرد آن ها باعث انتقال جریان هوا و رطوبت به سمت منطقه مورد مطالعه که تحت سیطره سیستم کم فشار حرارتی بوده است و حرکت پادساعتگرد آن باعث مکش جریانات هوا و رطوبت به مرکز آن و بخصوص منطقه مورد مطالعه شده است. تحلیل نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل نشان داد وجود بلوکینگ کم فشار بریده در تراز ۵۰۰ میلی بار همچون مانعی بر سر راه بادهای غربی قرار گرفته و منجر به ریزش جریان بادهای غربی به سمت ناحیه پژوهشی شده بود و با توجه به ناوه غرب ایران و قرارگیری منطقه مورد مطالعه در جلوی محور فرود آن در روزهای قبل از وقوع سیل تحرکات هوا صعودی گشته و قرارگیری محور این ناوه در شرق ایران در روز اوج بارش و قرارگیری منطقه مورد مطالعه در پشت فرود این ناوه و حرکت واچرخندی هوا به فرونشست هوا منجر شده است. در نقشه ضخامت جو با توجه به حاکمیت سیستم کم فشار در منطقه و هوای گرم حاکم، ضخامت جو زیادی در منطقه را شاهد بودیم. تحلیل نقشه پیچانه نشان می دهد پیچانه منفی بر روی منطقه مورد مطالعه حاکم بوده و منجر به ایجاد شرایط کژ فشاری و واگرایی در وردسپهر شده است. وضعیت تلاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان داد وجود هسته مثبت تلاوایی باعث جوی ناپایدار در منطقه مورد مطالعه شده است. در

بررسی وضعیت حرکات قائم هوا، امگای منفی حاکم بر منطقه دلالت بر عمودی بودن جریانات هوا و واگرایی در وردسپهر داشته است. بر اساس پیشینه تحقیقات صورت گرفته در این نوشتار نتایج به دست آمده در مقایسه با سایر تحقیقات به نوعی اثبات کننده نتایج آن‌ها می باشد. نتایج این تحقیق با نتایج کار برنا (۱۳۹۶) که به حضور فرود دریای سرخ و کم فشار سودانی منطبق بر خاستگاه فضایی دریا‌های سرخ، خلیج فارس و جنوب غربی ایران اشاره داشته که منجر به ریزش بارش سنگین شده است و همچنین با کار حمیدیان پور و همکاران (۱۳۸۹) که نقش الگوی کم فشار سودانی، کم فشار مدیترانه‌ای و ترکیبی سودانی - مدیترانه‌ای را در ریزش بارش سنگین مؤثر دانسته‌اند و مطالعه‌ی گندمکار (۱۳۸۹) که ورود سامانه کم فشار سودانی از جنوب و جنوب غرب کشور به همراه شرایط صعود محلی در منطقه را عامل مهمی در ریزش بارش سنگین دانسته است و نیز کار صلاحی و عالی جهان (۱۳۹۲) که در وقوع بارش‌های شدید به ایجاد ناپایداری به دلیل شیو فشار تشکیل شده میان مراکز پرفشار با مراکز کم فشار و همراهی بلوکی‌نگ امگا بر روی سیبری و قرارگیری ایران در جنوب شرق آن اشاره داشته‌اند همسویی دارد. نتایج حاصله در پژوهش حاضر نیز منعکس کننده نتایج این محققان می باشد. به طوری که در روز بارشی پرفشار حرارتی مغولستان و کم فشار حرارتی حاکم بر منطقه مورد مطالعه، رطوبت حاصل از دریاچه آرال و دریای خزر، دریای سیاه و مدیترانه نقش بسزایی در رخداد بارش سنگین مینودشت ایفا نمودند.

کتابنامه

- باعقیده، محمد؛ انتظار، علیرضا؛ علیمردانی، فاطمه؛ ۱۳۹۱. تحلیل سینوپتیکی بارش‌های حوضه‌های اترک و گرگانرود (۳۹ بارش فراگیر). *جغرافیا و توسعه*. شماره ۲۶. صص ۱۱۳-۱۲۴.
- برنا، رضا؛ ۱۳۹۶. شناسایی الگوهای همدید بارش‌های سنگین در حوضه مارون (مطالعه موردی: بارش ۲۹ آبان ۱۳۹۲). *فصلنامه جغرافیای طبیعی*. سال دهم. شماره ۳۶. صص ۴۷-۶۰.
- جهانبخش اصل، سعید؛ ذوالفقاری، حسن؛ ۱۳۸۱. بررسی الگوهای سینوپتیک بارش‌های روزانه در غرب ایران. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*. دوره ۱۷-۱۶. شماره ۴-۱. صص ۲۳۴-۲۵۸.
- حمیدیان پور، محسن؛ علیجانی، بهلول؛ صادقی، علیرضا؛ ۱۳۸۹. شناسایی الگوهای همدیدی بارش‌های شدید شمال غرب ایران. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*. شماره اول. صص ۱-۱۶.
- خوش‌اخلاق، فرامرز؛ محمدی، حسین؛ شمسی پور، علی اکبر؛ افتادگان خوزانی، اصغر؛ ۱۳۹۱. واکاوی همدید بارش تگرگ فراگیر در شمال غرب ایران. *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره دوم. صص ۵۵-۶۹.
- صلاحی، برومند؛ عالی جهان، مهدی؛ ۱۳۹۲. تحلیل سینوپتیک مخاطرات اقلیمی شهرستان یاسوج (مطالعه موردی: بارش سنگین ۲۰ اسفند ۱۳۸۹). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره ۵. صص ۷۳-۸۹.

ضیایی، محمود؛ بنی کمالی، سهند؛ شریفی کیا، محمد؛ ۱۳۹۰. ارزیابی توان اکولوژیکی و اولویت‌بندی پهنه‌های مستعد اکوتوریسم (مورد مطالعه: شهرستان مینودشت). *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*. دوره پانزدهم. شماره ۴. صص ۱۰۹-۱۲۸.

قادری، حیدر؛ علیجانی، بهلول؛ ۱۳۸۹. تحلیل سینوپتیکی بارش‌های شدیدی لارستان. *فصلنامه جغرافیای طبیعی*. سال سوم. شماره ۸. صص ۱۷-۳۶.

کرمپور، مصطفی؛ معصوم‌پور سماکوش، جعفر؛ میری، مرتضی؛ یوسفی، یدالله؛ ۱۳۹۲. بررسی الگوهای هم‌دید بارش‌های سیل‌آسا در استان لرستان. *فصلنامه علمی پژوهشی فضای جغرافیایی*. شماره ۴۳. صص ۹۹-۱۱۳.

گل‌کار، محمد؛ محمدی، حسین؛ ۱۳۹۲. بارش‌های شدید خراسان جنوبی. *فصلنامه جغرافیایی سرزمین*. شماره ۳۷. صص ۳۳-۵۴.

گندمکار، امیر؛ ۱۳۸۹. بررسی بارش‌های شدید در نواحی جنوبی استان بوشهر. *مجله چشم‌انداز جغرافیایی (علمی - پژوهشی)*. سال چهارم شماره ۱۰. صص ۱۴۳-۱۵۷.

Carla Lima K. Satyamurty P and Reyes Fernandez JP., 2009. Large-Scale Atmospheric Conditions Associated with Heavy Rainfall Episodes in Southeast Brazil, *Theoretical and Applied Climatology* 101: 121-135.

Kahan R. Ziv B. Enzel Y and Dayan U., 2002. Synoptic climatology of major floods in the Negev desert, Israel. *International journal of Climatology* 22(7): 867-882.

Kotroni V. Lagouvardos K. Kallos G. Ziakopoulos D. 1999. Severe flooding over central and southern greece associated with pre-cold frontal orographic lifting. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 125(555): 967-991.

Krichak SO. Tsidulko M. Alpert P., 2000. Monthly Synoptic Patterns Associated With Wet/Dry Conditions in the Eastern Mediterranean. *Theoretical and Applied Climatology* 65 (3-4): 215-229.

Lackmann GM. Gyakum JR., 1999. Heavy Cold-Season Precipitation in the Northwestern United States: Synoptic Climatology and an Analysis of the Flood of 17-18 January 1986. *Weather and Forecasting* 14(5): 687-700.

Lana A. Compins J. Genoves A. Jansa A., 2007. Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic island. *International journal of climatology* 12: 27-32.

Matlik O. and Piia Post., 2008. Synoptic weather types that have caused heavy precipitation in Estonia in the period 1961-2005. *Estonian Journal of Engineering* 14(3): 195-208.

Rezacova D. Kaspar M. Muller M. Sokol Z. Kakos V. Hanslian D. Pesice P., 2005. A Comparison of the flood precipitation episod in August 2002 with historic extreme precipitation events on the Czech territory. *Atmospheric Research* 77 (1-4): 354-366.

Robert PH. Donald TJ. Goseph BC., 1998. Investigation of Upper-Air Conditions Occurring with Heavy Summer Rain in Utah. *International Journal of Climatology* 18 (7): 701-723.



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

صص ۱۷۹-۱۹۹

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoe.2021.67419.100>

مقاله پژوهشی

آینده پژوهی تاب‌آوری سکونتگاه‌های شهری در برابر مخاطرات محیطی با تأکید بر پاندمی کرونا (مطالعه موردی: شهر تبریز)

حمیده غلامی - دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
علی پناهی^۱ - استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
حسن احمدزاده - استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۱۵ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۱۷ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۲/۱۵

چکیده

تاب‌آوری رویکردی یکپارچه به‌منظور ارتقای ظرفیت‌های موجود و کاهش آسیب‌پذیری جوامع انسانی در مقابله با انواع بحران‌ها و مخاطرات محیطی محسوب می‌گردد. در این راستا یکی از مهم‌ترین بحران‌ها و مخاطراتی که در سال‌های اخیر اقصی نقاط جهان را تحت‌الشعاع قرار داده است، گسترش ویروس کروناست. با توجه به تأثیرات منفی و آسیب‌های شیوع ویروس کرونا در ابعاد مختلف جوامع انسانی، هدف از تحقیق حاضر آینده‌پژوهی تاب‌آوری شهر تبریز در برابر پاندمی کروناست. روش تحقیق در مطالعه حاضر ترکیبی از رویکردهای کمی-کیفی با ماهیت آینده‌پژوهی بوده که در راستای گردآوری اطلاعات از تکنیک دلفی نخبگان و مدیران شهری (۳۰ نفر متخصص حوزه مدیریت بحران و مخاطرات) و به‌منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات از تکنیک تحلیل اثرات متقاطع در نرم‌افزار MICMAC استفاده شده است. یافته‌های تحقیق حاکی از آن است که بیشترین تأثیرگذاری در بین پیشران‌های موردبررسی بر سایر پیشران‌ها در راستای تاب‌آوری شهری در برابر پاندمی کرونا مربوط به پیشران‌های اقتصادی همچون یافتن شغل جدید در صورت از بین رفتن شغل فعلی، میزان آسیب‌پذیر بودن منابع تأمین درآمد و وجود نهادهای مالی حامی از اقشار آسیب‌پذیر و بیشترین اثرپذیری مربوط به پیشران‌های اجتماعی همچون مشارکت جمعی در راستای مقابله با بحران و واکنش و رفتار مناسب در مواقع بحرانی است. همچنین نتایج نشان می‌دهد با توجه به وضعیت موجود و کمبود پیشران‌های کلیدی و استراتژیک تأثیرگذار در راستای

تاب‌آوری سیستم، ضعف ساختارهای اقتصادی و اجتماعی، نظام مدیریتی شهر و موقعیت متزلزل ایران در عرصه بین‌المللی، آینده تاب‌آوری شهر تبریز بر مبنای مخاطرات محیطی (پاندمی کرونا) ناپایدار خواهد بود.

کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری، مخاطرات محیطی، کووید ۱۹، شهر تبریز.

۱- مقدمه

یکی از معضلاتی که همواره و در طی قرون متمادی، زندگی جوامع انسانی را مورد تهدید قرار داده، وقوع بلایا و سوانحی است که در صورت ناآگاهی و نداشتن آمادگی، صدمات جبران‌ناپذیری به ابعاد مختلف زندگی انسان‌ها اعم از حوزه‌های سکونتی، اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی، روان‌شناختی و غیره، علی‌الخصوص در مناطق شهری وارد می‌کند (اوبرین^۱ و همکاران، ۲۰۰۴). در این راستا، وجود مستمر تهدیدهایی همچون تغییرات آب و هوایی، شیوع بیماری، فجایع زیست‌محیطی، بلایای طبیعی (زلزله و سیل) و غیره، مفهوم تاب‌آوری به‌طور فزاینده‌ای در شهرها و مناطق شهری مورد توجه عمومی قرار گرفته است (سازمان ملل^۲، ۲۰۱۵؛ بانک جهانی^۳، ۲۰۱۹). همچنین به‌طور ویژه توجه به مفهوم تاب‌آوری در مباحثات دانشمندان و سیاست‌گذاران نیز افزایش یافته است (سیلیگر و توروک^۴، ۲۰۱۳؛ اینگالس و استدمن^۵، ۲۰۱۶). در این بین، با توجه به اینکه مخاطرات محیطی منجر به بحران‌های بزرگ‌تر و طولانی‌تر می‌گردد، توجه بیشتری را به خود جلب نموده است (جبارین^۶، ۲۰۱۳؛ واله^۷ و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین می‌توان عنوان کرد که شهرها و کلان‌شهرها با تراکم بالای انسانی و فعالیت‌ها، آزمایشگاه‌هایی برای تاب‌آوری در تئوری و عمل محسوب می‌گردند. چنانکه در بسیاری از کشورها علی‌الخصوص کشورهای در حال توسعه، افزایش روند شهرنشینی همراه با آشفته‌گی‌هایی همچون بلایای طبیعی و بحران‌های مالی بر مشکلات شهرها افزوده و بحث شهر تاب‌آور را مطرح ساخته است (اسپانز و واترهویت^۸، ۲۰۱۷؛ ژانگ^۹ و همکاران، ۲۰۱۹). از طرفی، غیرقابل پیش‌بینی بودن انواع بحران‌ها، بلایا و سوانح محیطی در مناطق شهری و آسیب‌های گسترده آن‌ها، توجه به تاب‌آور نمودن شهرها را ضروری ساخته است. به‌طور کلی، تاب‌آوری به معنای قابلیت دینامیکی یک سیستم مورد استفاده قرار می‌گیرد (بوتون^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۶) و اغلب به مفهوم بازگشت به گذشته به کار می‌رود. همچنین تاب‌آوری

1 O'Brien

2 United Nations

3 World Bank

4 Seeliger and Turok

5 Ingalls and Stedman

6 Jabareen

7 Vale

8 Spaans and Waterhout

9 Zhang

10 Botton

توانایی یک سیستم، جامعه یا اجتماع تحت تأثیر واقع شده در مقابل مخاطرات جهت مقابله، جذب، سازگاری و احیای به‌موقع در برابر اثرهای یک مخاطره و روشی مؤثر در جهت حفاظت و بازگشت کارکردها و ساختارهای اساسی مهم جامعه تعریف شده است (لچنر^۱ و همکاران، ۲۰۱۶ به نقل از گاسپارینی^۲ و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۶).

با توجه به اهمیت تاب‌آوری شهرها در برابر مخاطرات محیطی، هدف از تحقیق حاضر آینده‌پژوهی تاب‌آوری شهر تبریز در برابر مخاطرات محیطی با تأکید بر پاندمی کرونا می‌باشد. امروزه گسترش پاندمی کرونا (ویروس کووید ۱۹) مناطق مختلف جهان به‌ویژه شهرها را در ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، روان‌شناختی، زیست‌محیطی و ... با مشکلات عدیده‌ای روبه‌رو ساخته است، که شهر تبریز نیز از این قاعده مستثنا نیست. این شهر به‌عنوان بزرگ‌ترین هسته و تراکم جمعیتی شمال‌غرب کشور، بیشترین میزان نیروی انسانی، سرمایه‌گذاری، طرح‌های اقتصادی و زیرساختی را در خود جای داده است و تمرکز بیش‌ازحد جمعیت، این شهر را در معرض تهدیدات و آسیب‌های فراوانی قرار داده که می‌تواند در مواقع بحرانی (همانند شرایط کنونی و گسترش ویروس کرونا)، زندگی شهروندان را با مشکلات جدی مواجه کند؛ بنابراین، اتخاذ تدابیر مناسب در قالب طرح‌های شهر تاب‌آور با دیدگاه آینده‌پژوهی و برنامه‌ریزی انعطاف‌پذیر و سیستمی (یکپارچه) ضروری می‌باشد.

به‌طورکلی می‌توان گفت که تمرکز جمعیت جهان در شهرها موجب رشد اقتصادی و نوآوری این مراکز گردیده، باین‌حال، تراکم بالای جمعیتی و فعالیت‌ها، آن‌ها را در معرض عوامل مختلف استرس‌زا مانند بلایای طبیعی و مصنوعی قرار داده است. در چند دهه گذشته، تحقیقات گسترده‌ای در مورد انواع بحران‌ها و مخاطرات در شهرها و همچنین برنامه‌ریزی‌های لازم در جهت بازیابی و اقدامات سازگاری برای مقابله با بحران‌ها انجام گرفته است (شریفی^۳، ۲۰۲۰). بحران‌ها و مخاطراتی همچون زلزله، سیل و از سال ۲۰۱۹ بحران پاندمی کرونا که در عرصه جهانی مشکلات عدیده‌ای به‌وجود آورده است. اولین بار در تاریخ بشریت نیست که شیوع و همه‌گیری یک نوع بیماری بر شهرها تأثیر می‌گذارد، اما ادبیات مربوط به شهرها و همه‌گیری قبل از ظهور پاندمی کووید ۱۹ محدود بوده است (متیو و مک‌دونالد^۴، ۲۰۰۶). تحقیقات شهری پیشین همه‌گیری‌های قبلی را در مواردی مانند تمرکز و نابرابری آسیب‌پذیری گروه‌های فقیر و حاشیه‌نشین مورد مطالعه قرار داده‌اند (واید^۵، ۲۰۲۰). درحالی‌که بررسی و تأثیرات همه‌گیری در ابعاد مختلف مدیریتی، بهداشتی، سلامتی، اقتصادی، زیست‌محیطی و اجتماعی ضروری می‌باشد و بررسی اثرات ویروس کووید ۱۹ بایستی در این ابعاد صورت پذیرد. بیماری کووید ۱۹ یا ویروس کرونا (Co:Corona; VI:virus; D:Disease; 19:year) برای اولین بار در سال ۲۰۱۹ در ووهان چین استان هوئی به دلیل

1 Lechner

2 Gasparini

3 Shahrifi

4 Matthew and McDonald

5 Wade

تشدید سندرم حادی تنفسی شناسایی گردید (ژئو^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). این بیماری به سرعت در اکثر نقاط جهان گسترش یافته و آسیب‌های فراوانی در زندگی شهروندان در عرصه جهانی همچون آسیب‌های اقتصادی و معیشتی، اجتماعی و سلامتی به دنبال داشته است (فونگ^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). مانند سایر بحران‌ها و مخاطرات، ویروس کرونا نیز نیازمند به کارگیری رویکردهایی در راستای مقابله با اثرات آن می‌باشد. یکی از مهم‌ترین این رویکردها رویکرد تاب‌آوری است. مفهوم تاب‌آوری در حال حاضر فارغ از ابعاد پیچیده فلسفی‌اش و نبود شفافیت و درک یکسان از آن و از همه مهم‌تر مشخص نبودن نحوه تأثیر و نمودش در شهرسازی و مدیریت بحران، در راستای تحقق توسعه پایدار، به طور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. تمرکز مستقیم بر تاب‌آور ساختن جوام شهری، به جای مقابله با آسیب‌پذیری‌های آن، به این دلیل حائز اهمیت است که تاب‌آوری شهرها در برابر وقوع بحران می‌تواند منجر به اقداماتی همچون افزایش ظرفیت انعطاف‌پذیری و انطباق جوام شهری با معیشت ساکنانش شود (مایونگا^۳، ۲۰۰۷). همچنین ترویج مفهوم تاب‌آوری به عنوان رویکرد، به ماهیت مراحل مدیریت بحران برمی‌گردد. جامعه تاب‌آور در برابر سوانح، یک ایده‌آل است. هیچ جامعه‌ای هرگز نمی‌تواند به طور کامل از مخاطرات طبیعی و انسانی ایمن باشد. شاید اندیشه در مورد جامعه تاب‌آور در برابر سوانح یا جامعه مقاوم در برابر سوانح به این صورت مفید باشد: جامعه‌ای که بیشترین امنیت را دارد و می‌توان دانش طراحی و ساخت در زمینه مخاطرات طبیعی را در آن برای کاهش آسیب‌پذیری به وسیله تقویت این ویژگی‌ها جهت رسیدن به تاب‌آوری به کار بست. اهمیت هر یک از ویژگی‌ها به مکان، زمان و شرایط خاص (شامل انواع مخاطرات) بستگی دارد (رضایی، ۱۳۸۹). ویژگی‌هایی که در ابعاد مختلف اجتماعی، اقتصادی، مدیریتی، فردی و ... قابل بحث می‌باشد. بنابراین در مورد بحران ویروس کرونا نیز می‌توان عنوان کرد که تحلیل تاب‌آوری جوامع انسانی و آینده‌پژوهی آن در راستای شناخت محدودیت‌های موجود و دستیابی به راهکارهایی در جهت بهبود وضعیت ضرورتی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

در راستای مخاطرات محیطی و تاب‌آوری سکونتگاه‌های شهری مطالعات متعددی انجام گرفته است. در این مطالعات ابعاد مختلف تاب‌آوری مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. با این حال توجه به مهم‌ترین بحران بشری در سال‌های اخیر یعنی پاندمی کرونا نوآوری تحقیق حاضر می‌باشد. در ادامه به مهم‌ترین پژوهش‌های انجام گرفته در سال‌های اخیر در راستای تاب‌آوری و مخاطرات محیطی و همچنین پاندمی کرونا اشاره می‌گردد.

کاویانی‌راد (۱۳۸۹)، در مطالعه خود به تحلیل فضایی مخاطرات محیطی و بحران‌های بوم‌شناسی در ایران پرداخته است. در این مطالعه بیان شده است که در ایران، روند تخریب محیط‌زیست در طول چند دهه اخیر افزایش بی‌سابقه‌ای یافته، به گونه‌ای که در بسیاری از موارد، کشورمان پیشگام دیگر کشورهاست. بیشتر این آمارها محصول

1 Zhue

2 Fong

3 Mayunga

برآیند موقعیت جغرافیایی و توپوگرافی سرزمین ایران، کم‌توجهی به نقش جستار پایداری محیط در طراحی و اجرای سازه‌ها و فضاها، ناآگاهی عمومی و کم‌توجهی سازمان‌های دولتی است. امیری فهلیانی (۱۳۹۷)، در رساله دکتری خود به کاربست رویکرد آینده‌پژوهی در ارزیابی و تحلیل فضایی ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری اجتماعی و نهادی در کلان‌شهر اهواز پرداخته است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که کلان‌شهر اهواز از منظر تاب‌آوری اجتماعی-نهادی در وضعیت مطلوبی به سر نمی‌برد. همچنین با توجه به وضعیت تأثیرگذاری پشیران‌ها وضعیت تاب‌آوری اجتماعی-نهادی اهواز در آینده به سمت ناپایداری سوق پیدا خواهد کرد. پاشازاده (۱۳۹۸)، در رساله دکتری خود به سنجش تاب‌آوری شهر اردبیل در برابر مخاطرات محیطی و ارائه الگوی شهر تاب‌آور با رویکرد آینده‌پژوهی پرداخته است. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که مهم‌ترین بعد تأثیرگذار بر تاب‌آوری شهر اردبیل بعد کالبدی-مدیریتی بوده است. در این راستا به‌منظور دستیابی به شهر تاب‌آور نیاز مبرمی به ارتقای زیرساخت‌ها و همچنین شکل‌گیری مدیریت سیستمی و یکپارچه می‌باشد. آرنولد و دکوسمو^۱ (۲۰۱۵)، در مطالعه خود به بررسی ساختار تاب‌آوری اجتماعی: تأمین امنیت و توانمندسازی افراد در معرض آسیب پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد حمایت از رویکردهای توانمندسازی اجتماعات مانند ارتقای سرمایه‌های اجتماعی، ارتقای مشارکت شهروندان در مقابله با آسیب‌ها و درک ابعاد جنسیت در زمان مواجهه با بلایای مختلف در اولویت می‌باشند. هوک و مونستاد^۲ (۲۰۱۹)، در تحقیقی به بررسی زیرساخت‌های شهر تاب‌آور پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق حاکی از این است که مهم‌ترین زیرساخت برای تاب‌آور نمودن یک شهر، تأکید بر دانش محوری و مدیریت یکپارچه دانش‌بنیان همسو با تعامل نهادی و مشارکت جامعه مدنی است. شمس‌الدین^۳ (۲۰۲۰)، در پژوهشی به تاب‌آوری پایدار شهری و چالش‌های تحقق آن پرداخته است. در این پژوهش اشاره شده است که تحقق تاب‌آوری پایدار شهری ناشی از انعطاف‌پذیری سیستم‌های حکمرانی و تغییرات مداوم با تغییرات ساختار شهری و علم نوین روز می‌باشد.

همچنین میسرا^۴ و همکاران (۲۰۲۰)، در پژوهشی تحت عنوان کووید ۱۹ و آسیب‌پذیری شهری در هند به این نکات اشاره کرده‌اند که همه‌گیری جهانی یکی از شخصیت‌های اصلی شهرها می‌باشد و برنامه‌های جهانی سازمان ملل متحد گواه بر این امر بوده است. سازمان ملل متحد شاخص‌هایی را برای ارزیابی آسیب‌پذیری شهرها در برابر کووید ۱۹ ارائه داده است که دانش مبتنی بر شواهد از طریق نقشه‌برداری و تحلیل می‌باشد. در این تحقیق این تکنیک در مقیاس خرد در شهرهای هند موردبررسی قرار گرفته است. گوش^۵ و همکاران (۲۰۲۰)، در مطالعه خود به بررسی همه‌گیری کووید ۱۹ در بافت‌های شهری لندن پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که پارامترهای

1 Arnold and De Cosmo

2 Huck and Monstadt

3 Shamsuddin

4 Mishra

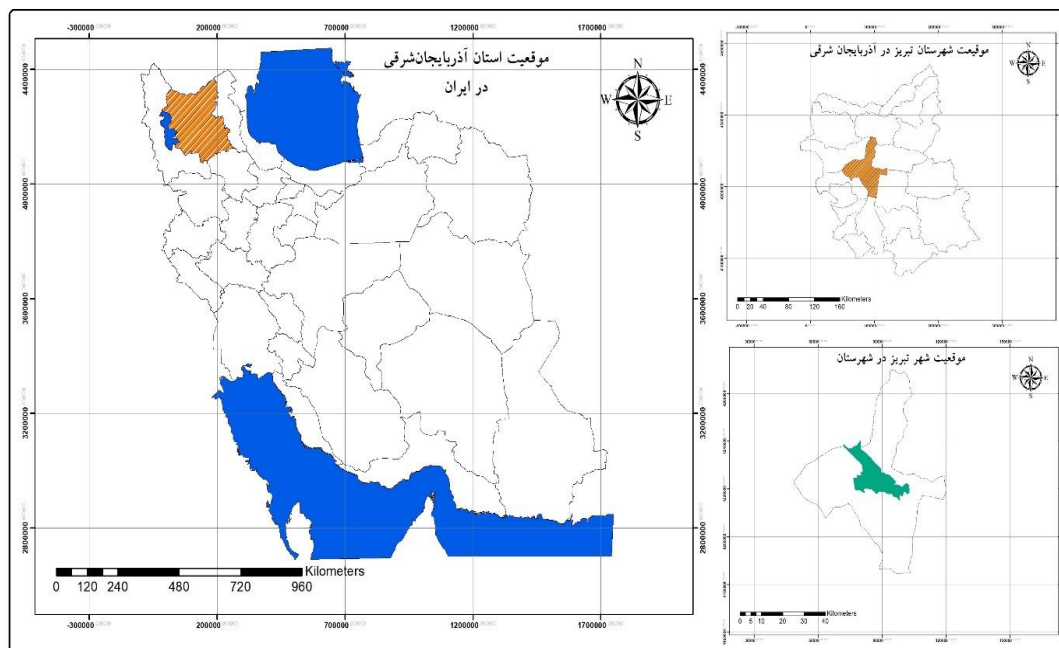
5 Ghosh

اقلیمی در گسترش ویروس تأثیری ندارند. همچنین فاصله از مرکز لندن به حومه و چهار شهر (بیرمنگام، لیدز، منچستر و شفیلد) حاکی از کاهش موارد ابتلا به کووید ۱۹ دارد. شریفی و خاوریان گرمسیر^۱ (۲۰۲۰)، نیز در پژوهش خود به بررسی پاندمی کرونا و تأثیرات آن بر شهرها و درس‌های اصلی برای برنامه‌ریزی، طراحی و مدیریت شهری پرداخته‌اند. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که از نظر تمرکز موضوعی، تحقیقات اولیه در مورد تأثیرات کووید ۱۹ بر روی شهرها عمدتاً چهار موضوع اصلی را دربر می‌گیرد، (۱) کیفیت محیط‌زیست، (۲) تأثیرات اقتصادی-اجتماعی، (۳) مدیریت و حاکمیت، (۴) حمل‌ونقل و طراحی شهری.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

در راستای قلمرو پژوهش نیز می‌توان گفت، تبریز مرکز استان آذربایجان شرقی یکی از شهرهای بزرگ ایران است. این شهر بزرگ‌ترین شهر منطقه شمال غرب کشور بوده و قطب اداری، ارتباطی، بازرگانی، سیاسی، صنعتی، فرهنگی و نظامی این منطقه شناخته می‌شود. این شهر در ۴۱ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی از نصف‌النهار مبدأ واقع شده است و ارتفاع متوسط آن از سطح آب‌های آزاد حدود ۱۳۴۰ متر است. همچنین این شهر ۵ ششمین شهر پرجمعیت ایران پس از شهرهای تهران، مشهد، اصفهان، کرج و شیراز محسوب می‌شود. بررسی رشد فیزیکی و جمعیتی تبریز نشان می‌دهد که در فاصله زمانی ۶۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۳۵)، مساحت این شهر از ۱۱۷۰ هکتار به ۱۹۰۰۰ هکتار و جمعیت آن از ۲۸۹۹۹۶ نفر به ۱۷۷۳۰۳۳ نفر رسیده است. یعنی جمعیت آن قریب به ۶ برابر و توسعه فیزیکی آن حدود ۱۶ برابر رشد داشته است (زادولی خواجه، ۲۲۳:۱۳۹۷).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی کلان‌شهر تبریز

۲-۲- روش پژوهش

تحقیق حاضر به دنبال توسعه دانش کاربردی به‌منظور شناسایی پیشران‌های تأثیرگذار بر تاب‌آوری شهر تبریز و آینده‌پژوهی تاب‌آوری این شهر در راستای مقابله با پاندمی کرونا است. در این راستا، روش تحقیق در مطالعه حاضر آمیخته ترکیبی از رویکردهای کمی-کیفی با ماهیت آینده‌پژوهی و با تأکید بر تحلیل و اکتشاف می‌باشد. بدین منظور، ابتدا با استفاده از روش اسنادی و مصاحبه با مدیران و نخبگان، پیشران‌های تأثیرگذار بر تاب‌آوری شهر تبریز در مقابله با پاندمی کرونا شناسایی و سپس با بهره‌گیری از تکنیک دلفی (۳۰ نفر از نخبگان و متخصص حوزه مدیریت بحران و مخاطرات) و کاربست تکنیک تحلیل اثرات متقاطع در نرم‌افزار MICMAC، تجزیه و تحلیل اطلاعات با رویکرد آینده‌پژوهی صورت گرفته است. قابل ذکر است در چارچوب ماتریس اثرات متقاطع از نمونه آماری خواسته شده بر مبنای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پیشران‌ها بر یکدیگر امتیازی از صفر تا سه داده شود که در این امتیازدهی، «۰» به منزله بدون تأثیر، «۱» به منزله تأثیر ضعیف، «۲» به منزله تأثیر متوسط و «۳» به منزله تأثیر زیاد در اثرگذاری مستقیم و غیرمستقیم به صورت بالقوه می‌باشد. در نهایت امتیازهای داده شده در ماتریس متقاطع وارد شده تا در نرم‌افزار میک‌مک به آینده‌پژوهی و تأثیرگذاری و تأثیرپذیری هرکدام از پیشران‌ها پرداخته شود.

روش تحلیل تأثیرات متقابل روشی خبره‌محور (نخبه‌محور) است که نتایج کمی از آن به دست می‌آید. بنیان اصلی روش تحلیل تأثیرات متقابل بر ماتریس‌های تأثیرات استوار است که به‌منظور بررسی سیستم و پایداری/ناپایداری

سیستم استفاده می‌شود (آرکاده^۱ و همکاران، ۱۹۹۹). در جدول شماره ۱ ویژگی‌های نمونه آماری که از دانشگاه تبریز و سازمان مدیریت بحران شهر تبریز انتخاب شده‌اند، ارائه گردیده است.

جدول ۱- ویژگی‌های نمونه آماری تحقیق

جنسیت	تعداد	گروه‌های سنی	تعداد	سمت	تعداد	تحصیلات	تعداد	رشته تحصیلی	تعداد
زن	۷	۱۹-۲۹ سال	۲	مدیر ارشد	۳	فوق لیسانس	۱۳	علوم انسانی	۱۱
		۳۰-۳۹ سال	۱۶	مدیر میانی	۵				
مرد	۲۳	۴۰-۴۹ سال	۱۱	کارشناس	۹	دکتری	۱۷	فنی-مهندسی	۱۹
		۵۰ سال و بالا	۱	نخبه دانشگاهی	۱۳				

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۹.

همچنین شاخص‌های استخراج‌شده به منظور تحلیل اطلاعات به شرح جدول شماره ۲ می‌باشد. قابل ذکر است که از نظر زمانی پژوهش حاضر در پاییز ۱۳۹۹ و از نظر مکانی در شهر تبریز انجام گرفته است.

جدول ۲- پیشران‌های مورد بررسی و کدبندی آن‌ها به منظور آینده پژوهی تاب‌آوری در راستای مقابله با پاندمی

کرونا

پیشران‌های اصلی	پیشران‌های فرعی
اقتصادی (E)	میزان درآمد E1، مستمر و دائمی بودن درآمد E2، قدرت پس‌انداز خانوار E3، یافتن شغل جدید در صورت از بین رفتن شغل فعلی E4، میزان آسیب‌پذیر بودن منابع تأمین درآمد E5، وجود نهادهای مالی حامی از اقشار آسیب‌پذیر E6.
اجتماعی (S)	اعتماد به مدیران و مسئولان جهت حل مشکلات S1، مشارکت جمعی در راستای مقابله با بحران (با افراد و سازمان‌ها) S2، واکنش و رفتار مناسب در مواقع بحرانی S3، آگاهی لازم در برخورد با بحران S4، احساس مسئولیت اجتماعی در مواجهه با بحران و مهم بودن سلامتی و ایمنی سایر افراد جامعه S5، کمک به همسایگان و شهروندان دیگر در مواقع ضروری S6.
فردی (I)	اعتماد به نفس I1، سلامتی جسمی و روانی I2، توانایی کنترل اضطراب I3، توانایی خلق راه‌حل‌های مختلف I4، احساس منحصربه‌فرد بودن I5، مثبت‌اندیشی نسبت به مسائل I6.
مدیریتی-نهادی (M)	دسترسی به مراکز درمانی مجهز (بیمارستان، اورژانس، داروخانه) M1، بسترسازی فرهنگی در بین نهادها و اقشار اجتماعی در زمینه بحران و پیشگیری از آن M2، وجود تعامل و همکاری بین نهادهای درگیر با مدیریت بحران M3، وجود هماهنگی میان مراکز اخذ تصمیم‌ها و فعالیت‌های اجرایی در راستای مقابله با بحران M4، مسئولیت‌پذیری مدیران و مسئولان در قبال تصمیمات خود M5، وجود پایگاه‌های ارتباطی بین مردم و سازمان‌های مسئول جهت تسریع در کیفیت پاسخگویی به نیازها در زمان وقوع بحران و پاسخگویی مسئولان نسبت به این نیازها M6.

مأخذ: مصاحبه با نمونه آماری، ۱۳۹۹؛ مطالعات اسنادی نگارندگان، ۱۳۹۹.

۳- نتایج و بحث

به منظور ارزیابی و آینده پژوهی تاب‌آوری شهر تبریز در برابر مخاطرات محیطی (پاندمی کرونا)، پیشران‌های شناسایی شده در قالب ۴ مؤلفه اصلی (اقتصادی، اجتماعی، فردی و مدیریتی-نهادی) و ۲۴ مؤلفه فرعی بر اساس تکنیک تحلیل اثرات متقاطع در نرم‌افزار MICMAC مورد تحلیل قرار گرفته‌اند.

۳-۱- شناسایی شاخص‌های اولیه و تشکیل ماتریس اثرات متقاطع

پس از شناسایی و طبقه‌بندی پیشران‌های مورد بررسی، ماتریس اولیه $n \times n$ (با توجه به تعداد پیشران‌ها 24×24) تشکیل یافته است. پس از تشکیل ماتریس اولیه، از نخبگان و مدیران حوزه مخاطرات محیطی و مدیریت بحران خواسته شده است تا به امتیازدهی پیشران‌های مورد بررسی بپردازند. لذا با توجه به شدت اثرات به متغیرهای مورد بررسی امتیازهایی از ۰ تا ۳ (بر اساس مدل میک‌مک) داده شده است. بدین ترتیب که بر اساس نظر حجم نمونه، تأثیر پیشران‌ها بر یکدیگر تعیین و پیشران‌های تأثیرگذار، تأثیرپذیر، کلیدی و استراتژیک شناسایی خواهد شد. شایان ذکر است که این شیوه به شیوه اکتشافی معروف بوده و تمرکزش بر این است که چه چیزی تحت شرایط مختلف اتفاق می‌افتد؟ و با پرسش "چه می‌شود اگر ..." همراه است. برای مثال "چه می‌شود اگر استراتژی x یا y را دنبال کنیم؟". تحلیل اولیه داده‌های ماتریس و تأثیرات متقاطع نشان‌دهنده آن است که با توجه به ابعاد ماتریس، در مجموع ۵۷۶ گزینه برای ماتریس وجود دارد که از این تعداد ۲۴ خانه ماتریس صفر بوده، یعنی پیشران‌ها بر همدیگر تأثیر نداشته یا از همدیگر تأثیر نپذیرفته‌اند. از طرف دیگر ۲۵۸ خانه دارای تأثیر ضعیف، ۱۵۵ خانه دارای تأثیر میانه و ۱۳۹ خانه دارای تأثیر قوی می‌باشند که در مجموع شامل ۵۵۲ خانه از خانه‌های ماتریس را به خود اختصاص داده‌اند. درجه پرشدگی ماتریس $95/83$ درصد می‌باشد که حاکی از آن است که بیش از $95/83$ درصد از پیشران‌های انتخاب شده بر همدیگر تأثیر داشته‌اند. علاوه بر این، ماتریس بر اساس شاخص‌های آماری با دو بار چرخش داده‌ای از مطلوبیت و بهینه‌شدگی ۱۰۰ درصد برخوردار بوده است که این موضوع نیز روایی بالای پرسشنامه و پاسخ‌های آن را نشان می‌دهد.

جدول ۳- تحلیل اولیه داده‌های ماتریس و آماره‌های آن

ابعاد ماتریس	تعداد تکرار	بدون تأثیر (۰)	تأثیر ضعیف (۱)	تأثیر میانه (۲)	تأثیر قوی (۳)	درجه پرشدگی
24×24	۲	۲۴	۲۵۸	۱۵۵	۱۳۹	$95/83$ درصد

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.

۳-۲- تحلیل ماتریس اثرات مستقیم و غیرمستقیم

پس از تشکیل ماتریس متقاطع، ماتریس تأثیرات مستقیم^۱ (MDI) بر اساس میانگین‌های حاصل از پرسشنامه‌ها تشکیل می‌شود تا بتوان نتایج حاصل از تأثیرات متقابل، نمودارها و نقشه‌های گرافیکی مرتبط با آن را به دست آورد. در ماتریس متقاطع، جمع اعداد سطرهای هر پیشران میزان تأثیرگذاری و جمع ستونی نیز میزان تأثیرپذیری آن پیشران از پیشران‌های دیگر را نشان می‌دهد. با یک روش ساده می‌توان دریافت که تأثیر پیشران‌ها با در نظر گرفتن تعداد گروه‌های ارتباطی در ماتریس تشکیل شده، قابل سنجش است. متغیر یا پیشرانی که بر تعداد محدودی از متغیرها یا پیشران‌ها تأثیر مستقیم دارد، تأثیرگذاری اندکی نیز در کل سیستم دارد. به این ترتیب، تأثیرپذیری مستقیم یک متغیر یا پیشران را نیز می‌توان با در نظر گرفتن ستون مربوط در ماتریس بررسی کرد. همچنین در ماتریس تأثیرات غیرمستقیم^۲ (MII)، هر یک از پیشران‌ها توسط نرم‌افزار به توان ۲، ۳، ۴، ۵ و غیره رسانده و بر این اساس، تأثیرات غیرمستقیم پیشران‌ها سنجیده می‌شود. اثرگذاری و اثرپذیری پیشران‌ها در ماتریس غیرمستقیم همانند ماتریس مستقیم می‌باشد.

جدول ۴- تأثیر مستقیم و غیرمستقیم پیشران‌ها بر همدیگر

پیشران‌ها	اثرات مستقیم		پیشران‌ها	اثرات غیرمستقیم		اثرات مستقیم		پیشران‌ها
	اثرپذیری	اثرگذاری		اثرپذیری	اثرگذاری	اثرپذیری	اثرگذاری	
E	۲۹۱	۲۴۲	I	۳۹۴۱۶۷	۴۷۳۳۸۱	۴۶۱۱۴۶	۳۹۹۶۳۵	E1
E1	۳۶	۴۵	I1	۷۴۰۱۶	۵۹۲۱۶	۷۹۶۳۳	۶۷۳۲۶	E2
E2	۴۷	۴۰	I2	۶۷۰۸۷	۷۶۴۴۷	۷۳۷۲۴	۶۹۹۴۵	E3
E3	۴۶	۴۳	I3	۷۰۷۶۶	۷۵۱۹۹	۷۶۵۵۰	۵۴۶۲۵	E4
E4	۵۶	۳۸	I4	۶۰۹۳۷	۹۰۵۷۶	۷۱۱۸۷	۷۹۴۵۵	E5
E5	۵۵	۴۴	I5	۷۱۲۱۵	۸۸۲۸۵	۶۹۱۸۴	۶۰۱۴۹	E6
E6	۵۱	۳۲	I6	۵۰۱۴۶	۸۳۶۵۸	۹۰۸۶۸	۶۸۱۳۵	S
S	۲۰۹	۲۸۳	M	۴۶۷۰۳۱	۳۴۴۲۸۱	۲۹۷۰۶۳	۴۰۲۱۰۸	S1
S1	۳۱	۳۹	M1	۶۴۳۵۵	۵۱۲۴۸	۶۴۲۷۷	۵۷۳۴۷	S2
S2	۴۲	۵۳	M2	۸۵۶۱۳	۶۸۵۳۶	۵۷۴۴۱	۵۴۴۲۳	S3
S3	۲۶	۵۳	M3	۸۶۷۳۲	۴۴۷۱۹	۴۳۶۸۰	۷۷۶۶۵	S4
S4	۳۹	۴۲	M4	۶۸۰۸۲	۶۳۸۲۳	۴۳۶۸۰	۷۴۵۴۶	S5
S5	۳۷	۴۸	M5	۸۰۴۲۶	۵۹۶۶۶	۴۲۷۱۷	۶۹۵۵۷	S6
S6	۳۴	۴۸	M6	۸۱۸۲۳	۵۶۲۸۹	۴۵۲۶۸	۶۸۵۷۰	

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۸.

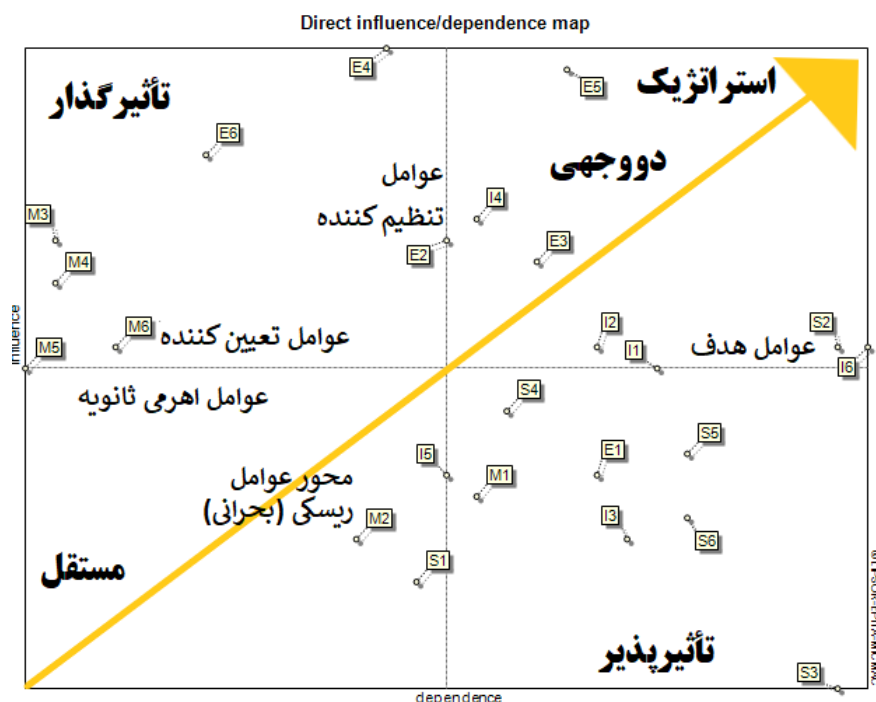
1 Matrix of Direct Influences

2 Matrix of Indirect Influences

در جدول شماره ۳ پيشران‌های اثرگذار با رنگ زرد و پيشران‌های اثرپذير با رنگ آبی مشخص گرديده‌اند. بر اساس نتايج به‌دست آمده بيشترين تأثيرگذاري در بين پيشران‌های موردبررسی بر ساير پيشران‌ها در راستای تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبعی (پاندمی کرونا) مربوط به پيشران‌های يافتن شغل جديد در صورت از بين رفتن شغل فعلی، ميزان آسیب‌پذير بودن منابع تأمين درآمد و وجود نهادهای مالی حامی از اقشار آسیب‌پذير و بيشترين اثرپذيري مربوط به پيشران‌های وجود پایگاه‌های ارتباطی بين مردم و سازمان‌های مسئول جهت تسريع در کيفيت پاسخگویی به نیازها در زمان وقوع بحران و پاسخگویی مسئولان نسبت به اين نیازها، مشارکت جمعی در راستای مقابله با بحران (با افراد و سازمان‌ها) و واکنش و رفتار مناسب در مواقع بحرانی می‌باشد. همچنین در بين پيشران‌های اصلی بيشترين اثرگذاري مربوط به پيشران‌های اقتصادی و بيشترين اثرپذيري مربوط به پيشران‌های اجتماعی است.

۳-۳- تحليل پایداری/ناپایداری سیستم بر اساس پلان اثرگذاري و اثرپذيري

نحوه پراکنش پيشران‌ها در محور تأثيرگذاري-تأثيرپذيري بيانگر ميزان پایداری يا ناپایداری سیستم است. چنانچه توزيع آن‌ها به شکل I باشد، سیستم پایدار است و اين حالت نشانگر ثبات در پيشران‌های تأثيرگذار و تداوم تأثير آن‌ها بر ساير پيشران‌ها است. چنانچه پيشران‌ها از سمت محور مختصات به سوی انتهای نمودار و در حوالی آن پخش شده باشند، سیستم ناپایدار است و کمبود پيشران‌های تأثيرگذار، سیستم را تهديد می‌کند. در سیستم‌های پایدار برخی پيشران‌ها دارای تأثيرگذاري بالا و برخی دارای تأثيرپذيري بالا هستند. در اين سیستم‌ها پيشران‌های کلیدی، مستقل و نتیجه سه دسته قابل مشاهده هستند. اما در سیستم‌های ناپایدار وضعیت پیچیده‌تر از سیستم پایدار است. در اين سیستم‌ها، پيشران‌ها حول محور قطري پراکنده‌اند و در بيشتر موارد حالت بینابینی از تأثيرگذاري و تأثيرپذيري را نشان می‌دهند، اين حالت ارزیابی و شناسایی پيشران‌های کلیدی را دشوار می‌سازد. آنچه از نحوه پراکنش پيشران‌ها در محورهای تأثيرگذاري-تأثيرپذيري مستقيم پیداست، ناپایداری سیستم تاب‌آوری شهر تبریز بر مبنای مخاطرات محیطی (پاندمی کرونا) می‌باشد.



شکل ۲- پراکندگی پیشران‌ها و جایگاه آن‌ها در محور تأثیرگذاری- تأثیرپذیری ماتریس تأثیرات مستقیم
 مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.

۳-۴- قرارگیری پیشران‌ها در پلان اثرگذاری-اثرپذیری و شناسایی پیشران‌های استراتژیک

بر اساس پلان اثرگذاری-اثرپذیری می‌توان وضعیت هر یک از پیشران‌ها را با توجه به موقعیت آن‌ها در سیستم مشخص کرد. شرح قرارگیری پیشران‌ها بدین صورت است:

پیشران‌های تأثیرگذار: شکل پراکنش مؤلفه‌ها نشان می‌دهد که چهار مؤلفه یافتن شغل جدید در صورت از بین رفتن شغل فعلی، وجود نهادهای مالی حامی از اقشار آسیب‌پذیر، وجود تعامل و همکاری بین نهادهای درگیر با مدیریت بحران و وجود هماهنگی میان مراکز اخذ تصمیم‌ها و فعالیت‌های اجرایی در راستای مقابله با بحران تأثیرگذارترین پیشران‌ها در سیستم می‌باشند. این پیشران‌ها بیشترین تأثیرگذاری و کمترین تأثیرپذیری را داشته و به‌عنوان بحرانی‌ترین پیشران‌ها، وضعیت سیستم و تغییرات آن وابسته به آن‌هاست. پیشران‌های شناسایی شده متغیرهای ورودی سیستم محسوب می‌شوند و توسط سیستم قابل کنترل نیستند؛ زیرا خارج از سیستم قرار داشته و به صورت پیشران‌های باثبات عمل می‌نمایند. پیشران‌های تأثیرپذیر یا وابسته: پیشران‌های دسترسی به مراکز درمانی مجهز (بیمارستان، اورژانس، داروخانه)، واکنش و رفتار مناسب در مواقع بحرانی، آگاهی لازم در برخورد با بحران، احساس مسئولیت اجتماعی در مواجهه با بحران و مهم بودن سلامتی و ایمنی سایر افراد جامعه، کمک به همسایگان و شهروندان دیگر در مواقع ضروری، میزان درآمد و توانایی کنترل اضطراب با تأثیرگذاری پایین و تأثیرپذیری بسیار

بالا پیشران‌هایی از سیستم می‌باشند که نسبت به تکامل پیشران‌های تأثیرگذار و دوجهی بسیار حساس هستند. این پیشران‌ها، متغیرهای خروجی سیستم هستند.

پیشران‌های مستقل و مستثنی: پیشران‌های احساس منحصربه‌فرد بودن، بسترسازی فرهنگی در بین نهادها و اقشار اجتماعی در زمینه بحران و پیشگیری از آن و اعتماد به مدیران و مسئولان جهت حل مشکلات از پیشران‌های مستقل سیستم محسوب می‌شوند. این بدان معناست که این پیشران‌ها از سایر پیشران‌های سیستم تأثیر چندانی نپذیرفته و بر آن‌ها نیز تأثیر کمی داشته یا تأثیری ندارند. آن‌ها ارتباط بسیار کمی با سیستم دارند؛ زیرا نه باعث توقف یک شاخص اصلی و نه باعث تکامل و پیشرفت یک متغیر در سیستم می‌شوند.

پیشران‌ها اهرمی ثانویه: پیشران مسئولیت‌پذیری مدیران و مسئولان در قبال تصمیمات خود می‌تواند به عنوان مبدأ جهت سنجش و به‌عنوان معیار تأثیرگذار به‌کار رود.

پیشران‌های دوجهی: پیشران‌های قدرت پس‌انداز خانوار، توانایی خلق راه‌حل‌های مختلف و میزان آسیب‌پذیر بودن منابع تأمین درآمد پیشران‌های دوجهی در سیستم محسوب می‌گردند که اثرگذاری و اثرپذیری آن‌ها بر سایر پیشران‌ها تا حدود زیادی یکسان می‌باشد و نقش مؤثری در پایداری سیستم ایفا می‌کنند.

پیشران‌های ریسک (مخاطره): با توجه به تأثیر منفی اکثر پیشران‌ها، در سیستم پیشران ریسک تعریف نگردیده است.

پیشران‌های تنظیمی: پیشران تنظیم‌کننده مستمر و دائمی بودن درآمد به‌صورت اهرم ثانویه، اهداف ضعیف و یا پیشران ریسک ثانویه عمل می‌نماید.

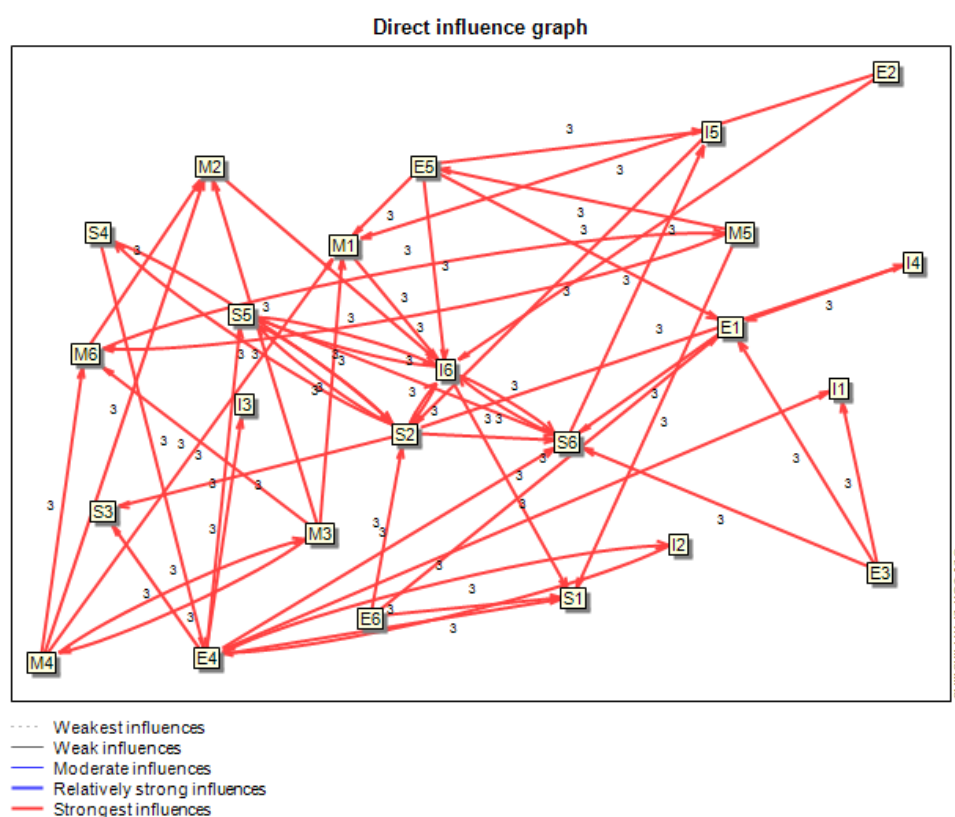
پیشران‌های تعیین‌کننده: پیشران وجود پایگاه‌های ارتباطی بین مردم و سازمان‌های مسئول جهت تسریع در کیفیت پاسخگویی به نیازها در زمان وقوع بحران و پاسخگویی مسئولان نسبت به این نیازها به‌صورت پیشران تأثیرگذار ثانویه و تعیین تأثیرگذاری عمل می‌نماید.

پیشران‌های هدف: پیشران‌های مشارکت جمعی در راستای مقابله با بحران (با افراد و سازمان‌ها)، اعتماد به نفس، سلامتی جسمی و روانی و مثبت‌اندیشی نسبت به مسائل به‌عنوان هدف اصلی در راستای پایداری تاب‌آوری شهر تبریز محسوب می‌شوند.

پیشران‌های استراتژیک: پیشران‌هایی هستند مهم، قابل دستکاری و کنترل که بر پویایی و تغییر سیستم تأثیرگذار می‌باشند. با این توصیف پیشران‌هایی را که تأثیر بسیار بالایی دارند، ولی قابل کنترل نیستند نمی‌توان استراتژیک محسوب کرد. ارزیابی صورت گرفته نشان می‌دهد پیشران استراتژیک در سیستم وجود ندارد.

۳-۵- تحلیل گراف اثرگذاری

گراف اثرگذاری نشان‌دهنده روابط پیشران‌ها و چگونگی اثرگذاری آنها بر همدیگر است. این گراف در قالب خطوط قرمز و آبی نشان داده می‌شود که انتهای هر خط با یک پیکان نشان داده شده و بیانگر جهت اثرگذاری پیشران است. خطوط قرمز نشان‌دهنده اثرگذاری شدید پیشران‌ها بر همدیگر است و خطوط آبی، با تفاوت در ضخامت، روابط متوسط تا ضعیف را نشان می‌دهد. همچنین این گراف نشان می‌دهد که چنانچه پیشران‌های مورد بحث تأثیرگذار بر تعداد زیادی از پیشران‌ها تأثیرگذار باشند سیستم در آینده به سمت پایداری سوق پیدا خواهد کرد.



شکل ۳- تأثیرات مستقیم بین پیشران‌ها و روابط آنها

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.

وضعیت روابط در گراف اثرگذاری بیان‌گر این است که پیشران‌های تأثیرگذار بر تعداد زیادی از پیشران‌ها تأثیر ندارند و برعکس پیشران‌هایی که از تعداد زیادی پیشران تأثیر می‌پذیرند، بسیار می‌باشند. بنابراین می‌توان عنوان کرد

که با توجه به وضعیت موجود و کمبود پیشران‌های کلیدی و استراتژیک تأثیرگذار در راستای تاب‌آوری سیستم، آینده تاب‌آوری شهر تبریز بر مبنای مخاطرات محیطی (پاندمی کرونا) ناپایدار خواهد بود.

۳-۶- تدوین سناریوهای تاب‌آوری شهر تبریز بر مبنای تأثیرگذاری و تأثیرپذیری پیشران‌ها

در این قسمت، ابتدا به بررسی آسیب‌های اقتصادی، اجتماعی و روان‌شناختی اپیدمی کروناویروس پرداخته‌شده و سپس بر مبنای تجزیه و تحلیل وضعیت اثرگذاری و اثرپذیری پیشران‌های تاب‌آوری و همچنین وضعیت موجود بیماری کووید ۱۹ (ویروس کرونا) در شهر تبریز و عرصه جهانی بر مبنای مطالعات مختلف (بروکس ۱ و همکاران، ۲۰۲۰؛ چن ۲ و همکاران، ۲۰۲۰؛ کراون ۳ و همکاران، ۲۰۲۰؛ هوت ۴، ۲۰۲۰)، سناریوهای پیش‌روی احتمالی شهر تبریز بر مبنای تاب‌آوری (توانایی بازگشت به عقب، توانایی جذب شوک و قابلیت تغییر و انطباق) در جدول شماره ۵ تشریح شده است.

الف) اثرات اقتصادی اپیدمی کروناویروس: اپیدمی کروناویروس (کووید ۱۹)، اثراتی فراتر از ایمنی انسان و بهداشت عمومی در جهان برجای نهاده است. اولین و مهم‌ترین اثر این بیماری، بدون تردید بر اقتصاد جهانی احساس می‌شود. به نظر می‌رسد که اقتصاد جهانی در حال حاضر متزلزل شده است، زیرا مشخص نیست که این بیماری تا چه اندازه پیش خواهد رفت، چه زمانی می‌توان آن را تحت کنترل قرار داد، چه آسیب‌هایی را از نظر سلامتی به انسان وارد می‌کند و آیا دوباره تکرار خواهد شد یا خیر. همچنین اپیدمی کروناویروس، آمار رشد اقتصادی قدرت‌های جهانی (آمریکا، چین و سایر کشورها) را معکوس کرده و روند تولید در این کشورها را مختل نموده است. در این راستا کشورهای مختلف سیاست‌های متعددی را برای مقابله با اثرات این اپیدمی برگزیده‌اند که مهم‌ترین آنها سیاست گسترش پولی می‌باشد. این اقدامات و سیاست‌ها با توجه به توقف بازارهای جهانی، تأثیری بر کاهش رکود اقتصاد نداشته است و ادامه‌دار بودن این وضعیت ممکن است به یک بحران اقتصادی جهانی منجر شود و می‌تواند کشورهایی را که اقتصادهای شکننده دارند (همچون ایران)، در تلاطمات خود غرق کند. می‌توان گفت که در ایران و شهر تبریز گسترش این اپیدمی باعث ایجاد فاصله میان کارکنان و ادارات و کارخانه‌ها شده است؛ برخی خود در محیط کاری حاضر نمی‌شوند و برخی را کارفرمایان (به دلیل کاهش تقاضا برای محصولات و نبود مواد اولیه برای تولید) در راستای تعدیل نیرو اخراج کرده‌اند. همچنین درآمد برخی مشاغل کاهش یافته و برخی مشاغل نیز به‌طور کلی تعطیل گردیده‌اند که از جمله مهم‌ترین آن‌ها خدمات مرتبط با گردشگری می‌باشد که تعداد زیادی شغل را در شهر تبریز به خود اختصاص داده است. در این راستا، تغییر وضعیت اقتصادی خانواده‌ها (به‌ویژه اقشار کم‌درآمد)

1 Brooks

2 Chen

3 Craven

4 Hutt

به دلیل افت درآمد، سبب کاهش امکانات برای خانواده‌ها و آسیب‌های مختلف اجتماعی، جسمی و روحی گردیده است.

ب) اثرات روان‌شناختی و اجتماعی اپیدمی کروناویروس: شیوع بیماری کووید ۱۹، علاوه بر تأثیرات اقتصادی، چالش‌های اجتماعی و روانی بسیاری برای جوامع بشری و ایران به همراه داشته که طی ماه‌های گذشته آسیب‌های اجتماعی وارده نسبت به ابتدای شروع ویروس شدت یافته و شکل متفاوت‌تری را از خود به نمایش گذاشته است. آسیب‌هایی که بعضاً نشأت گرفته از مسائل اقتصادی در نتیجه بیکاری افراد و مشکلات مالی می‌باشند و فقر و بیکاری (که اساس انحرافات اجتماعی است) نتیجه آن بوده است. از طرفی مشکلات اقتصادی و مالی افراد را در موقعیت‌هایی قرار داده است که نمی‌توانند نقش‌های اجتماعی خود را به درستی ایفا کنند و افراد در حفظ تعهدات به ارزش‌های اخلاقی و روابط خانوادگی پابندی ضعیف‌تری نشان خواهند داد که در نهایت موجب اختلاف در هنجارهای اجتماعی خواهد گردید. همچنین قرنطینگی و حضور مکرر افراد خانواده در کنار یکدیگر باعث می‌شود مشکلات سرپوشیده و بازگو نشده گذشته (هرچقدر کوچک و بی‌اهمیت) سرباز کرده و منجر به اختلافات زناشویی، نزاع بین پدر و مادر و سایر افراد خانواده شود که همین امر به ظاهر ساده محیط خانواده را برای تربیت فرزندان، ناامن و نامناسب و برای سایر اعضا غیر قابل تحمل و خالی از آرامش می‌کند. تأثیرات روان‌شناختی ناشی از کووید ۱۹ نیز در ابعاد متوسط تا عمیق می‌باشد و می‌تواند علایم اضطراب، افسردگی و ترس را در افراد ایجاد نماید. هراس از ابتلا به بیماری همه‌گیر، احساس استیصال، بی‌حوصلگی، نگرانی از پیامدهای اقتصادی شیوع بیماری همه‌گیر و نگرانی از قحطی از جمله عواملی هستند که احتمال آسیب‌های روانی در دوران قرنطینه یا رعایت فاصله اجتماعی را افزایش می‌دهند. از طرفی اثرات آسیب‌ها و فشارهای روانی ناشی از بحران‌های اجتماعی و به‌ویژه تجربه بیماری کرونا بر افراد، خانواده‌ها و اجتماع آسیب‌دیده باقی خواهد و ممکن است ابعاد روان‌شناختی متعددی از جمله سبک زندگی، راهبردهای مقابله‌ای، کیفیت زندگی، سلامت روانی و ... را تحت تأثیر قرار دهد.

جدول ۵- سناریوهای چشم‌انداز تاب‌آوری شهر تبریز بر مبنای ویروس کووید ۱۹

آینده‌نگر (قابلیت تغییر و انطباق)	آرمان‌گرا (توانایی جذب شوک)	بازگشت به گذشته (توانایی بازگشت به گذشته)	وجه رفتاری وجه عملکردی
		سناریوی چشم‌انداز مرجع (Passive): سناریوی توسعه شاخص‌ها و ساختارها بر مبنای وضعیت قبل از شیوع ویروس	بازگشت به وضعیت اجتماعی و اقتصادی نسبتاً باثبات قبل از شیوع ویروس
	سناریوی چشم‌انداز آرمان‌گرای نوستالژیک (Reactive): سناریوی توسعه تاب‌آوری بر		عدم تغییرات بنیادی در ابعاد مختلف و سعی در تحقق سلامتی و ایمنی افراد و ثبات و توسعه

آینده‌نگر (قابلیت تغییر و انطباق)	آرمان‌گرا (توانایی جذب شوک)	بازگشت به گذشته (توانایی بازگشت به گذشته)	وجه رفتاری / وجه عملکردی
	اساس عدم درک پارادایم جاری و واکنش به استراتژی‌های ناهماهنگ (آرمان‌گرایانه و بلندپروازانه)		ساختارهای اقتصادی-اجتماعی
سناریوی توسعه آینده‌نگر (Active) سناریوی توسعه تاب‌آوری واقع‌نگر بر اساس پارادایم آتی			بازتعریف ساختارهای اقتصادی-اجتماعی و قوانین کارآمد در ابعاد مختلف مدیریتی-نهادی با توجه به تغییرات آینده

مأخذ: یافته‌های تحقیق، ۱۳۹۹.

سناریوی اول؛ سناریوی چشم‌انداز مرجع (Passive): این سناریو شامل توسعه شاخص‌ها و ساختارهای اجتماعی و اقتصادی بر مبنای شرایط قبل از شیوع بیماری می‌باشد. این سناریو با توجه به تنزل وضعیت و ثبات اقتصادی در افراد و اقشار کم‌درآمد و وضعیت متزلزل ایران در عرصه بین‌المللی به سختی قابل تحقق می‌باشد. از دست دادن شغل، افزایش بی‌سابقه تورم و عدم کارایی سیاست‌های دولت در کنترل قیمت‌ها و ثبات شرایط اقتصادی از یک‌سو و کاهش اعتماد عمومی مردم نسبت به مسئولان بازگشت به وضعیت گذشته را سخت خواهد کرد.

سناریوی دوم؛ سناریوی چشم‌انداز آرمان‌گرای نوستالژیک (Reactive): در سناریوی دوم، سناریوی توسعه تاب‌آوری بر اساس عدم درک پارادایم جاری و واکنش به استراتژی‌های ناهماهنگ (آرمان‌گرایانه و بلندپروازانه) از طریق عدم تغییرات بنیادی در ابعاد مختلف و سعی در تحقق سلامتی و ایمنی افراد و ثبات و توسعه ساختارهای اقتصادی-اجتماعی می‌باشد. در این سناریو که اکثر کشورهای در حال توسعه را شامل می‌شود، اهداف آرمانی بوده و ابزار و نهادهای مدیریتی مناسب برای رفع بحران وجود ندارد. همچنین در این سناریو عدم یکپارچگی در نظام‌های تصمیم‌گیری و اجرایی و عدم تحقق رویکرد مشارکتی و تعامل و اعتماد نهادی موجب پسرفت جامعه می‌گردد.

سناریوی سوم؛ سناریوی توسعه آینده‌نگر (Active): این سناریو سناریوی توسعه تاب‌آوری واقع‌نگر بر اساس پارادایم آتی از طریق بازتعریف ساختارهای اقتصادی-اجتماعی و قوانین کارآمد در ابعاد مختلف مدیریتی-نهادی را مطرح می‌کند. تحقق این سناریو مستلزم توسعه سیستمی و یکپارچه در ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و ... با مشارکت جمعی مردم و نهادهای دولتی و خصوصی است.

۴- نتیجه گیری

تبیین تاب‌آوری در برابر تهدیدات، در واقع شناخت نحوه‌ی تأثیرگذاری ظرفیت‌های اجتماعی، اقتصادی، نهادی، سیاسی و اجرایی جوامع شهری در افزایش تاب‌آوری و شناسایی ابعاد مختلف تاب‌آوری در شهرها است. در این میان نوع نگرش به مقوله تاب‌آوری و نحوه تحلیل آن، از یک طرف در چگونگی شناخت تاب‌آوری وضع موجود و علل آن نقش کلیدی دارد و از طرف دیگر سیاست‌ها و اقدامات تقلیل خطر و نحوه رویارویی با آن را تحت تأثیر اساسی قرار می‌دهد. درواقع هدف از این رویکرد، کاهش آسیب‌پذیری شهرها و تقویت توانایی‌های شهروندان برای مقابله با خطرات ناشی از تهدیدات مختلف است. تهدیدات و مخاطراتی که اساساً زیست‌بوم انسانی را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند و بسته به وضعیت کشورها؛ زیرمجموعه‌های مختلفی (اقلیمی، زمین‌ساخت و انسانی) دارند. در این بین، یکی از مهم‌ترین مخاطرات و بحران‌هایی که به‌طور گسترده در تمامی نقاط جهان موجب آسیب‌های فراوان می‌گردد، شیوع یک ویروس یا پاندمی (همه‌گیری) می‌باشد. یکی از خطرناک‌ترین این ویروس‌ها که از سال ۲۰۱۹ و از شهر ووهان چین به اکثر نقاط جهان شیوع پیدا کرده، ویروس کرونا (کووید ۱۹) با ویژگی سندرم حاد تنفسی بوده است. انتشار کووید ۱۹ به دلیل سرعت انتقال آن که از ویژگی‌های این ویروس است باعث ایجاد یک وضعیت اورژانس در بهداشت جهانی، در کمتر از چندماه در سراسر کشورهای جهان شده است. همچنین این بیماری واگیردار نه تنها سبب نگرانی‌هایی در ارتباط با سلامت جسمی همگانی شده، بلکه سبب بروز تعدادی از بیماری‌های روانشناختی، آسیب‌های اجتماعی و اقتصادی نیز شده است. در این شرایط، حفظ وضعیت سلامت روان افراد و جلوگیری از آسیب‌های اجتماعی و اقتصادی ضروری می‌باشد.

با توجه به گستردگی اثرات منفی این ویروس به‌ویژه در شهرهای کشورهای درحال توسعه، هدف از تحقیق حاضر آینده‌پژوهی تاب‌آوری شهر تبریز در برابر مخاطرات محیطی با تأکید بر پاندمی کرونا می‌باشد که نتایج به‌دست آمده بدین شرح بوده است:

اول؛ پیشران‌های اقتصادی بیشترین اثرگذاری و پیشران‌های اجتماعی بیشترین اثرپذیری را در تاب‌آوری شهر تبریز در مقابله با کرونا به خود اختصاص داده‌اند.

دوم؛ از دست دادن شغل و آسیب‌پذیر بودن منابع تأمین درآمد و عدم وجود نهادهای مالی حامی از اقشار آسیب‌پذیر موجب کاهش تاب‌آوری افراد در مقابله با این بحران گردیده و عدم مدیریت و پاسخگویی مناسب مسئولان و ارگان‌های اداره‌کننده شهر و عدم تحقق مشارکت جمعی نیز بر کاهش تاب‌آوری شهر و افراد ساکن آن دامن زده است.

سوم؛ با توجه به وضعیت موجود و کمبود پیشران‌های کلیدی و استراتژیک تأثیرگذار در ارتقای تاب‌آوری تاب‌آوری سیستم، ضعف‌های اساسی در ساختارهای اقتصادی و اجتماعی و نظام مدیریتی شهر تبریز و موقعیت

متزلزل ایران در عرصه بین‌المللی و عدم دسترسی مناسب به خدمات بهداشتی-درمانی و منافع اقتصادی می‌توان گفت آینده تاب‌آوری شهر تبریز بر مبنای مخاطرات محیطی (پاندمی کرونا) ناپایدار خواهد بود. در راستای دستیابی به شهر تاب‌آور در تبریز و مقابله با بحران‌ها و مخاطرات مختلف (به‌ویژه پاندمی کرونا) راهکارهای زیر با توجه به وضعیت موجود ارائه می‌گردد:

الف) راهکارهای ساختاری/کلان (بلندمدت و میان‌مدت): یکی از مهم‌ترین علل عدم تحقق‌پذیری تاب‌آوری در شهر تبریز همانند سایر شهرهای ایران مشکلات کلان و ساختاری در نظام مدیریتی و ساختارهای اقتصادی-اجتماعی جامعه می‌باشد. در این راستا تغییر رویکرد مدیریت و نظام اداره شهر از شکل متمرکز (تکنوکراسی) به مشارکتی و محلی ضروری می‌باشد. همچنین مهم‌ترین پیشران تأثیرگذار بر عدم تاب‌آوری افراد در ابعاد مختلف اجتماعی و فردی معیارهای اقتصادی بوده است. نابرابری در دستیابی به منافع اقتصادی و افزایش مستمر فاصله طبقاتی و تورم بی‌رویه موجب ازهم گسیختگی جامعه و کاهش تاب‌آوری شهر گردیده است، بنابراین ضروری است که تغییرات بنیادی در نظام مدیریتی و ساختارهای اقتصادی و اجتماعی صورت گیرد. تغییری که نه تنها در راستای تاب‌آور نمودن شهر، بلکه تحقق توسعه پایدار ضروری می‌باشد.

ب) راهکارهای غیرساختاری/خرد (کوتاه‌مدت): در راستای تحقق شهر تاب‌آور در مقابله با انواع بحران‌ها و پاندمی کرونا می‌توان به تنظیم قوانین الزام‌آور در راستای کاهش تجمع در مکان‌های عمومی و ممنوعیت رفت‌وآمد و رعایت فاصله اجتماعی، ایجاد یکپارچگی و تعامل نهادی بین ارگان‌های درگیر با حوزه مدیریت بحران در راستای هماهنگی میان مراکز اخذ تصمیم‌ها و فعالیت‌های اجرایی از طریق بازاریابی در قوانین و رویکردهای موجود، اختصاص سرمایه متناسب در راستای توانمندسازی افراد و گروه‌های کم‌درآمد و جلوگیری از سوق یافتن آنها به سمت اقبال پر درآمد، اطلاع‌رسانی و آموزش مناسب شهروندان (با توجه به اینکه تصورات ذهنی و میزان آگاهی از بحران بسیار بااهمیت است)، ایجاد قوانینی در راستای انجام فعالیت‌های مختلف با رعایت پروتکل‌های بهداشتی (با توجه به هزینه‌های سرسام‌آور زندگی).

قدردانی و تشکر

قدردانی و تشکر از نخبگان و متخصصان حوزه مدیریت بحران و مخاطرات شهر تبریز در انجام پژوهش حاضر که بخشی از رساله دکتری تحت عنوان تحلیل فضایی تاب‌آوری سکونتگاه‌های شهری در برابر مخاطرات محیطی با تأکید بر رویکرد آینده‌پژوهی و سناریونگاری (مطالعه موردی: شهر تبریز) با همکاری نویسندگان است.

کتابنامه

- امیری فهلیانی، محمدرضا؛ ۱۳۹۷. کاربست رویکرد آینده‌پژوهی در ارزیابی و تحلیل فضایی ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری اجتماعی و نهادی در مناطق کلان‌شهری (مطالعه موردی: کلان‌شهر اهواز). رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. استاد راهنما: سعید امانپور. دانشگاه شهید چمران اهواز. دانشکده ادبیات و علوم انسانی.
- پاشازاده، اصغر؛ ۱۳۹۸. سنجش تاب‌آوری شهر اردبیل در برابر مخاطرات محیطی و ارائه الگوی شهر تاب‌آور با رویکرد آینده‌پژوهی. رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. استاد راهنما: محمدحسن یزدانی. دانشگاه محقق اردبیلی. دانشکده ادبیات و علوم انسانی.
- رضایی، محمدرضا؛ ۱۳۸۹. ارزیابی تاب‌آوری اقتصادی و نهادی جوامع شهری در برابر سوانح طبیعی، مطالعه موردی: زلزله محله‌های شهر تهران. دوفصلنامه مدیریت بحران. ۲(۳): ۳۶-۲۵.
- زادولی خواجه، شاهرخ؛ ۱۳۹۷. بازاندیشی بوم‌محور در امکان‌سنجی ارتقاء کیفی - کالبدی مناطق اسکان غیررسمی بر اساس معیارهای مسکن حداقل (بررسی تطبیقی کلان‌شهرهای اهواز و تبریز). رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، استاد راهنما: سعید ملکی. دانشگاه شهید چمران اهواز. دانشکده ادبیات و علوم انسانی.
- کاویانی‌راد، مراد؛ ۱۳۸۹. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی و بحران‌های بوم‌شناسی در ایران. مطالعات راهبردی. ۱۳(۴۸): ۵۷-۳۳.
- گاسپارینی، پائولو، گانتو مانفردی، دومینکو، آسپرونه؛ ۱۳۹۵. تاب‌آوری و پایداری در مقابل بلایای طبیعی (چالشی برای شهرهای آینده). ترجمه حسین حاتمی‌نژاد و مرتضی نصرتی‌هشی. تهران: انتشارات آزاد کتاب.

- Arcade, J., Godet, M., Meunier, F., and Roubelat, F. 1999. Structural analysis with the MICMAC method & Actor's strategy with MACTOR method, Futures Research Methodology, American Council for the United Nations University: The Millennium Project (1999).
- Arnold, M., and De Cosmo, S. 2015. Building social Reilience, protecting and empowering those most at risk. International Bank for Reconstruction and Development/International Development Association or The World Bank, www.worldbank.org.
- Botton, S., Van Heusden, M., Parsons, J. R., and Smidt, H. N. 2006. Straalen Van, Resilience of Microbial Systems towards Disturbances, Critical Reviews in Microbiology, 32: 101-112.
- Brooks, S. K., Webster, R. K., Smith, L. E., Woodland, L., Wessely, S., Greenberg, N., and Rubin, G. J. 2020. The psychological impact of quarantine and how to reduce it: rapid review of the evidence. The Lancet, 14: 1-5.
- Chen, Q., Liang, M., Li, Y., Guo, J., Fei, D., Wang, L., and Wang, J. 2020. Mental health care for medical staff in China during the COVID-19 outbreak. The Lancet Psychiatry, 7(4): 15-16.
- Craven, M., Liu, L., Mysore, M., Singhal, S., Smit, S., and Wilson, M. 2020. COVID-19: Implications for business; [https:// www. mckinsey. com/ business- functions/ risk/ our- insights/ covid-19-implications-for-business](https://www.mckinsey.com/business-functions/risk/our-insights/covid-19-implications-for-business).

- Fong, M. W., Gao, H., Wong, J. Y., Xiao, J., Shiu, E. Y. C., and Ryu, S. 2020. Nonpharmaceutical measures for pandemic influenza in nonhealthcare settings-social distancing measures. *Emerging Infectious Diseases*, 26(5): 976–984.
- Ghosh, A., Nundy, S., Ghosh, S., and Mallick, T. K. 2020. Study of COVID-19 pandemic in London (UK) from urban context, *Cities*, 106: 1-9.
- Huck, A. and Monstadt, J. 2019. Urban and infrastructure resilience: Diverging concepts and the need for cross-boundary learning, *Environmental Science and Policy*, 100: 211–220.
- Hutt, R. 2020. The economic effects of COVID-19 around the world, <http://www.weforum.org/agenda/2020/02/coronavirus-economic-effects-global-economy-trade-travel/>.
- Ingalls, M.L., and Stedman, R.C. 2016. The power problematic: exploring the uncertain terrains of political ecology and the resilience framework. *Ecol. Soc*, 21: 1–11.
- Jabareen, Y. 2013. Planning the resilient city: Concepts and strategies for coping with climate change and environmental risk. *Cities*, 31: 220–229.
- Matthew, R.A., and McDonald, B. 2006. Cities under siege: urban planning and the threat of infectious disease. *J. Am. Plan. Assoc*, 72(1): 109–117.
- Mayunga, J.S. 2007. Understanding and Applying the Concept of Community Disaster Resilience: A capital based approach. A draft working paper prepared for the summer academy for social vulnerability and resilience building, 22-28 July 2007, Munich.
- Mishra, S. V., Gayen, A., and Haque, SK, M. 2020. COVID-19 and urban vulnerability in India. *Habitat International*, 103: 1-11.
- O'Brien, K.; Sygna L., and Haugen, J. E. 2004. Vulnerable or Resilient? A Multi-Scale Assessment of Climate Impacts and Vulnerability in Norway. *Climatic change*, 64(1-2): 193-225.
- Seeliger, L., and Turok, I. 2013. Towards sustainable cities: extending resilience with insights from vulnerability and transition theory. *Sustain*, 5: 2108–2128.
- Shamsuddin, S. 2020. Resilience resistance: The challenges and implications of urban resilience implementation. *Cities*, 103: 1-8.
- Sharifi, A., 2020. Urban resilience assessment: mapping knowledge structure and trends. *Sustainability*, 12(15): 5918.
- Sharifi, A., and Khavarian-Garmsir, A. R. 2020. The COVID-19 pandemic: Impacts on cities and major lessons for urban planning, design, and management. *Science of the Total Environment*, 749: 1-14.
- Spaans, M., and Waterhout, B. 2017. Building up resilience in cities worldwide–rotterdam as participant in the 100 Resilient Cities Programme. *Cities*, 61: 109–116.
- United Nations. 2015. Sendai framework on disaster risk reduction 2015–2030. UN Office for disaster risk reduction. New York: United Nations.
- Vale, L. J., Shamsuddin, S., Goh, K. 2014. Tsunami + 10: Housing Banda Aceh after Disaster. *Places*, December 2014. <https://doi.org/10.22269/141215>.
- Wade, L. 2020. An unequal blow. *Science*, 368(6492): 700–703.
- World Bank. 2019. Action plan on climate change adaptation and resilience: Managing risks for a more resilient future. Washington, DC: World Bank.
- Zhang, P., Zhang, L., Chang, Y., Xu, M., Hao, Y., Liang, S., Liu, G., Yang, Z., and Wang, C. 2019. Food-energy-water (FEW) nexus for urban sustainability: a comprehensive review. *Resour. Conserv. Recycl*, 142: 215–224.
- Zhou, P., Yang, X. L., Wang, X. G., Hu, B., Zhang, L., Zhang, W., and Shi, Z. L. 2020. A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin. *Nature*, 579(7798): 270–273.



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

صص ۲۱۹-۲۰۱

doi: <https://dx.doi.org/10.22067/geoe.2021.67022.0>

مقاله پژوهشی

سنجش تاب‌آوری شهری در برابر خطر زمین‌لرزه (مورد مطالعه: کلان‌شهر تبریز)

فروغ نامجو - دانشجوی دکتری گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

 رسول صمد زاده^۱ - دانشیار گروه جغرافیا، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

محمدتقی معصومی - استادیار گروه جغرافیا، واحد اردبیل، دانشگاه آزاد اسلامی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۷/۲۲ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۰/۱۸ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۱۱/۲۱

چکیده

با توسعه مداوم شهرنشینی و افزایش عدم اطمینان و خطرپذیری، تاب‌آوری به معیار مهمی برای ایمنی شهری تبدیل شده است. سامانه‌های شهری به‌عنوان سامانه‌های فضایی پویا و باز، نمودهای پیچیده مشخصی را ارائه می‌نمایند؛ بنابراین، درک تاب‌آوری شهری از منظر نظریه سامانه‌های پیچیده برای دستیابی به درک کامل از ترکیب و سازوکار عملکرد سامانه‌های شهری و سپس بهبود ماهیت علمی شناخت و پژوهش‌های سامانه شهری حائز اهمیت است. مناطق شهری، بیشینه جمعیت کشور را در خود جای داده‌اند و علاوه بر گره‌های مصرف منابع و کانون‌های نوآوری، از لحاظ نظری و عملی به عرصه عمده آزمون تاب‌آوری در برابر مخاطرات طبیعی به‌ویژه زمین‌لرزه تبدیل شده‌اند. پژوهش حاضر با هدف سنجش تاب‌آوری شهر تبریز به‌عنوان بزرگ‌ترین کانون جمعیتی شمال باختری ایران و درعین حال یکی از لرزه‌خیزترین شهرهای کشور در برابر خطر زمین‌لرزه انجام شده است. این پژوهش از لحاظ روش از نوع توصیفی - تحلیلی و از نظر هدف نیز کاربردی است. بر این اساس تاب‌آوری شهری تبریز بر مبنای ۱۴ معیار در قالب ۴ مؤلفه اصلی (تاب‌آوری اجتماعی، اقتصادی، نهادی، کالبدی) به روش دلفی و توسط ۵۰ نفر خبره مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای واکاوی داده‌ها، از آزمون‌های t تک نمونه‌ای، فریدمن، کندال و تحلیل مسیر در قالب نرم‌افزار SPSS استفاده شده است. یافته‌های پژوهش نشان داد که وضعیت تاب‌آوری شهر تبریز در برابر وقوع زمین‌لرزه احتمالی بعد اجتماعی، ۲/۱۹؛ در بعد اقتصادی، ۲/۳۷؛ در بعد نهادی، ۱/۹۴؛ و در بعد کالبدی ۲/۵۷ است. در مجموع میزان تاب‌آوری شهر تبریز در برابر زمین‌لرزه، با

میانگین ۲/۳۳ نامطلوب است. از بین مؤلفه‌های چهارگانه، مؤلفه کالبدی با مجموع اثرات مستقیم و غیرمستقیم ۰/۵۶۰ آلفا را تبیین نموده و مؤثرترین مؤلفه در تاب‌آوری شهر تبریز است. ابعاد چهارگانه تاب‌آوری، روی هم رفته توانستند ۰/۳۴۵ از تاب‌آوری شهر تبریز را تبیین نمایند. کلیدواژه‌ها: تاب‌آوری اجتماعی و اقتصادی، تاب‌آوری نهادی و کالبدی، خطر زمین‌لرزه، تاب‌آوری شهری، تبریز.

۱- مقدمه

زمین‌لرزه از جمله مخاطرات طبیعی است که شرایط زندگی سکنه شهرهای جهان را به شدت تحت تأثیر قرار داده است. فضای شهری همواره جایگاه بروز فرصت‌ها و چالش‌های فراوانی بوده است که مردم بایستی به صورت مداوم طی زندگی روزمره خود با ساختارهای فنی آن در تعامل باشند (کوفی^۱، ۲۰۱۰). این تعاملات بنیادین، سبب مطرح شدن موضوعات مهمی نظیر مدیریت آسیب‌پذیری و تاب‌آوری در فضاهای شهری می‌شود. امروزه تحلیل و افزایش تاب‌آوری نسبت به زمین‌لرزه به حوزه‌ای مهم و گسترده تبدیل شده است به‌طوری‌که در حال حاضر از حرکت همزمان و متقابل توسعه پایدار و مدیریت سوانح به سمت افزایش تاب‌آوری بحث می‌شود. از آنجایی‌که شهرها، سیستم‌های پیچیده و به هم وابسته‌ای هستند و نسبت به تهدیدات طبیعی (مانند زمین‌لرزه) و انسان‌ساخت بسیار آسیب‌پذیرند، بسیاری از سازمان‌های دولتی و غیردولتی، تقویت تاب‌آوری گروه‌ها و جوامع را در اولویت تحقیق، تهیه و توسعه برنامه‌ها، سیاست‌گذاری‌ها و همچنین از طریق اقدامات آموزشی به مدیریت سوانح پرداخته‌اند (ماتياس و پلینگ^۲، ۲۰۱۴). در واقع هدف از این رویکرد کاهش آسیب‌پذیری شهرها و تقویت توانایی‌های شهروندان برای مقابله با خطرات ناشی از تهدیدات نظیر وقوع زمین‌لرزه است. متفکرانی چون «هالینگ» تاب‌آوری را چنین تعریف می‌کنند: «تاب‌آوری عبارت است از معیاری از توانایی سیستم برای جذب تغییرات، درحالی‌که هنوز مقاومت قبلی را دارد». همچنین آکادمی ملی آمریکا (۲۰۱۲) بر مباحث تاب‌آوری از دیدگاه «برنامه‌ریزی شهری و مدیریت بحران»، «جوامع تاب‌آور و پایدار»، «معیشت تاب‌آور» و «ایجاد جوامع تاب‌آور» تأکید کرده و لزوم توجه دولت‌ها به این مقوله را ضروری دانسته است (شیم هئون و کیم^۳، ۲۰۱۵).

برای سنجش تاب‌آوری شهر در برابر زمین‌لرزه در سطح جهان، شاخص‌های متنوعی تعریف و مورد استفاده قرار می‌گیرد. تحقیقات کمی در مورد تعیین این شاخص‌ها به‌طور منظم در حال انجام است. از نظر روش‌شناسی این موضوع شامل شناسایی عواملی می‌شود که سطوح بالاتر تاب‌آوری را با مقایسه جوامعی که به نحو متفاوت به

1 Coaffee

2 Matyas & Pelling

3 Shim Heon & Kim

بحران‌های یکسان پاسخ داده‌اند، پیش‌بینی می‌شود (میتچل و هریس^۱، ۲۰۱۲). معیارهایی که تا به امروز بیانگر این شاخص‌هاست عبارتند از: اعتماد یا اعتبار، رهبری، کارایی جمعی، سرمایه جمعی، انسجام و حس اجتماعی، مشارکت اجتماعی، معیارها، نگرش‌ها، ارزش‌های موجود و ارتباطات و اطلاعات. این شاخص‌ها از رویکردهای مختلفی نشأت می‌گیرند که این رویکردها را می‌توان به سه دسته اصلی شامل توانایی ایستادگی، مقاومت و واکنش مثبت به فشار یا تغییر تقسیم کرد (دلور، ۱۳۹۶)؛ بنابراین با توجه به مؤلفه‌های اصلی تاب‌آوری شامل فیزیکی، اجتماعی، سیاسی، اقتصادی، سازمانی و اکولوژیکی می‌توان به انتخاب شاخص‌های ارزیابی میزان تاب‌آوری شهری در برابر زمین‌لرزه دست یافت. این شاخص‌ها نشانگر تحمل و تاب آور بودن یک شهر در برابر زمین‌لرزه خواهد بود. هر چه موقعیت شهر نزدیک به محل وقوع حوادث طبیعی بوده و جمعیت تحت سکونت آن بیشتر باشد، ارزیابی و تعیین میزان تاب‌آوری آن از پیچیدگی بیشتری برخوردار خواهد بود (پورشریفی و محمود قلعه‌نویی، ۱۳۹۳). زرکانی، شیخ‌الاسلامی و پریزادی (۱۳۹۸)، پژوهشی با عنوان تحلیل وضعیت تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی (مورد مطالعه: شهر باقرشهر) انجام دادند. یافته‌های تحقیق حاکی از آن است که از بین ابعاد چهارگانه تاب‌آوری (کالبدی، اقتصادی، اجتماعی و نهادی) بعد کالبدی-محیطی دارای بیشترین اهمیت (۰٫۴) در میزان تاب‌آوری شهر باقرشهر داشته است. وضعیت نامطلوب بافت محلات و دسترسی نامناسب به امکانات و خدمات امدادرسان از جمله ویژگی‌های این شهر است که تاب‌آوری آن را تحت تأثیر قرار داده است. در بررسی زیرشاخص‌ها در سطح محلات، مشخص شد که سه محله جنوب شهر با توجه به شرایط کالبدی، اجتماعی (۰٫۲۵)-اقتصادی (۰٫۱۵) و نهادی (۰٫۲) دارای تاب‌آوری کمتری نسبت به محلات شمال شهر هستند. نتایج کلی تحقیق بیانگر آن است که شهر باقرشهر در برابر مخاطرات طبیعی از تاب‌آوری پایینی برخوردار است و نیازمند توجه جدی به ابعاد مختلف آن به‌خصوص بعد کالبدی-محیطی شهر است.

شکری فیروزجاء (۱۳۹۷)، پژوهشی با عنوان سنجش میزان تاب‌آوری شهرها در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: شهر بابل) انجام داد. یافته‌های تحقیق نشان داد که مدیران محلی میزان تاب‌آوری شهر بابل را در اصول دهگانه مورد مطالعه با میانگین ۲/۵۲ (پایین‌تر از ۳) کاملاً نامطلوب ارزیابی نمودند. در این راستا اصل پنجم با میانگین وزنی ۳ بالاترین رتبه را در تاب‌آوری شهر بابل دارد. اسدی، زیاری و وطن‌خواهی (۱۳۹۷)، پژوهشی با عنوان سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری بافت‌های فرسوده شهری در برابر مخاطرات محیطی (نمونه موردی: بافت فرسوده کلان‌شهر کرج) انجام دادند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که ابعاد تاب‌آوری در بافت فرسوده شهر کرج از نظر بعد کالبدی-محیطی، بعد اجتماعی، بعد سازمانی-نهادی و بعد اقتصادی به ترتیب دارای میانگینی معادل ۳٫۴۹، ۳٫۲۳، ۳٫۰۱ و ۳٫۴۲ و کمتر از میانگین مفروض (۴) می‌باشند؛ از این رو بافت فرسوده شهر کرج از نظر ابعاد تاب‌آوری

آسیب‌پذیر است. همچنین نتایج آزمون تحلیل مسیر نیز نشان داد بعد کالبدی به‌صورت مستقیم 0.523 درصد در تاب‌آوری بافت فرسوده شهر کرج تأثیرگذار است. نظم فر و پاشازاده (۱۳۹۷)، پژوهشی با عنوان ارزیابی تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه‌موردی: شهر اردبیل) انجام دادند. نتایج پژوهش حاکی از آن است که از ترکیب ۳۰ متغیر، هفت عامل شناسایی شده که $74/73$ درصد از واریانس عوامل مؤثر در تاب‌آوری شهر اردبیل را تبیین می‌کنند. از میان این هفت عامل استخراج شده، عامل رعایت اصول و قوانین به‌عنوان مهم‌ترین و اولین عامل بوده که با مقدار ویژه $8/87$ توانسته است به‌تنهایی $29/59$ درصد واریانس تحقیق را تبیین کند. درنهایت تحقیق به این نتیجه رسیده است که بعد کالبدی در تاب‌آوری شهر اردبیل از اهمیت بسزایی برخوردار است. چراکه عامل رعایت اصول و قوانین با 39 درصد و عامل دسترسی به فضای باز و عمومی با $5/8$ درصد از بعد کالبدی می‌باشند. این دو عامل روی هم رفته $44/8$ درصد از کل عوامل مؤثر در تاب‌آوری شهر اردبیل را تفسیر می‌کنند. پاشاپور و پوراکرمی (۱۳۹۶)، پژوهشی با عنوان سنجش ابعاد کالبدی تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی (زلزله) (مطالعه موردی منطقه ۱۲ شهر تهران) انجام دادند. نتایج نشان داد که معیار ویژگی‌های کالبدی بافت با ضریب اهمیت نسبی 0.424 و در بین زیر معیارها نیز، عرض معابر با وزن 0.238 ، مقاومت ساختمان با وزن 0.120 و دسترسی به پارک با وزن 0.102 ، بیشترین اهمیت را در تاب‌آوری کالبدی منطقه ۱۲ شهر تهران دارند. همچنین نقشه نهایی تاب‌آوری کالبدی منطقه نشان داد که فقط 0.31 درصد از بافت منطقه دارای تاب‌آوری زیاد است و 0.74 درصد از منطقه دارای تاب‌آوری متوسط و 0.24 درصد از منطقه دارای تاب‌آوری کم است. همچنین نتایج نشان داد که سکونت‌گاه‌های منطقه ۱۲ شهر تهران با توجه به قدمت بناها و کیفیت آن‌ها، دسترسی‌های کم‌عرض، قطعه‌بندی ریزدانه و افزایش سطح اشغال و کمبود فضای باز که همگی زمینه‌ها و عوامل تهدیدکننده جان انسان‌های ساکن این منطقه است، در تقابل با تاب‌آوری شهری قرار دارند. غفاری، پاشازاده و آقایی (۱۳۹۶)، پژوهشی با عنوان سنجش و اولویت‌بندی تاب‌آوری شهری در مقابل زلزله (نمونه موردی شهر اردبیل و مناطق چهارگانه آن) انجام دادند. با توجه به یافته‌های پژوهش، میزان تاب‌آوری شهر اردبیل در برابر احتمال وقوع زلزله در آزمون t تک نمونه‌ای برابر با $3/33$ به دست آمده است که پایین‌تر از حد متوسط است. همچنین نتایج تحقیق در روش AHP نشان داد که از معیارهای چهارده‌گانه مورد استفاده، معیار دوری از محیط‌های خطرآفرین با 0.142 ، با ارزش‌ترین معیار برای تاب‌آوری شهر اردبیل در بحث مخاطره زلزله، شناخته شده است. ساسان‌پور، آهنگری و حاجی‌نژاد (۱۳۹۶)، پژوهشی با عنوان ارزیابی تاب‌آوری منطقه ۱۲ کلان‌شهر تهران در برابر مخاطرات طبیعی انجام دادند. نتایج نشان داد مؤلفه پایداری زیست‌محیطی ($20/33$) مربوط به بعد اکولوژی تاب‌آوری شهری در رتبه اول اهمیت قرار گرفته و مؤلفه قابلیت تطبیق سیستم ($10/11$) مرتبط به بعد نهادی (سازمانی) به‌عنوان کم‌اهمیت‌ترین مؤلفه تعیین شده است. همچنین

وضعیت بعد اقتصادی تاب آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی از مطلوبیت کمی (ضعیف)، وضعیت ابعاد اجتماعی، اکولوژی و نهادی (سازمانی) با مطلوبیت خیلی ضعیف همراه است.

مارانا^۱ (۲۰۱۹) در مقاله‌ای با عنوان تعریف نقشه راه به سمت تاب آوری شهری به این نتیجه دست یافته‌اند که تاب آوری نهادی یکی از مهم‌ترین ابعاد بهبود تاب آوری شهرها است چراکه در فرایند بهبود تاب آوری، بعد نهادی وظیفه هماهنگی بین سازمان‌های دخیل در این امر را دارد. دوغلو^۲ (۲۰۱۶) در پژوهشی با عنوان چگونه بازماندگان زمین لرزه سال ۲۰۱۱ در وان ترکیه تاب آوری اجتماعی را ادراک کرده‌اند؟ با روش تحقیق کیفی، نشان دادند که تاب آوری به عنوان ارائه توزیع منصفانه خدمات به موقع و حکمروایی خوب، منابع مالی، همچنین به آگاهی، آمادگی و همبستگی اجتماعی قبل از زمین لرزه کمک فراوانی می‌کند. استون^۳ (۲۰۱۶) در تحقیقی به بررسی ظرفیت سنجی تاب آوری اقدام نموده است. نتایج تحقیق ایشان نشان داده است که تصمیم‌گیران محلی در برخی از شاخص‌های تاب آوری نقش مؤثری دارند و اینکه محدودیت اصلی در استفاده از این تصمیم‌گیران و مشارکت‌کنندگان، به دست آوردن یک سطح ایده آل از تعامل مشارکتی است.

تبریز به عنوان بزرگ‌ترین شهر شمال باختری و باختری ایران و در عین حال یکی از کلان‌شهرهای بزرگ کشور در طول تکوین تاریخ طبیعی خود همواره با انواع مخاطرات طبیعی به ویژه زمین لرزه روبرو بوده و در برهه‌هایی از تاریخ حتی تا مرحله حذف کامل از فضای جغرافیایی سرزمین ایران پیش رفته است. لذا با توجه به بررسی‌های لرزه زمین ساختی، گستره تبریز و پیرامون آن در پهنه‌ای با خطر لرزه‌ای بالا قرار دارد. گسل‌های لرزه زایی چون گسل تسوج، شبستر، جنوب میشو، شمال می‌شود و... در فاصله کمی نسبت به شهر تبریز قرار دارند و در مواردی نیز گسترش بخش‌های گران قیمت شهر تبریز بر روی این گسل‌ها (گسل شمال تبریز) قرار گرفته است. با توجه به فاصله کم این گسل‌ها نسبت به شهر تبریز و گزارش چندین زمین لرزه تاریخی مخرب در طول تعدادی از این گسل‌ها، رخداد زمین لرزه مخرب در طول هر یک از آن‌ها سبب اعمال نیروهای قابل توجه و ایجاد لرزش‌هایی با PGA افقی متوسط تا بالایی در ساختگاه تبریز می‌شود. گسل شمال تبریز که در مجاورت بلافاصله شهر تبریز قرار دارد، بیشترین تهدید لرزه‌ای را برای شهر تبریز دارد، به طوری که این گسل در دوره‌های ۵۰ و ۱۰۰ ساله با احتمال تجاوز ۶۴٪، پتانسیل ایجاد زمین لرزه‌ای با PGA افقی میانگین به ترتیب ۰/۱۸g و ۰/۲۳g در شهر تبریز را دارا می‌باشد.

با این وجود متأسفانه آمادگی این شهر برای مقابله با این مخاطرات بسیار پایین است به گونه‌ای که به گفته رئیس کمیسیون معماری و شهرسازی شورای شهر تبریز در سال ۱۳۹۸، حدود ۸۰۰ هزار شهروند در بافت‌های ناکارآمد شهر تبریز در معرض مخاطرات بلایای طبیعی بخصوص زمین لرزه قرار دارند. از این رو پژوهش حاضر به دنبال

1 Marana

2 Douglo

3 Estoon

سنجش تاب‌آوری شهری در برابر خطر زمین‌لرزه (مورد مطالعه: کلان‌شهر تبریز) می‌باشد. تا به سؤالات زیر پاسخ دهد: (۱) وضعیت ابعاد و معیارهای تاب‌آوری شهر تبریز در برابر زمین‌لرزه به چه میزان است؟ (۲) تأثیر ابعاد چهارگانه (اجتماعی، اقتصادی، نهادی و کالبدی) در تبیین تاب‌آوری شهر تبریز در برابر زمین‌لرزه تا چه میزان است؟ (۳) کدام بعد از ابعاد چهارگانه تاب‌آوری شهر تبریز در برابر زمین‌لرزه مؤثرتر است؟

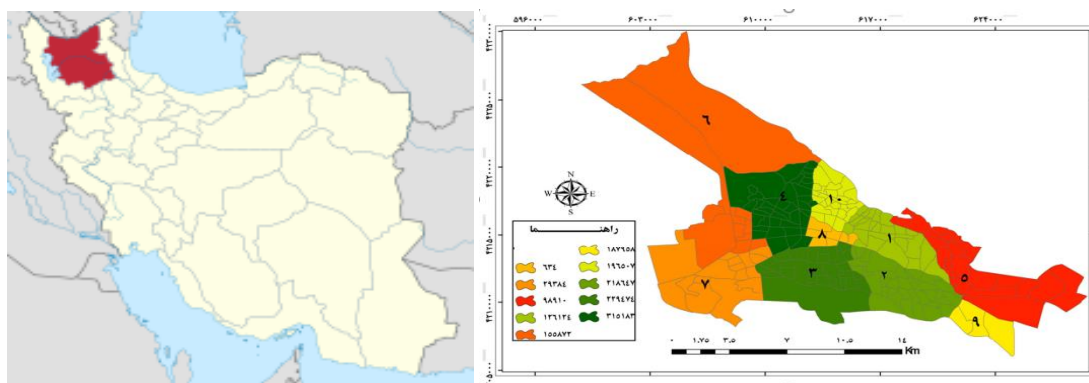
۲- مواد و روش

۲-۱- روش کار

این پژوهش از نوع ماهیت و روش، توصیفی-تحلیلی بوده و از نظر هدف در زمره پژوهش‌های کاربردی قرار دارد. داده‌های موردنیاز این پژوهش به دو روش کتابخانه‌ای (اسنادی) و پیمایشی (میدانی) جمع‌آوری شده‌اند، در روش پیمایشی، جمع‌آوری داده‌های اولیه با توجه به سؤالات پژوهش از طریق طراحی پرسشنامه انجام شده است. بر این اساس معیارهای چهارده‌گانه تاب‌آوری شهری از دیدگاه خبرگان مورد ارزیابی قرار گرفته است. حجم نمونه پژوهش کارشناسان مرتبط با مسئله مدیریت بحران، در شهرداری و سازمان مدیریت بحران تبریز و اساتید دانشگاه تبریز است که با توجه به نامشخص بودن تعداد آن‌ها سعی شد تا از تمامی کارشناسان مربوطه پرسشنامه تکمیل شود که در نهایت به روش نمونه‌گیری هدفمند تعداد ۵۰ پرسشنامه جمع‌آوری شد (دلیل استفاده از خبرگان در این تحقیق، تخصصی بودن موضوع تاب‌آوری شهری و آشنایی خوب کارشناسان نسبت به شهروندان در این خصوص است). پایایی ابزار پژوهش هم از طریق آزمون آلفای کرونباخ سنجیده شده که ضریب $0.92/01$ صد نشان سطح بالای پایایی پرسشنامه می‌باشد. لازم به ذکر است که در طراحی پرسشنامه، برای سنجش سؤالات از طیف لیکرت ۵ گزینه‌ای استفاده شد و برای تجزیه و تحلیل اطلاعات از تحلیل مسیر، و آزمون‌های t تک نمونه‌ای، فریدمن و کندال در قالب نرم‌افزار spss استفاده شده است. اهدافی که پژوهش حاضر دنبال می‌کند عبارتند از: (۱) تعیین وضعیت ابعاد و معیارهای تاب‌آوری شهر تبریز در برابر زمین‌لرزه (۲) تعیین تأثیر ابعاد چهارگانه (اجتماعی، اقتصادی، نهادی و کالبدی) در تبیین تاب‌آوری شهر تبریز در برابر زمین‌لرزه (۳) تعیین تأثیر ابعاد چهارگانه تاب‌آوری شهر تبریز در برابر زمین‌لرزه

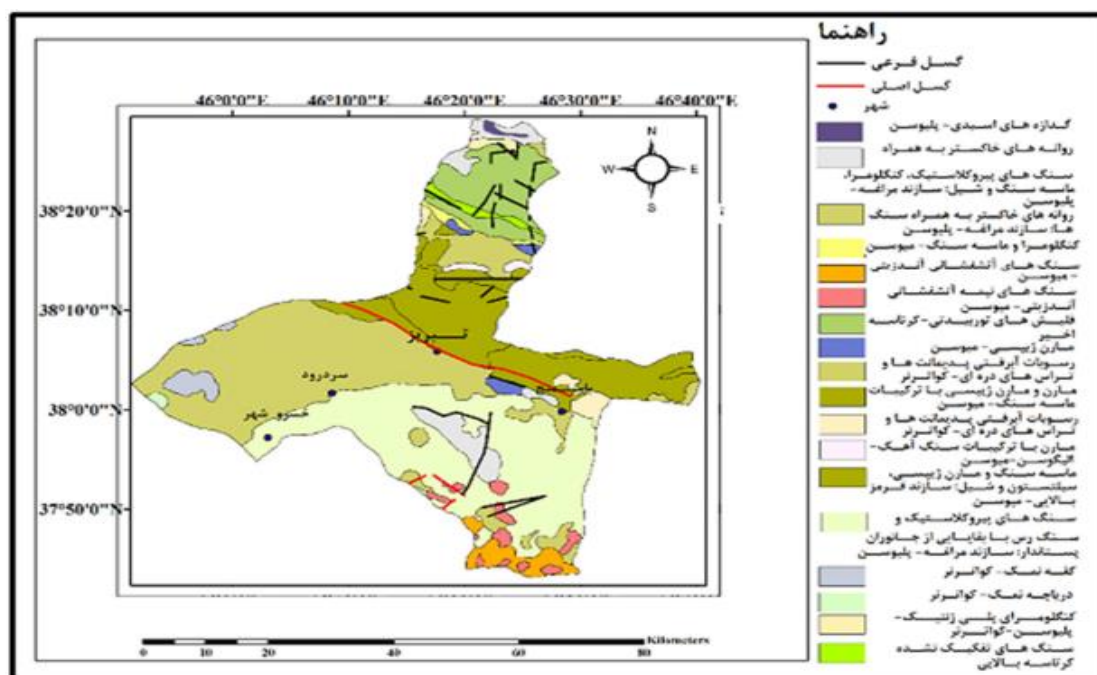
۲-۲- منطقه مورد مطالعه

تبریز، مرکز آذربایجان شرقی و بزرگ‌ترین کلان‌شهر باختر و شمال باختری ایران، در طول تکوین تاریخ طبیعی خود همواره یکی از کانون‌های لرزه‌خیز ایران زمین بوده است. این شهر با وسعتی حدود ۲۵ هزار هکتار در ارتفاع ۱۳۴۰ متری از آب‌های آزاد واقع شده است.



شکل ۱- جایگاه جغرافیایی آذربایجان شرقی در شمال باختری ایران و شهر تبریز در قسمت میانی آن و محدوده مناطق شهر تبریز بر اساس جمعیت

با نگاهی به زمین‌لرزه‌های بزرگ پیش از سده بیستم تبریز و وجود گسل‌های مهمی از قبیل گسل شمال تبریز، گسل شمال میشو، گسل جنوب میشو، گسل تسوج و... در پیرامون این شهر و عدم رخداد زمین‌لرزه‌ای بزرگ در دو قرن اخیر در این گستره، احتمال رویداد زمین‌لرزه‌ای مخرب در این منطقه در آینده امری محتمل به نظر می‌رسد. در این میان سامانه گسلی شمال تبریز، یک منبع لرزه‌ای اصلی محسوب می‌شود که دست‌کم از سال ۸۵۸. سه زمین‌لرزه شدید و ویرانگر در امتداد آن روی داده است. دو رویداد لرزه‌ای ویرانگر در سال‌های ۱۷۲۱ (با بزرگی ۷٫۶ تا ۷٫۷ ریشتر در محدوده بستان‌آباد) و ۱۷۸۰ (با بزرگی بیش از ۷٫۵ ریشتر در محدوده تبریز، حواله روستای خواجه مرجان) به ترتیب در قطعات گسلی جنوب خاوری و شمال باختری صورت گرفته‌اند. از دیگر زمین‌لرزه‌های تاریخی پیرامون این سامانه گسلی می‌توان زمین‌لرزه‌های ویرانگر سراب (در سال ۱۵۹۳)، صوفیان و مرند (در سال ۱۷۸۶) و تسوج (در سال ۱۸۰۷) را نام برد. شواهد موجود، گسل‌خوردگی‌های متوالی این سامانه از زمان کواترنر پسین تا امروز را نشان می‌دهند. اگرچه در گذشته مطالعات چندی بر روی لرزه‌خیزی شهر تبریز انجام شده است اما با توجه به جمعیت شهر تبریز که بالغ بر ۱۶۰۰۰۰۰ نفر بوده و جایگاه صنعتی این شهر در کشور ایران که سبب روند رشد و توسعه سریع آن شده است، بررسی خطر زمین‌لرزه گسلش این منطقه به منظور حصول نتایج دقیق‌تر امری ضروری به نظر می‌رسد.



شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی تبریز و گستره‌های پیرامونی آن. گس شمال تبریز، راستای شمال باختری به جنوب خاوری از کندرود تا نزدیکی صوفیان از فعال‌ترین و لرزه‌خیزترین سامانه‌های گسلی ایران (صمدزاده، ۱۳۹۸، ۷۷).

۳-نتایج و بحث

به منظور بررسی میزان تاب‌آوری شهر تبریز در برابر وقوع زمین‌لرزه‌های احتمالی از آزمون t تک نمونه‌ای استفاده شده است. در این آزمون با توجه به این که برای سنجش میزان تاب‌آوری، از طیف ۵ گزینه‌ای لیکرت استفاده شده که امتیاز ۱ نشان دهنده کمترین میزان تاب‌آوری و امتیاز ۵ نشان دهنده بیشترین میزان تاب‌آوری است. به این ترتیب عدد ۳ به عنوان میانگین نظری پاسخ‌ها در نظر گرفته شده و میانگین تاب‌آوری به دست آمده (میانگین تجربی) با عدد ۳ مقایسه می‌شود. جهت بررسی نرمال بودن توزیع داده‌ها از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف استفاده شده است:

جدول ۱- آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها در متغیر تاب‌آوری

آماره	درجه آزادی	سطح معنی داری
۰/۸۵۳	۴۹	۰/۰۵۹

نتایج آزمون کلموگروف-اسمیرنوف نشان می‌دهد که زمینه برای آزمون‌های پارامتریک t و F فراهم است چراکه آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها برای متغیرهای تاب‌آوری معنی‌دار نیست. در این راستا جهت بررسی تاب‌آوری،

چهار بعد کالبدی، اجتماعی، اقتصادی و نهادی روی هم رفته با چهارده معیار از دیدگاه خبرگان هدف مورد سنجش قرار گرفته است که در ذیل ارزیابی ابعاد و معیارهای مربوطه به آن‌ها ارائه شده است.

جدول ۲- آزمون t تک نمونه‌ای جهت سنجش معیارهای تاب‌آوری (اجتماعی، اقتصادی، نهادی و کالبدی)

ردیف	ردیف	معیارها	گویه‌ها	میانگین	انحراف معیار	اختلاف میانگین	t	معنی‌داری
۱. کالبدی	۱	آگاهی	میزان آگاهی از خطر وقوع زلزله؛ میزان آگاهی از خسارت احتمالی وارده؛ آگاهی شهروندان از مقاومت ساختمان‌شان؛ اطلاع از وجود امکانات امداد در زمان وقوع زلزله	۱/۹۷	۰/۸۳	-۱/۰۳	-۸/۴۸	۰/۰۰۰
	۲	دانش	اطلاع از دلیل وقوع زلزله؛ اطلاع از نحوه رفتار درست در زمان زلزله	۲/۱۱	۱/۱۵	-۰/۸۹	-۴/۷۵	۰/۰۰۰
	۳	مهارت	میزان مهارت و آگاهی متولیان در ارائه کمک‌های اولیه به مصدومین؛ میزان مهارت متولیان امداد در اسکان موقت مردم؛ میزان آرامش روحی و روانی شهروندان در هنگام و بعد از زلزله	۱/۷۷	۱/۴۷	-۱/۲۳	-۵/۸۲	۰/۰۰۰
	۴	نگرش	میزان نگرش و باور خانوارها مبنی بر وجود خطر زلزله؛ میزان توجه شهروندان به مقاومت خانه در برابر زلزله هنگام خرید	۲/۵۵	۰/۶۸	-۰/۴۴	-۳/۸۰	۰/۰۰۳
	۵	سرمایه اجتماعی	میزان تعامل و ارتباط شهروندان با همسایگان‌شان؛ میزان اعتماد شهروندان به اخبار منتشر شده؛ میزان اعتماد شهروندان به مسئولین شهر و نهادهای شهرداری، مدیریت بحران و هلال احمر در حل مسائل و مدیریت بحران؛ همفکری مردم در خصوص حل مسائل مربوط به بحران زلزله؛ میزان تمایل به همکاری داوطلبانه در فعالیتهایی برای کاهش آسیب‌پذیری و کمک در حادثه احتمالی زلزله	۲/۵۵	۰/۸۵	-۰/۴۴	-۳/۱۴	۰/۰۰۳
۲. اجتماعی	۶	شدت خسارت	میزان امنیت چیدمان وسایل درون منازل؛ میزان آسیب‌پذیری شغل و از دست دادن آن در صورت بروز زلزله؛ میزان ایمنی اموال	۲/۲۰	۰/۸۳	-۰/۷۹	-۶/۰۲	۰/۰۰۰
	۷	توانایی جبران خسارت	میزان احتمالی حمایت‌های نهادهای دولتی و محلی برای جبران خسارت مالی در شرایط اضطراری	۲/۴۶	۱/۲۷	-۰/۵۴	-۲/۷۱	۰/۰۰۱
	۸	توانایی برگشت به شرایط شغلی	وضعیت توانایی برگشت به شرایط شغلی و درآمدی مناسب شهروندان بعد از زلزله؛ پیش‌بینی در خصوص زمان به دست آوردن شغل جدید در صورت از دست دادن شغل اول ناشی از زلزله؛ میزان مهارت‌های شغلی و تخصصی شهروندان	۲/۴۵	۰/۸۹	-۰/۵۵	-۳/۸۰	۰/۰۰۰
	۹	بستر نهادها	میزان آگاهی شهروندان از وجود سازمان‌هایی مرتبط با	۲/۱۲	۰/۸۴	-۰/۸۷	-۶/۵۱	۰/۰۰۰

ردیف	ردیف	معیارها	گویه ها	میانگین	انحراف معیار	اختلاف میانگین	t	معنی داری
			مدیریت بحران یا سوانح طبیعی؛ میزان وجود گروه‌های داوطلب و امدادگر؛ میزان پایبندی به دستورالعمل‌های قانونی در جهت پیشگیری از حوادث؛ میزان مشارکت شهروندان در تصمیم‌گیری‌ها و برنامه‌ریزی‌ها					
۱۰		روابط نهادها	میزان ارتباط شهروندان با نهادهایی مثل شهرداری، جمعیت هلال احمر و مدیریت بحران؛ میزان همکاری شهرداری در تسهیل قوانین، دادن اعتبارات، وام و... برای ساخت‌وساز مسکن مقاوم با مردم؛ میزان آمادگی نهادهای خدماتی مثل آتش‌نشانی، بیمارستان، برق، آب، گاز در صورت وقوع زلزله؛ میزان برگزاری کلاس‌ها یا دوره‌های آموزشی لازم برای واکنش در برابر زلزله از طرف نهادها	۱/۷۵	۱/۰۴	-۱/۲۵	-۸/۳۵	۰/۰۰۰
۱۱		عملکرد نهادها	میزان رضایت از عملکرد نهادهای مرتبط در ارتباط با مدیریت بحران	۱/۹۶	۱/۲۵	-۱/۰۴	-۵/۴۰	۰/۰۰۰
۱۲	کالبدی	دسترسی‌ها	دسترسی به مراکز درمانی بیمارستان، اورژانس، داروخانه؛ دسترسی به مراکز آموزشی (مدارس، مهدکودک، دانشگاه)؛ دسترسی به نهادهای امدادرسان (مرکز مدیریت بحران، هلال احمر و...)؛ دسترسی به مراکز نظامی - امنیتی؛ دسترسی به آتش‌نشانی؛ دسترسی به حمل‌ونقل عمومی؛ دسترسی به پارک و فضای سبز و مسیرهای تخلیه (مثل مسیرهای منتهی به فضاهای باز و بدون ساخت)؛ دسترسی به شبکه معابر اصلی	۲/۸۱	۱/۰۶	-۰/۱۸	-۱/۲۱	۰/۰۰۰
۱۳		حریم‌ها	دوری از محدوده‌های خطرزای طبیعی (گسل، زمین نامناسب)؛ دوری از محدوده‌های خطرزای انسانی (جایگاه سوخت، پست برق فشارقوی)	۲	۱/۳۵	-۱	-۴/۶۹	۰/۰۰۰
۱۴		ویژگی‌های ساختمانی	کیفیت مصالح ساختمانی و ابنیه؛ میزان تراکم ساختمانی و انسانی	۲/۴۴	۱/۰۷	-۰/۵۶	-۳/۶۰	۰/۰۰۰

یافته‌های پژوهش در جدول (۳) نشان می‌دهد که در بعد کالبدی بالاترین میزان میانگین ۲/۸۱ مربوط به معیار دسترسی به مراکز حیاتی و کمترین میزان میانگین ۲ مربوط به معیار حریم‌ها (دوری از گسل، جایگاه سوخت و...) است. در بعد اجتماعی نیز بالاترین میزان میانگین ۲/۵۵ مربوط به معیارهای نگرش و سرمایه اجتماعی و کمترین آن ۱/۹۷ مربوط به معیار آگاهی است. همچنین در بعد اقتصادی بالاترین میزان میانگین ۲/۴۶ مربوط به معیار توانایی جبران و کمترین میزان میانگین ۲/۲۰ مربوط به معیار شدت خسارات است. یافته‌های پژوهش در بعد نهادی هم

نشان می دهد که بالاترین میزان میانگین ۲/۱۲ مربوط به معیار بستر نهاده‌ها و کمترین میزان میانگین ۱/۷۵ مربوط به معیار روابط نهاده‌ها است.

جدول ۳- آزمون t تک نمونه‌ای جهت سنجش ابعاد تاب‌آوری

ابعاد	میانگین	انحراف معیار	اختلاف میانگین	t	معنی داری
اجتماعی	۲/۱۹	۰/۷۲	-۰/۸۰	-۷/۴۲	۰/۰۰۰
اقتصادی	۲/۳۷	۰/۶۹	-۰/۶۲	-۶/۰۶	۰/۰۰۰
نهادی	۱/۹۴	۰/۸۸	-۱/۰۵	-۸/۲۲	۰/۰۰۰
کالبدی	۲/۵۷	۰/۸۶	-۰/۴۲	-۳/۳۸	۰/۰۰۰

یافته‌های پژوهش در خصوص ابعاد تاب‌آوری نشان می دهد که بالاترین میزان میانگین ۲/۵۷ مربوط به بعد کالبدی و کمترین میزان میانگین ۱/۹۴ مربوط به بعد نهادی است. می توان گفت که شهر تبریز از لحاظ ابعاد و معیارهای تاب‌آوری، شهری آسیب‌پذیر است. در جدول زیر میانگین تاب‌آوری در مناطق ده‌گانه تبریز ارائه شده است:

جدول ۴- میانگین تاب‌آوری در مناطق ده‌گانه تبریز

مناطق ده‌گانه	اجتماعی	اقتصادی	نهادی	کالبدی
یک	۳/۴۵	۳/۸۸	۲/۶۰	۳/۰۵
دو	۲/۲۲	۲/۹۵	۲/۲۸	۳/۰۳
سه	۳/۳۳	۱/۱۵	۱/۲۵	۱/۹۵
چهار	۱/۶۰	۱/۲۳	۱/۰۱	۱/۹۲
پنج	۲/۰۸	۳/۰۵	۲/۳۰	۲/۹۳
شش	۲/۰۳	۲/۱۸	۱/۱۲	۲/۶۶
هفت	۱/۲۶	۱/۲۲	۱/۰۲	۱/۶۳
هشت	۲/۰۹	۳/۵۰	۲/۵۱	۲/۷۱
نه	۱/۵۰	۱/۰۲	۲/۹۸	۴/۲۳
ده	۲/۲۷	۳/۵۴	۲/۳۵	۱/۵۱

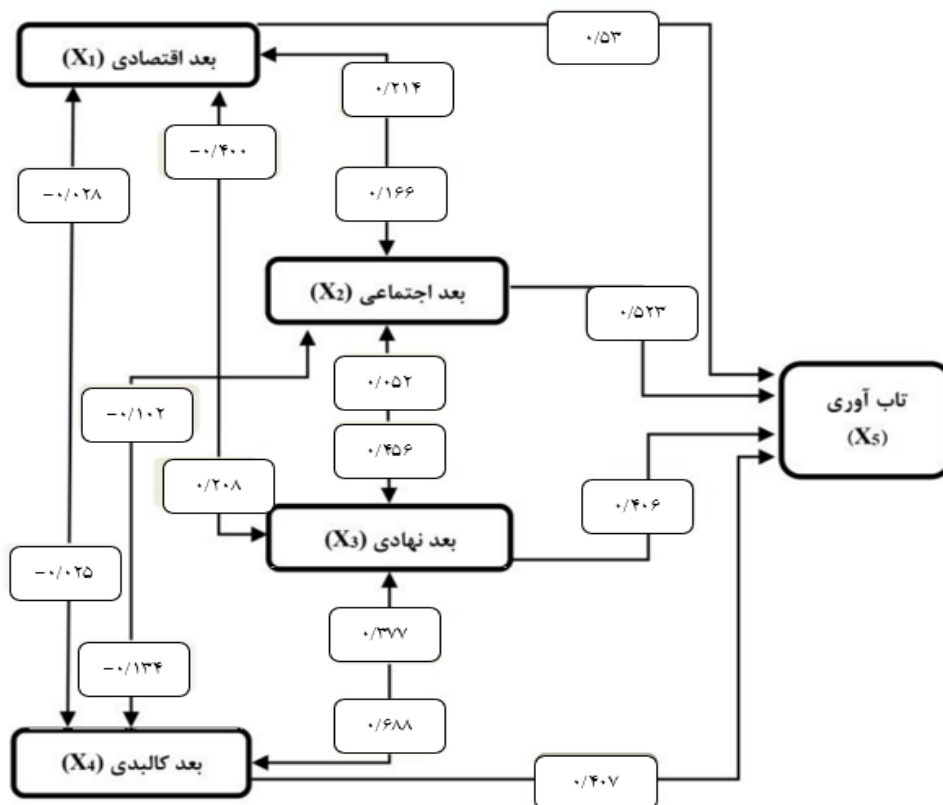
برای بررسی اثرات ابعاد چهارگانه اقتصادی، اجتماعی، نهادی و کالبدی تاب‌آوری بر شهر تبریز در برابر زمین‌لرزه از مدل تحلیل مسیر استفاده شده است. تحلیل مسیر بر پایه مجموعه‌ای از تحلیل رگرسیون چندگانه و براساس فرض ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته استوار است. در این راستا برای بررسی اثرات ابعاد تاب‌آوری بر تاب‌آوری شهر تبریز در برابر زمین‌لرزه، با استفاده از مدل تحلیل مسیر، ابتدا به منظور بررسی معنادار بودن رگرسیون، از تحلیل

واریانس رگرسیون به منظور قطعی وجود رابطه خطی بین متغیر وابسته و متغیرهای مستقل استفاده شد و نتایج آن نشان داد که رابطه خطی بین متغیرهای مستقل از یک سو و متغیر وابسته از سوی دیگر وجود دارد چراکه در این خصوص معناداری آزمون واریانس برابر با ۰/۰۰۱ می باشد.

جدول ۴- تحلیل واریانس برای مدل تحلیل مسیر مربوط به ابعاد تاب آوری

مدل	جمع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	F	معنی داری
رگرسیون	۲۰/۳۲	۴	۵/۲۳	۱۲/۳۰	۰/۰۰۱
باقیمانده	۱۷/۵۸	۴۵	۰/۴۰۰		
کل	۳۷/۹۰	۴۹	-		

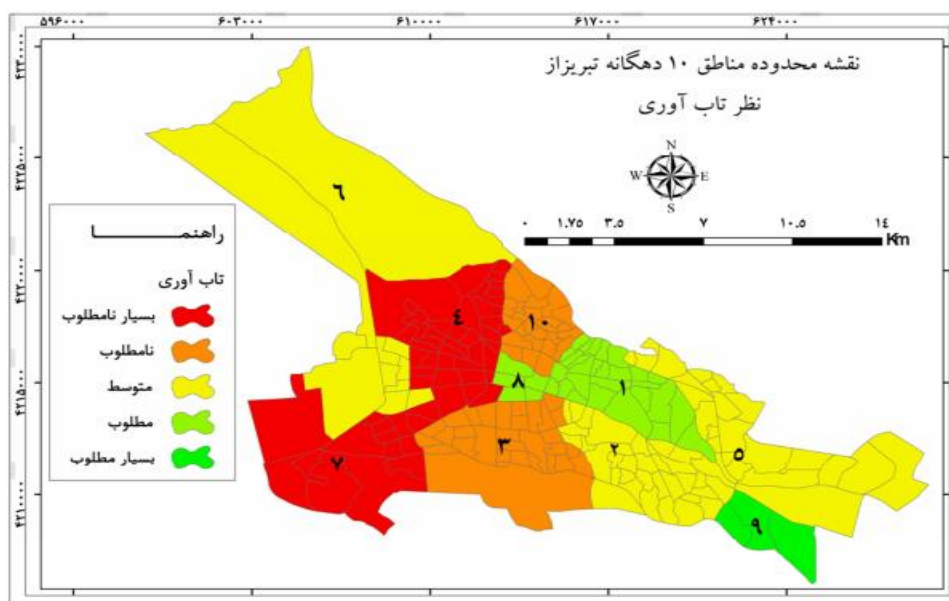
در شکل زیر روابط بین ابعاد تاب آوری با میزان آلفای به دست آمده از رگرسیون نشان داده شده است:



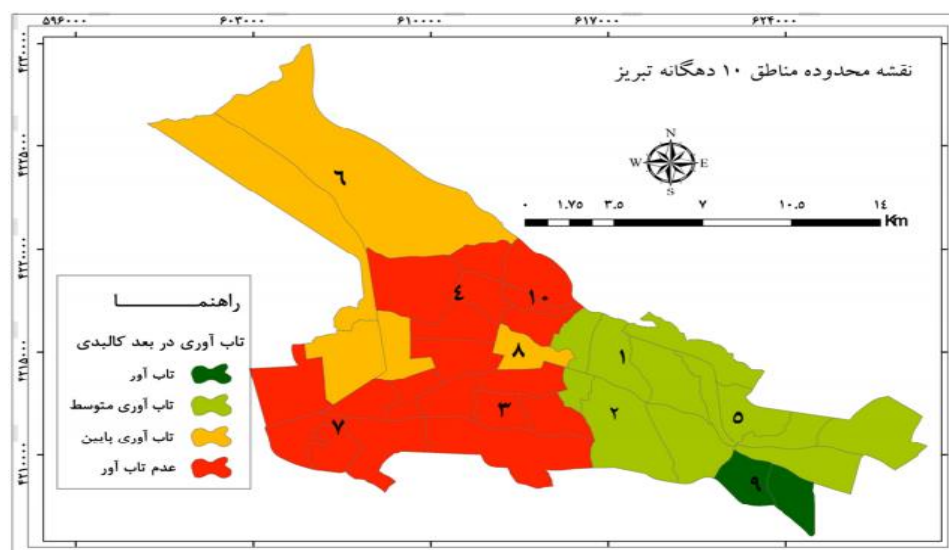
شکل ۴- مدل تحلیل مسیر جهت بررسی اثرات ابعاد تاب آوری بر تاب آوری شهر تبریز

در شکل فوق مشاهده می شود که مهم ترین عامل (بعد) تأثیرگذار بر تاب آوری شهر تبریز، مربوط به بعد کالبدی است. بعد کالبدی به صورت مستقیم ۰/۴۰۷ درصد و به صورت غیرمستقیم ۰/۱۵۳ درصد در کل ۰/۵۶۰ درصد در

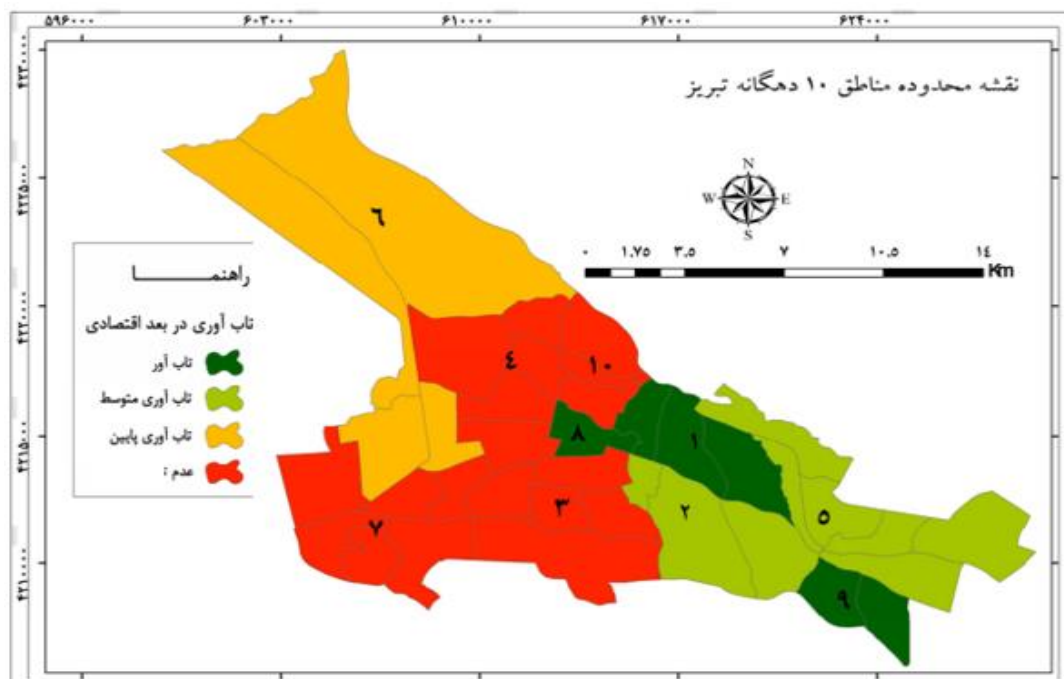
تاب آوری شهر تبریز تأثیرگذار بوده است. دومین بعد اقتصادی بوده با تأثیرگذاری کلی ۰/۴۵۷، سومین بعد، بعد نهادی است که ۰/۳۰۳ درصد تأثیر داشته و چهارمین بعد مؤثر بعد اجتماعی بوده با ۰/۲۷۷ درصد که کمترین تأثیرگذاری را در ارزیابی تاب آوری تبریز را از دیدگاه خبرگان به خود اختصاص داده است.



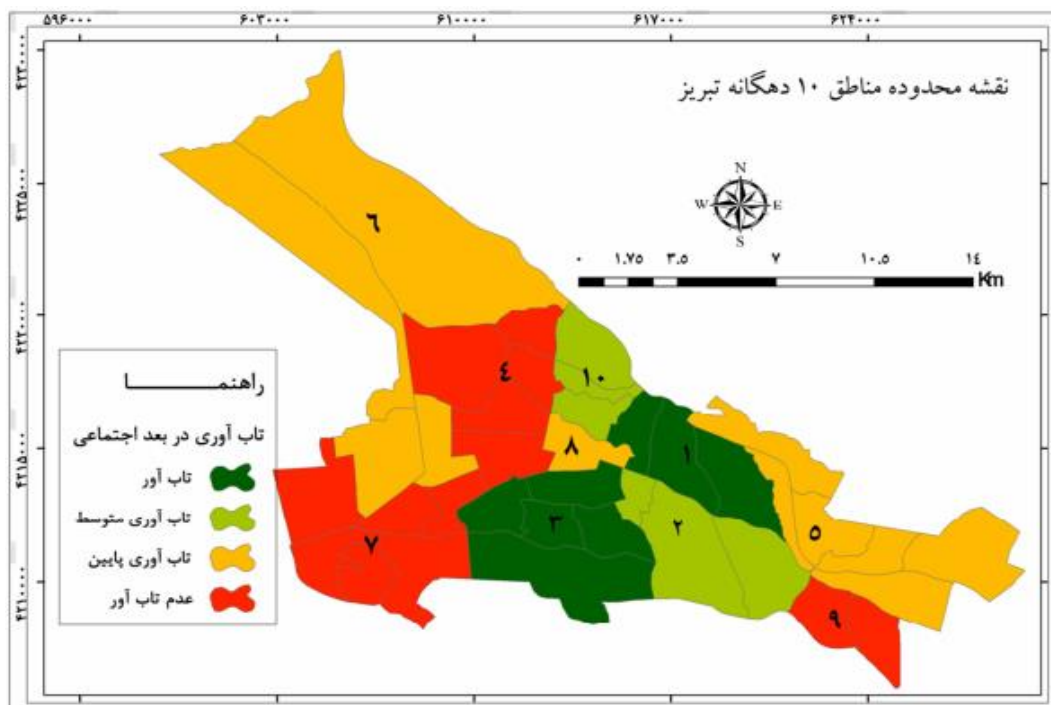
شکل ۵- تاب آوری شهر تبریز در مناطق ده گانه



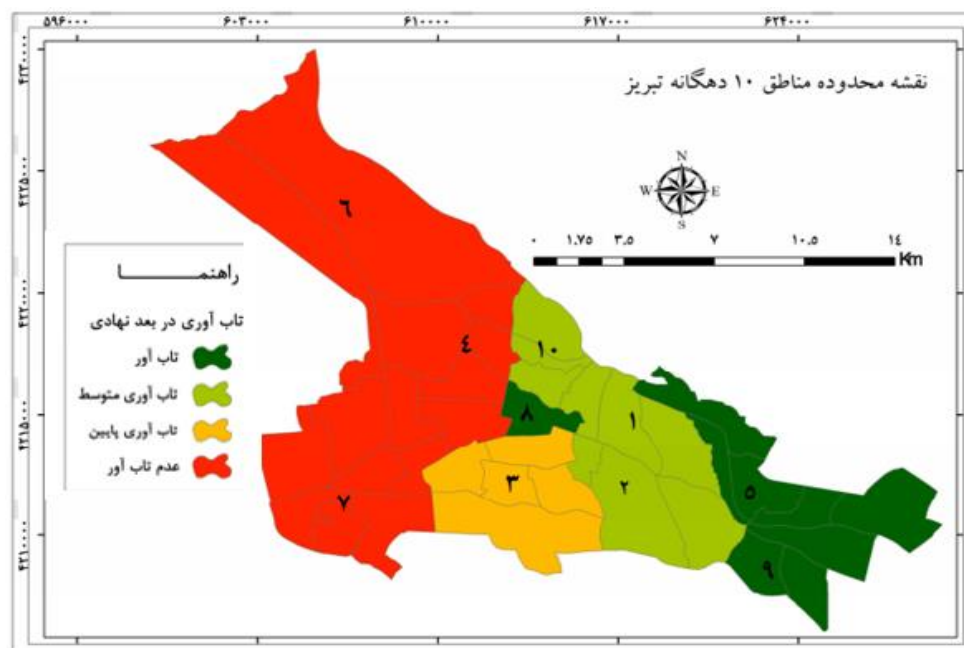
شکل ۶- تاب آوری کالبدی شهر تبریز در مناطق ده گانه



شکل ۷- تاب آوری اقتصادی شهر تبریز در مناطق دهگانه



شکل ۸- تاب آوری اجتماعی شهر تبریز در مناطق دهگانه



شکل ۹- تاب آوری نهادی شهر تبریز در مناطق ده گانه

۴- بحث

حوادث روی داده در سالیان اخیر، و از جمله زمین لرزه آذربایجان، بیانگر این مطلب است که جوامع و افراد به صورت فزاینده ای آسیب پذیر شده و ریسک ها نیز افزایش یافته است. با این حال، کاهش ریسک و آسیب پذیری، اغلب تا بعد از وقوع سوانح نادیده انگاشته می شوند. در شرایطی که ریسک و نبود قطعیت ها در حال رشد هستند، تاب آوری به عنوان مفهوم مواجهه با اختلالات، غافلگیری ها و تغییرات معرفی می شود (کوخلان و نورمن^۱، ۲۰۱۴). تبریز به عنوان بزرگ ترین شهر شمال باختری و باختری ایران و در عین حال یکی از کلان شهرهای بزرگ کشور در طول تکوین تاریخ طبیعی خود همواره با انواع مخاطرات طبیعی به ویژه زمین لرزه روبرو بوده و در برهه هایی از تاریخ حتی تا مرحله حذف کامل از فضای جغرافیایی سرزمین ایران پیش رفته است. لذا با توجه به بررسی های لرزه زمین ساختی، گستره تبریز و پیرامون آن در پهنه ای با خطر لرزه ای بالا قرار دارد. گسل های لرزه زایی چون گسل تسوج، شبستر، جنوب میشو، شمال می شود و... در فاصله کمی نسبت به شهر تبریز قرار دارند و در مواردی نیز گسترش بخش های گران قیمت شهر تبریز بر روی این گسل ها (گسل شمال تبریز) قرار گرفته است.

یافته های تحقیق نشان داد که تاب آوری شهر تبریز در برابر زمین لرزه کمتر از حد متوسط است، که این امر گویای شرایط نامناسب شهر از نظر تاب آوری است. حال در این خصوص بعد کالبدی شهر نسب بر سایر ابعاد (اقتصادی،

1 Coghlan & Norman

اجتماعی و نهادی) از وضعیت نسبتاً خوبی برخوردار است، هرچند که میانگین بعد کالبدی هم کمتر از حد متوسط است. در واقع این وضعیت در بعد کالبدی به خاطر دسترسی‌های نسبتاً مناسب به مراکز حساس و حیاتی می‌باشد. در همین راستا یافته‌های مذکور با توجه به یافته‌های رضایی در سال ۱۳۸۹ در خصوص تاب‌آوری ضعیف تهران که تنها ۵۳ درصد از مردم تهران را تاب آور دانستند و یافته‌های بدری و همکاران در سال ۱۳۹۲ که تنها سه اصل از ده اصل تاب‌آوری، وضعیت قابل قبولی داشته‌اند، مورد تأیید است. همچنین مدل تحلیل مسیر هم نشان داد که تقریباً ۷۵ درصد از تاب‌آوری شهر تبریز توسط چهار بعد مذکور و معیارها و مؤلفه‌های مربوطه قابل پیش‌بینی می‌باشند، که بعد کالبدی بیشترین تأثیر مستقیم و غیرمستقیم را داشته است. در این خصوص نیز یافته‌های تحقیق حاضر با یافته‌های رمضان زاده لسبویی و بدری در سال ۱۳۹۳ که مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر تاب‌آوری را بعد نهادی-مدیریتی ذکر کرده‌اند، در تضاد است، چراکه براساس یافته‌های تحقیق، بعد کالبدی مهم‌ترین بعد در تاب‌آوری می‌باشد و بعد نهادی در جایگاه سوم و بالاتر از بعد اجتماعی قرار گرفته است. پیشرو بودن بعد کالبدی به‌عنوان بعدی که بیشترین تأثیر را در تاب آور بودن شهر تبریز دارد، به‌هیچ‌وجه کافی نیست و نباید باعث غفلت برنامه ریزان و متخصصین از کمک به ارتقای وضعیت و بهبود شرایط سایر ابعاد در مسیر تاب‌آوری شهر تبریز شود.

همان‌گونه که یافته‌های رمضان زاده لسبویی و دستکار گل خیلی در سل ۱۳۹۳ نشان داده که تاب‌آوری تنها به بعد کالبدی و سازه‌ای ختم نمی‌شود و باید به سایر ابعاد نیز توجه داشت. لذا زمانی شهر تبریز می‌تواند در زمره شهرهای تاب آور قرار بگیرد که از رشد محسوس، متوازن و نزدیک در تمامی ابعاد ۴ گانه مورد مطالعه برخوردار باشد. تبریز با برخورداری از ویژگی‌های خاص از جمله بالا بودن تراکم جمعیتی و ساختمانی، تمرکز اکثر مراکز اداری و اقتصادی استان، موقعیت ویژه زمین‌شناسی و وجود گسل‌های شهری و پیرامونی شهر، از جمله مناطق حساس و در معرض خطر ناشی از رخداد زمین‌لرزه است. با توجه به تراکم و تمرکز، وجود بافت‌های فرسوده، معابر کم‌عرض، کاستی‌های احتمالی موجود در سیستم‌های پاسخگویی و مقابله با سوانح، در برخورد با هر یک از این سوانح بسیار آسیب‌پذیر خواهد بود و افزایش تاب‌آوری شهری در تبریز بسیار حائز اهمیت است.

۵- نتیجه‌گیری

آن دسته از مناطق که تازه ساختند از تاب‌آوری مناسبی برخوردارند و در مقابل، مناطق با بافت فرسوده زیاد و قدیمی شهر از تاب‌آوری قابل قبولی در برابر زلزله برخوردار نیستند و به عبارتی آسیب‌پذیر می‌باشند. ضمناً ارجحیت معیارهای تاب‌آوری شهر در برابر زلزله و وزن دهی مشخص شده که، بعد کالبدی با معیارهای دسترسی به مراکز حیاتی، دوری از محیط‌های خطرآفرین، بهبود ساخت‌وساز و کیفیت مصالح و تراکم مناسب ساختمانی و انسانی، مهم‌تر از دیگر مناطق می‌باشند ولی نباید از سایر معیارها و ابعاد غافل بود. شهر تبریز با برخورداری از ویژگی‌های خاص از جمله بالا بودن تراکم جمعیتی و ساختمانی، تمرکز اکثر مراکز اداری و اقتصادی استان، موقعیت ویژه

زمین‌شناسی و وجود گسل‌های پیرامونی شهر، از جمله مناطق حساس و در معرض خطر ناشی از رخداد زلزله است. با توجه به تراکم و تمرکز، وجود بافت‌های فرسوده، معابر کم‌عرض، کاستی‌های احتمالی موجود در سیستم‌های پاسخگویی و مقابله با سوانح، اطلاعات ناکافی در مورد مکان مجروحان و زمان‌بر بودن دسترسی به اطلاعات محلی، در برخورد با هر یک از این سوانح بسیار آسیب‌پذیر خواهد بود و افزایش تاب‌آوری شهری در تبریز و به‌خصوص در مناطق چهار و هفت شهرداری بسیار حائز اهمیت است. چراکه یافته‌ها حاکی از این است که شهر تبریز در برابر وقوع زلزله آسیب‌پذیر خواهد بود. با توجه به این امر که زلزله از مهم‌ترین و محتمل‌ترین مخاطرات شهر تبریز است، نقش مشارکت ساکنان محلی در نجات آسیب‌دیدگان زلزله احتمالی اردیبل بسیار پررنگ‌تر می‌نماید. از این‌رو، اتخاذ راهکارهای مدیریت بحران جامعه‌محور، توانمندسازی شهروندان و استفاده از توان مشارکت مردمی برای مقابله با سوانح طبیعی مانند زلزله و افزایش تاب‌آوری شهری بسیار مهم است. بر اساس این نتایج پیشنهاد می‌شود که آموزش جامع برای همه مدیران و مردم به‌وسیله نهادهای مربوط صورت پذیرد، چراکه در صورتی که افراد از آگاهی و مهارت کافی برخوردار و توانمند شده باشند، می‌توان امیدوار بود که هنگام وقوع زلزله خواهند توانست با واکنش و رفتار مناسب، جان خود و نزدیکانشان را حفظ کرده و دچار آسیب جانی، مالی و روحی کمتری شوند. بدین ترتیب توانایی سیستم‌های شهری برای مقاومت و بازتوانی سریع در حوادث فاجعه‌آمیز ارتقاء یافته و تاب‌آوری شهری ایجاد خواهد شد. از این‌رو توانمندسازی شهروندان از طریق آگاهی بخشی، فرهنگ‌سازی و آموزش‌های مهارتی به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری آن‌ها در هنگام وقوع زلزله مطرح می‌گردد. مضافاً اینکه برای جلوگیری از حوادث باید فرهنگ ساخت‌وساز و رعایت استانداردها بهبود یابد تا میزان خسارات جانی و مالی را به حداقل رسد. بالا بردن کیفیت ساختمان‌ها، کاهش تراکم‌ها، بهبود دسترسی‌ها، دوری از حریم‌های خطرزا باعث افزایش امنیت شهر خواهد شد، در صورت عدم رعایت موارد مذکور آسیب‌های جدی به شهر وارد می‌گردد و زمینه‌ای برای فلج شدن شهر در ساعات اولیه امداد از لحاظ امداد و نجات خواهد شد. لذا دسترسی مردم و گروه‌های امدادگران به شریان‌های حیاتی و محیط باز و تراکم در آن‌ها باید در نظر گرفته شود. موارد ذکر شده برای مناطق چهار و هفت تبریز که از آسیب‌پذیری بالایی برخوردارند، در جهت تاب آور نمودن آن‌ها حیاتی و حائز اهمیت می‌باشد.

کتابنامه

- اسدی، مهسا؛ زیاری، کرامت‌الله؛ وطن‌خواهی، محسن؛ ۱۳۹۷. سنجش و ارزیابی میزان تاب‌آوری بافت‌های فرسوده شهری در برابر مخاطرات محیطی (نمونه موردی: بافت فرسوده کلان‌شهر کرج). پژوهش و برنامه‌ریزی شهری. دوره ۹ شماره ۳۵. صص ۱۱۱-۱۲۲.
- بهتاش، فرزاد؛ علی‌کی‌نژاد، محمدرضا؛ پیربابایی، محمدتقی؛ عسگری، علی؛ ۱۳۹۲. ارزیابی و تحلیل ابعاد و مؤلفه‌های تاب‌آوری کلان‌شهر تبریز. نشریه هنرهای زیبا، معماری و شهرسازی. دوره ۱۸. شماره ۳. صص ۴۳-۳۳.

- پاشاپور، حجت اله؛ پورا کریمی، محمد؛ ۱۳۹۶. سنجش ابعاد کالبدی تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی (زلزله) (مطالعه موردی منطقه ۱۲ شهر تهران). *مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*. دوره ۱۲. شماره ۴. صص ۹۸۵-۱۰۰۲.
- پورشریفی، جواد؛ قلعه‌نویی، محمود؛ ۱۳۹۳. «تاب‌آوری شهری رویکردی جدید در مواجهه با تغییرات و چالش‌ها». اولین کنگره بین‌المللی افق‌های جدید در معماری و شهرسازی. تهران. صص ۱۲۵-۱۱۰.
- دلاور، نسرين؛ ۱۳۹۶. برنامه‌ریزی راهبردی ارتقای تاب‌آوری محلات شهر تهران (مطالعه موردی: منطقه ۱۲ تهران). تهران: پایان‌نامه کارشناسی ارشد. رشته جغرافیا و آمایش شهری. استاد راهنما: دکتر موسی کمانرودی کجوری. دانشکده جغرافیا. دانشگاه تهران.
- رمضان‌زاده لسبویی، مهدی؛ بدری، علی؛ ۱۳۹۳. تبیین ساختارهای اجتماعی-اقتصادی تاب‌آوری جوامع محلی در برابر بلایای طبیعی با تأکید بر سیلاب. *فصلنامه بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران*. دوره ۱۲. شماره ۴. صص ۱۳۱-۱۰۹.
- رمضان‌زاده لسبویی، مهدی؛ درستکار گل‌خیلی، هما؛ ۱۳۹۳. سرمایه‌های شهروندان در راستای کاهش آسیب‌پذیری و ارتقاء تاب‌آوری در برابر بلایای طبیعی. همایش علوم جغرافیایی ایران. موسسه جغرافیا. دانشگاه تهران.
- زرکانی، علیرضا؛ شیخ‌الاسلامی، علیرضا؛ پرزادی، طاهر؛ ۱۳۹۸. تحلیل وضعیت تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی (مورد مطالعه: شهر باقرشهر). *فصلنامه برنامه‌ریزی شهری*. دوره ۱۰. شماره ۳۷. صص ۵۴-۴۱.
- ساسان‌پور، فرزانه؛ آهنگری، نوید؛ حاجی‌نژاد، صادق؛ ۱۳۹۶. ارزیابی تاب‌آوری منطقه ۱۲ کلان‌شهر تهران در برابر مخاطرات طبیعی. *نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*. دوره ۴. شماره ۳. صص ۹۸-۸۵.
- شکری فیروزجاء، پری؛ ۱۳۹۷. سنجش میزان تاب‌آوری شهرها در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: شهر بابل). *مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*. دوره ۱۳. شماره ۳. صص ۶۷۸-۶۶۳.
- صمدزاده، رسول؛ ۱۳۹۸. *ژئومورفولوژی ایران*. انتشارات سمت. چاپ نخست. تهران.
- غفاری، عطا؛ پاشازاده، اصغر؛ آقایی، واحد؛ ۱۳۹۶. سنجش و اولویت‌بندی تاب‌آوری شهری در مقابل زلزله (نمونه موردی شهر تبریز و مناطق چهارگانه آن). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*. شماره ۲۱. صص ۶۵-۴۵.
- نظم‌فر، حسین؛ پاشازاده، اصغر؛ ۱۳۹۷. ارزیابی تاب‌آوری شهری در برابر مخاطرات طبیعی (مطالعه موردی: شهر تبریز). *مجله آمایش جغرافیایی فضا*. دوره ۸. شماره ۲۷. صص ۱۱۶-۱۰۱.

- Aljaberin K., 2012. Community resilience framework for an earthquake prone area in Baluchistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2: 25-36.
- Coaffee J., 2010. Protecting vulnerable cities: the UK's resilience response to defending everyday urban infrastructure. *International Affairs*, 86 (4): 939 - 954.
- Coghlan A, Norman S., 2014. Trans-Tasman collaboration setting the new recovery agenda, *Australian Journal of Emergency Management*, 19(4): 55-70.
- Coghlan A, Norman, S., 2014. Trans-Tasman collaboration setting the new recovery agenda. *Australian Journal of Emergency Management*, 19(4): 30-45.

- Davis I., 2014. The application of performance targets to promote effective earthquake risk reduction.
- Dogulu CK, Ikizer G., 2016. How do survivors perceive community resilience? The case of the 2011 earthquakes in Van, Turkey. *Journal of Disaster Risk Reduction*, 16: 108-114.
- EStoon M., 2016. The effects of urban patterns on ecosystem function. *International regional science review*, 28(2): 168-192.
- Folke C, Carpenter, S, Walker B, Scheffer M, Elmqvist T, Gunderson L, Holling CS., 2015. Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Cyst*, 35: 557-581.
- Kalfe R., 2011. *Post-disaster Reconstruction of the Built Environment: Rebuilding for resilience*. John Wiley & Sons.
- Maguire B, Hagan, P., 2015. "Disasters and communities: understanding social resilience," the *Australian journal of emergency management*, 22 (2): 6-19.
- Marana P, Eden C, Eriksson H, Grimes C, Hernantes J, Hawick S, Pyrko I., 2019. Towards a resilience management guideline—Cities as a starting point for societal resilience. *Sustainable Cities and Society*, 101531.
- Matyas D, Pelling M., 2014. Positioning resilience for 2015: The role of resistance, incremental adjustment and transformation in disaster risk management policy. *Disasters*, 39 (I), 1-18.
- Mitchell, T., & Harris, K., 2012. *Resilience: A risk management approach*. Overseas Development Institute, 1-7.
- Shim Heon J., & Kim Il., Ch., 2015. Measuring Resilience to Natural Hazards: Towards unsustainable *Hazard Mitigation*. *Sustainability*, 7:1453-1485.



Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0)

جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره سی و ششم، زمستان ۱۳۹۹

صص ۲۲۱-۲۳۸

doi : <https://dx.doi.org/10.22067/geoeh.2020.66984.0>

مقاله پژوهشی

شناسایی مخاطرات آلاینده‌های مکان دفن پسماند مبتنی بر مدل RASCL (مطالعه موردی: شهر تنکابن)

المیرا عبدالمهی - کارشناسی ارشد آلودگی‌های محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی تنکابن، تنکابن، ایران.

مهدی محمد علیخانی^۱ - دکتری تکثیر و پرورش آبزیان، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱/۲ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۹/۴/۲۵ تاریخ تصویب: ۱۳۹۹/۸/۸

چکیده

در دهه‌های اخیر با پیشرفت فناوری و مدیریت جامع مواد زائد جامد شهری، از روش‌هایی مانند بازیافت، تیمار بیولوژیکی، تیمار حرارتی و دفن بهداشتی استفاده شده است. روش دفن بهداشتی به‌عنوان یکی از راهبردهای مطرح در سلسله‌مراتب مدیریت جامع پسماند به شمار می‌آید و نسبت به سایر روش‌های دفع، رایج‌تر و کم‌هزینه‌تر است. هدف از این پژوهش شناسایی معضلات و ریسک‌های زیست‌محیطی مکان دفن پسماند شهر تنکابن به روش RASCL است. این روش به‌منظور ارزیابی ریسک ناشی از محل‌های دفن زباله نه‌چندان بزرگ، استفاده می‌شود و توسط آن به تعیین میزان ریسک آلودگی آب‌های زیرزمینی و تجمع گاز و عواملی پرداخته شده است که تأثیر بیشتری در آلودگی این دو عامل دارند. با توجه به تحلیل RASCL و AHP معیار سیستم جمع‌کننده شیرابه دارای بیشترین تأثیر بر روی ریسک آلودگی آب‌های زیرزمینی است. در زمینه ریسک تجمع گاز، معیار نوع پسماند و نوع گاز تولید شده دارای بیشترین وزن و در نتیجه بیشترین تأثیر بر روی ازدیاد ریسک تجمع گاز است. ریسک محاسبه شده برای آلودگی آب‌های زیرزمینی در حد متوسط و ریسک حاصل از تجمع گاز در مکان دفن پسماند در حد کم قرار دارد. از آنجایی که عمق سفره آب زیرزمینی در این مکان بیش از ۲۲ متر و فاصله آن تا مصرف‌کننده بیش از دو کیلومتر است، به دلیل وجود چشمه در نزدیکی محل دفن زباله، ریسک آلودگی آب زیرزمینی در این منطقه بالا است.

کلیدواژه‌ها: محیط‌زیست، مکان دفن پسماند، RASCL، AHP، تنکابن.

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر اصل پایداری محیط‌زیست به‌عنوان مهم‌ترین اصل حیات و به‌عنوان یک محور اصلی و اساسی در راهبردهای علمی و منطقی جهت حفظ محیط‌زیست کره زمین توسط جوامع مختلف بشری پذیرفته شده است. کنترل آلاینده‌های زیست‌محیطی و حفاظت از منابع آب، خاک و پوشش گیاهی از آلودگی یکی از بهترین راه‌های دستیابی به این هدف است که این امر بدون شناخت منبع، دامنه و تأثیرات آلودگی امکان‌پذیر نیست. با آغاز زندگی اجتماعی، بشر همواره درگیر با مشکلات متناسب این نوع زندگی بوده است. نیاز به وجود قوانین و مقررات اجتماعی و التزام به آن، تأمین نیازهای اولیه و ثانویه نظیر آب، مسکن، غذا، کار و تفریحات از این جمله است. به‌موازات آن معضلاتی نظیر تولید فاضلاب و زباله‌ها، ایجاد آلودگی هوا، خاک، آب و ... از جمله مواردی است که انسان همواره با آن مواجه بوده است. امروزه به علت افزایش روزافزون جمعیت شهری، افزایش مصرف مواد و به‌تبع آن تولید پسماند از مناسبات زندگی پیشرفته و ماشینی، دفع و نابودسازی مواد زائد به‌صورت یکی از دغدغه‌های اساسی مدیریت محیط‌زیست تبدیل شده است (راماناتان^۱، ۲۰۰۶). افزایش روزمره تولید مواد زائد شهری یکی از مهم‌ترین عوامل تهدید کننده سلامت محیط‌زیست جهانی است. شهرهای کشور با مشکل زباله و آثار زیان‌بار زیست‌محیطی آن دست به گریبان‌اند و متأسفانه تنها راه‌حل مدنظر مسئولان نیز یافتن مکانی دور از چشم جهت دفن زباله در آن بوده است. در این میان استان‌های شمالی کشور رتبه بالایی را در تولید زباله داشته و از این میان سهم استان مازندران در تولید زباله به دلیل گردشگر پذیر بودن، به شش درصد از مجموعه کل زباله در کشور رسیده است، حجم بالای تولید زباله در این استان با توجه به محدود بودن اراضی، وجود اکوسیستم غنی گیاهی و جانوری، سطح بالای آب‌های زیرزمینی و وجود جنگل و دریا و رودهای فراوان و همچنین نبود سازوکار لازم به جهت دفع صحیح آن، موضوع زباله را به بحرانی ملی بدل کرده است. توجه به آلودگی‌های محیط و مقابله با آن از طریق برنامه‌های مختلف زیست‌محیطی از جمله مدیریت مواد زائد جامد، اکنون به‌صورت گسترده‌ای در بهداشت و اقتصاد جهان مطرح است. استفاده از ۴۸۰۰۰ ماده شیمیایی در زندگی روزمره که تاکنون تنها خاصیت سرطان‌زایی ۵۰۰ نوع آن به اثبات رسیده نوعی تهدید جدی برای محیط‌زیست و سلامت انسان به شمار می‌رود. یک مطالعه محلی توسط سازمان بهداشت جهانی^۲ (WHO) مؤید این نکته است که عدم توجه به جمع‌آوری و دفع صحیح مواد زائد می‌تواند ۳۲ مشکل زیست‌محیطی را که مقابله با آن‌ها به‌سادگی امکان‌پذیر نیست، به وجود آورد (حیدریان و همکاران ۱۳۸۵). در کشور ما با وجود سال‌ها رکود، طی دو دهه اخیر فعالیت‌های زیادی در زمینه دفع زباله انجام گرفته است. در این میان دفن مواد زائد، مسئله جمع‌آوری و دفع بهداشتی شیرابه در این محل‌ها، همواره از جمله مهم‌ترین مسائلی بوده که علی‌رغم اهمیت زیاد آن (به دلیل خصوصیات ویژه از جمله: بالا بودن محتوای آلی، وجود ترکیبات شیمیایی مختلف، فلزات سنگین، انواع مواد سمی و

1 Ramanathan.

2 World Health Organization

سخت تجزیه‌پذیر) کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این موضوع در کشورهای پیشرفته سبب تخریب محیط‌زیست و آلودگی در وسعت زیاد آب‌های سطحی و زیر زمینی، خاک‌ها و پوشش گیاهی و صرف هزینه‌های گزاف به‌منظور رفع آلودگی شده است.

عدم توجه به مسائل زیست‌محیطی در بسیاری از شهرهای کشور به‌عنوان یک دشمن پنهان، محیط‌زیست محل دفن را تهدید می‌نماید؛ اما آنچه جمع‌آوری و دفع زباله را به کار ضروری و اجتناب‌ناپذیر مبدل کرده رعایت بهداشت است. چگونگی دفع پسماندهای تولید شده همواره یکی از معضلات جامعه بشری بوده است. ساده‌ترین و عملی‌ترین روشی که برای رفع این مشکل در ابتدا صورت گرفته است، پراکنده کردن و تلبار نمودن پسماندها در زمین بایر خارج از محدوده شهرها یا سوزاندن آن به‌منظور جلوگیری از آلودگی بوده است. مدت‌ها این روش بدون توجه به اثرات ناسازگار آن، به‌عنوان عملی‌ترین روش در نقاط مختلف جهان متداول بوده است. در حال حاضر نیز در کشورهای توسعه نیافته این روش همچنان رایج است؛ بنابراین همواره خطرات محل دفن محیط فیزیکی-شیمیایی، محیط بیولوژیک و محیط انسانی پیرامون این محل را تهدید می‌کند (منوری و همکاران، ۱۳۸۵). با توجه به گسترش روزافزون جمعیت شهری و به طبع افزایش مصرف و همچنین افزایش پسماند از جمله پسماندهای خانگی، صنعتی و غیره فعالیت‌های چشمگیری جهت حل معضل پسماند انجام گرفته است (قلندریان و همکاران، ۱۳۸۹). یکی از مسائل مهم در مدیریت بهینه مواد زائد، انتخاب مکان مناسب برای جمع‌آوری و دفن آن است. به‌منظور انتخاب یک مکان مناسب برای دفن زباله باید تمامی عوامل متأثر از احداث محل دفن در منطقه را به‌طور کامل بشناسیم تا بتوانیم مکان‌هایی را انتخاب کنیم که کم‌ترین آثار سوء زیست‌محیطی را برای انسان و سایر موجودات زنده به همراه داشته باشد. در حقیقت، محل مورد نظر باید در جایی باشد که باعث آلودگی منابع آب‌های سطحی و زیر زمینی نگردد، زمین کافی و نسبتاً مسطح با خاک غیر قابل استفاده موجود باشد، تأثیر منفی بر چشم‌انداز و اکولوژی منطقه نداشته باشد. وزش باد، بو و آلودگی آن را به فضای شهر انتقال ندهد، قابلیت دسترسی، پایین بودن ارزش زمین، عدم تجاوز به حریم شهرهای دیگر نیز از جمله عواملی هستند که در انتخاب این نوع مکان‌ها نقش دارند (پاداش، ۱۳۸۹). خطرات اصلی با توجه به کوچک و بسته بودن محل‌های دفن زباله شامل آلودگی آب‌های زیر زمینی، آلودگی آب‌های سطحی، گاز (گاز لندفیل‌ها و یا گازهای سمی)، مواجهه با سطح (مصرف و یا آسیب جسمانی به‌واسطه اجسام بررنده) می‌باشد. ریسک هر خطر، تابعی از منبع آلاینده، محدوده نگه داری، مسیر حمل و نقل و گیرنده است. ماتریس‌ها برای کمک به مقادیر وزن دهی برای تجزیه و تحلیل هر یک از اجزای ریسک به‌طور خاص برای محل‌های دفن زباله کوچک و بسته توسعه یافته‌اند. این بدان معنی است که برای هر محل دفن زباله کوچک و بسته، با توجه به هر خطر ریسک را می‌توان بررسی و رتبه بالا، متوسط یا پایین داد. یکی از کاربردی‌ترین روش‌ها جهت ارزیابی ریسک محیط زیستی مکان دفن پسماند روش RASCL می‌باشد. در این روش بر اساس شاخص‌های از پیش

تعیین شده میزان ریسک آلودگی آب زیرزمینی و تجمع گاز در محل دفع پسماند بررسی خواهد شد. این شاخص‌ها شامل، وسعت محل دفن، میزان حرکت شیرابه، میزان سمیت مواد زائد جامد، سیستم جمع‌کننده شیرابه، میزان نفوذپذیری آبخوان و کنترل رواناب، میزان بارش، فاصله تا مصرف‌کننده و عمق سفره آب و نوع استفاده از آب زیرزمینی است (لندی^۱ و همکاران، ۲۰۰۲).

این پژوهش درصدد است تا روشن سازد که وضعیت ریسک محیط زیستی مکان دفن پسماند در شهر تنکابن چگونه است. ابتدا، محل دفن پسماندهای شهر تنکابن به صورت میدانی مشخص خواهد شد. سپس، اطلاعات لازم جهت ارزیابی ریسک محیط زیستی مکان دفن پسماند بر مبنای مدل RASCL جمع‌آوری شده و جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و نرم‌افزار Expert Choice استفاده خواهد شد.

این تحقیق با هدف شناسایی مخاطرات آلاینده‌ها و بررسی پتانسیل‌های ریسک محل دفن تنکابن و اثرات احتمالی آن بر پارامترهای محیط زیست منطقه مبتنی بر مدل Risk Assessment for Small Closed (RASCL) Landfills انجام گرفت. اجزای ریسک مختص به محل‌های دفن زباله کوچک مطابق با استاندارد نیوزیلند برای ارزیابی ریسک شناسایی شده است و مبتنی بر روش ارزیابی در سیستم غربالگری ریسک (RSS) برای وزارت محیط زیست توسعه یافته است RASCL با مقایسه نتایج ارزیابی در برابر داده‌های اختصاصی از ۱۲ مکان دفن زباله موجود، اطلاعات ویژگی‌های زیست محیطی، بهره‌برداری از سایت و گفتگو با کارکنان شورای شهر آزمایش شده است. با توجه به ماهیت پژوهش، روش به کارگرفته شده پیمایشی (زمینه‌یابی) است. در این نوع پژوهش نمونه‌ای منتخب از جامعه مطالعه می‌شود و نیاز به مطالعه نمونه به این دلیل است که مطالعه کل جامعه دشوار است و می‌تواند تصویر دقیقی از جامعه آماری مورد مطالعه به دست دهد.

۱-۲- پیشینه پژوهش

در سطح ملی و فراملی همواره تحقیقات متعددی برای دفن زباله صورت گرفته است.

محققین	سال	پژوهش مورد بررسی	نتیجه
بارلاز ^۲	۲۰۰۲	استفاده از آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره و آنالیز همپوشانی به کمک سامانه اطلاعات انتخاب جغرافیایی به انتخاب یک محل دفن مواد زائد جامد جدید	نتایج حاصل از استفاده این سیستم در مکان‌های مختلف مؤثر بودن آن را در فرآیند مکان‌یابی نشان داد
سنر ^۳	۲۰۱۰	استفاده از آنالیز تصمیم‌گیری چند معیاره و آنالیز همپوشانی به کمک سامانه اطلاعات	نتایج حاصل از استفاده این سیستم در مکان‌های مختلف مؤثر بودن آن را در

1 Lendi

2 Barlaz

3 Sener

محققین	سال	پژوهش مورد بررسی	نتیجه
		انتخاب جغرافیایی به انتخاب یک محل دفن مواد زائد جامد جدید	فرآیند مکان - یابی نشان داد
علی اکبری و همکاران	۱۳۹۰	مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله‌های جامد شهری با استفاده از روش (AHP) (مطالعه موردی: شهر بهشهر)	نتایج نشان داد که روش تحلیل سلسله مراتبی با توجه به خصوصیات ویژه آن می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های شهری و منطقه‌ای با اهداف مکان‌یابی کاربرد مطلوبی داشته باشد
چیت‌سازان و همکاران	۱۳۹۲	مکان‌یابی دفع پسماندهای جامد شهری با استفاده از فن‌آوری‌های اطلاعات مکانی و منطق فازی - تحلیل سلسله مراتبی - Fuzzy AHP (مطالعه موردی: رامهرمز)	نتایج حاصل از استفاده این سیستم، مؤثر بودن آن را در فرآیند مکان‌یابی نشان داد

با توجه به تحقیقات صورت گرفته، مشخص می‌شود مکان‌یابی دفن زباله در تمام مناطقی که انسان در آن سکونت داشته دارای اهمیت بسیاری بوده است. زیرا اگر مکان‌یابی به صورت صحیح صورت گیرد، خیلی از مشکلات ناشی از مکان‌یابی بد دفن زباله کاسته می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- محدوده مورد مطالعه

شهرستان تنکابن یکی از شهرهای توریستی استان مازندران است که بین مختصات جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۱ دقیقه و ۵۵ ثانیه الی ۳۶ درجه و ۵۲ دقیقه و ۳۰ ثانیه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۴۴ دقیقه و ۱۵ ثانیه الی ۵۱ درجه و ۵۰ ثانیه طول شرقی، به شکلی دوزنقه‌ای در امتداد خط ساحلی دریای خزر واقع شده است. جمعیت این شهر حدود ۳۳۶۵۰ نفر می‌باشد (مشایخی، ۱۳۸۰). محدوده حوزه طبیعی شهر تنکابن از شمال به دریای خزر، از جنوب به ارتفاعات پرشیب پوشیده از جنگل که جزئی از سیستم البرز هستند، از غرب به رودخانه چالکرو و از شرق به رودخانه آزارود منتهی می‌شود. از نظر تقسیمات سیاسی این محدوده قسمت‌های شمالی دهستان‌های گلیجان و بلده از بخش مرکزی و قسمتی از غرب دهستان نشتارود (بخش عباس‌آباد) را دربرمی‌گیرد و شهرهای تنکابن و خرم‌آباد در بخش‌های میانی آن واقع شده است. حوزه طبیعی شهر تنکابن بخشی از دشت تنکابن - رامسر محسوب می‌شود و مخروط افکنه و دلتای رودخانه‌های چشمه‌کیله و شیرو در دربرمی‌گیرد. در این حوزه علاوه بر دو نقطه شهری، بیش از یکصد سکونت‌گاه‌های روستایی اعم از روستا یا شهرک و نیز چندین نقطه فعالیتی استقرار دارند. حوزه طبیعی شهر تنکابن دارای همگنی محیطی قابل توجهی است. همچنین به لحاظ اقتصادی، اجتماعی و عملکردی دارای

همگنی خاصی بوده و تعاملات گسترده‌ای در آن مشاهده می‌شود. شهر تنکابن در فاصله ۲۴۶ کیلومتری از مرکز استان مازندران (ساری) و ۲۵۸ کیلومتری از شهر تهران قرار دارد. نزدیک‌ترین شهر به آن خرم‌آباد با ۴ کیلومتر فاصله می‌باشد و غربی‌ترین شهر استان (رامسر) نیز در فاصله ۲۵ کیلومتری آن قرار گرفته است. این شهر به شکل طولی در بستر جغرافیایی ناحیه شکل گرفته است.



شكل ١- محدوده مورد مطالعه

۲-۲- روش تحقیق

در مطالعه حاضر با در نظر گرفتن عوامل تولید ریسک و ارزیابی مخاطرات محل دفن با استفاده از روش RASCL و فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) انجام می‌پذیرد. در این روش ابتدا ریسک‌های مقدماتی ناشی از پروژه بر روی عوامل زیست‌محیطی منطقه بررسی شده و سپس ریسک‌های ناشی از پروژه به‌طور تفصیلی بر روی عوامل زیست‌محیطی با محوریت آب‌های زیرزمینی و تجمع گاز ناشی از محل دفن مورد بررسی قرار می‌گیرد. در این روش بر اساس اصول ارزیابی که در استاندارد نیوزلند برای ارزیابی ریسک تعریف شده است، عمل می‌گردد. وزن دهی به معیارها و اولویت‌بندی ریسک با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice انجام شده است. با توجه به بررسی پروژه‌های مشابه همچون گزارش ICZM گروه مهندسين مشاور آزما و گزارش‌های گروه مهندسين مشاور ری آب و علاوه بر آن جستجو در مقالات داخلی و خارجی و بازدید میدانی از منطقه، به شناسایی عوامل ریسک پرداخته شد و عوامل مشخص گردیدند.

۳- تجزیہ و تحلیل

در این بخش بر اساس معیارهای تعیین شده در روش RASCL ریسک ناشی از محل دفن زباله تنکابن مورد ارزیابی قرار گرفته است. برای محاسبه ریسک ناشی از آب زیرزمینی در این روش پارامترهایی در نظر گرفته می - شود که با توجه به نمره دهی به این پارامترها و درنهایت محاسبه ریسک کل، می توان میزان خطر ایجاد شده از آب

زیرزمینی را بررسی و آن را در یکی از سه طبقه تعیین شده قرار داد. برای بررسی این پارامترها، آن‌ها را به چهار دسته منبع، نگهدارنده، مسیر عبور و پذیرنده تقسیم می‌کنند.

جدول ۱- میزان نفوذپذیری آبخوان

پوشش و کنترل رواناب ناشی از بارندگی	میزان نفوذپذیری آبخوان		
	نفوذناپذیر	نفوذپذیری متوسط	نفوذپذیری بالا
خوب	۰/۴	۰/۸	۰/۸
متوسط	۰/۴	۰/۶	۱
ضعیف	۰/۷	۰/۷	۱

پارامتر دیگر فاصله تا مصرف کننده و عمق سفره آب زیرزمینی در محل می‌باشد که در ارتباط با یکدیگر بررسی و نمره دهی می‌شوند. از آنجایی که اولین کانون جمعیتی در فاصله بیش از ۸ کیلومتری از محل دفن قرار دارد و عمق سفره آب زیر زمینی حداکثر ۲۲ متر می‌باشد، عدد ریسک مرتبط با آن ۰/۵ است.

جدول ۲- عمق سفره آب زیرزمینی در محل

عمق سفره آب	فاصله تا مصرف کننده		
	>۳۰۰ m	۱۰۰m	<۵۰ m
۰-۳ m	۰/۸	۰/۹	۱
۳-۱۰ m	۰/۶	۰/۹	۱
>۱۰ m	۰/۵	۰/۸	۰/۹

نوع استفاده از آب زیرزمینی

به دلیل وجود چشمه در نزدیکی محل و هدایت آن به رودخانه چشمه کیله خطر آلودگی آن بسیار زیاد بوده است؛ که این رودخانه به دریا هدایت می‌گردد. امتیاز مرتبط با آن ۰/۷ می‌باشد.

جدول ۳- امتیاز آب زیر زمینی

نوع استفاده	امتیاز
کم	۰/۲
آبیاری	۰/۷
آب ذخیره	۰/۷
اکولوژی	۰/۷
آشامیدنی	۱

ریسک کل

ریسک کل از حاصل ضرب این پارامترها در هم به دست می آید.

$$0/4 \times 1 \times 0/7 \times 1 \times 0/7 \times 0/9 \times 0/9 \times 0/7 = 0/11$$

پس ریسک آب زیرزمینی از نظر میزان در بازه ریسک متوسط قرار می گیرد.

جدول ۴- محاسبه ریسک آب زیرزمینی با استفاده از روش (RASCL)

۰/۴	وسعت محل دفن (A)
۱	حرکت شیرابه (B)
۰/۷	سمیت مواد زائد جامد (C)
۱	سیستم جمع کننده شیرابه (D)
۰/۷	میزان نفوذپذیری باران و کنترل روان آب (E)
۰/۹	بارش (F)
۰/۹	فاصله مصرف کننده و عمق آب زیرزمینی (G)
۰/۷	نوع استفاده از آب زیر زمینی (H)
۰/۱۱	ریسک کل

محاسبه ریسک تجمع گاز با استفاده از روش RASCL

(A) وسعت محل دفن که با پیش فرض ۰/۴ در نظر گرفته می شود.

(B) میزان حرکت یا جابجایی گاز با فرض جابجایی بالا و ۱ محاسبه می گردد.

(C) با توجه به اینکه بیشترین حجم پسماند تولیدی از نوع زباله شهری و مواد فسادپذیر می باشد و از آنجایی که میزان خطر فیزیکی تولید شده از گاز حاصل از این نوع پسماند بیشتر از خطر مسمومیت آن می باشد؛ چراکه با توجه به ماهیت گازهای متشهره از محل های دفن زباله، مهم ترین بخش آلاینده های هوای تولیدی، به انتشار گازهای حاصل از تخمیر مواد آلی موجود در زباله و انتشار گازهای بدبو مانند NH_4 ، H_2S و CH_4 مربوط می شود، در نتیجه عدد ریسک مرتبط با آن ۱ در نظر گرفته می شود.

(D) این مکان دارای سیستم جمع آوری شیرابه و گاز نیست. در نتیجه عدد ریسک مرتبط با آن ۱ در نظر گرفته می شود.

(E) پارامتر دیگر نوع پوشش سطحی است که احتمال حرکت عرضی را تعیین می کند. استفاده از مواد با نفوذناپذیری بالا مانند رس، پتاسیل حرکت عرضی گاز را کاهش می دهد. در نتیجه با پیش بینی پوشش سطحی غیرقابل نفوذ بر روی مواد زائد، عدد ریسک آن ۰/۱ در نظر گرفته می شود.

جدول ۵- امتیاز نوع پوشش سطحی

پوشش	امتیاز
نفوذپذیر	۰/۴
متوسط	۰/۷
غیرقابل نفوذ	۰/۱

(F) میانگین سالیانه بارش منطقه ۱۱۰۰ تا ۱۵۰۰ میلی متر می باشد، عدد ریسک آن ۰/۹ محاسبه می گردد.

جدول ۶- امتیاز بارش سالانه

بارش / سالانه	امتیاز
< ۷۰۰mm	۰/۸
۷۰۰-۲۰۰۰mm	۰/۹
> ۲۰۰mm	۱

(G) پارامتر بعدی بررسی میزان نفوذپذیری مواد بستر می باشد. با توجه به بافت رسی منطقه و میزان نفوذپذیری پایین و نیز عدم وجود سنگریزه در سطح و عمق خاک، عدد ریسک آن بر اساس میزان نفوذپذیری کمی که مواد بستر دارند ۰/۴ در نظر گرفته می شود.

جدول ۷- امتیاز نوع نفوذپذیری مواد بستر

نفوذپذیری	امتیاز
کم	۰/۴
متوسط	۰/۷
بالا	۱

(H) آخرین پارامتر نمره دهی بر اساس نزدیک ترین کاربری زمین های اطراف به محل دفن می باشد. با توجه به اینکه کاربری تفریحی نزدیک ترین کاربری به منطقه می باشد، عدد ریسک آن ۰/۲ در نظر گرفته می شود.

جدول ۸- امتیاز کاربری زمین

کاربری زمین	امتیاز
کشاورزی-پارک تفرج	۰/۲
مدارس	۰/۷
صنعتی-تجاری	۰/۷
کارمندان مسئول تعمیر	۰/۷
سکونتگاهی	۱

محاسبه ریسک کل

ریسک کل از حاصل ضرب پارامترها در یکدیگر به دست می‌آید.

$$0/002 = 0/2 \times 0/4 \times 0/9 \times 0/1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 0/4$$

بنابراین ریسک ناشی از تجمع گاز در محل دفن در بازه ریسک کم قرار می‌گیرد.

جدول ۹- محاسبه ریسک گاز با استفاده از روش (RASCL)

۰/۴	وسعت محل دفن (A)
۱	میزان حرکت یا جابجایی گاز (B)
۱	سمیت مواد زائد جامد (C)
۱	سیستم جمع کننده گاز (D)
۰/۱	میزان نفوذپذیری باران و کنترل روان آب (E)
۰/۹	بارش (F)
۰/۴	نفوذپذیری بستر (G)
۰/۲	نزدیک ترین کاربری (H)
۰/۰۰۲	ریسک کل

تکنیک سلسله مراتبی (AHP)

فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) چهارچوبی منطقی است که درک و تحلیل تصمیم‌گیری‌های پیچیده را با تجزیه آن به ساختاری سلسله‌مراتبی آسان می‌کند (شلبی^۱ و همکاران، ۲۰۰۶). در این بخش با استفاده از روش AHP، پارامترهای مورد نظر در روش RASCL وزن دهی می‌شوند. در این تحقیق با استفاده از روش RASCL، ۸ زیر معیار برای هدف اصلی تعریف شده است که با وزن دهی به معیارهای مذکور، مهم‌ترین عوامل ریسک اولویت‌بندی می‌شوند. در گام اول ماتریس مقایسه زوجی را برای هر معیار به‌طور جداگانه تشکیل می‌دهیم. در روش AHP گزینه‌ها دو به دو با یکدیگر مقایسه می‌شوند. این مقایسه‌ها از طریق پرسشنامه (نظر کارشناسان) یا فرد تصمیم‌گیرنده صورت می‌گیرد. با توجه به نتیجه مقایسه‌ها که می‌تواند شامل پاسخ‌های کاملاً مطلوب‌تر، مطلوبیت خیلی قوی، مطلوبیت قوی، کمی مطلوب‌تر یا یکسان باشد به ترتیب عددی بین ۱ تا ۹ انتساب داده شود. در این تحقیق ابتدا عوامل ریسک در جدول با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice به‌صورت زوجی مقایسه می‌شوند و سپس وزن دهی می‌گردند و میزان ناسازگاری آن‌ها مشخص و رفع می‌شود.

۴- نتایج

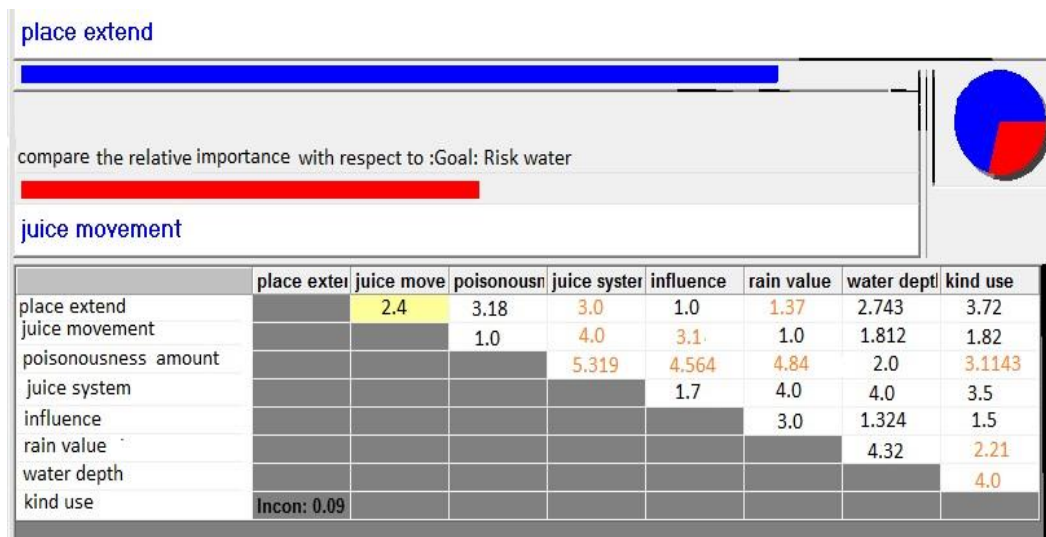
جدول ۱۰- مقایسه اهمیت عوامل نسبت به یکدیگر در منطقه جنگلی پرده‌سر

با توجه به ریسک آلودگی آب زیرزمینی

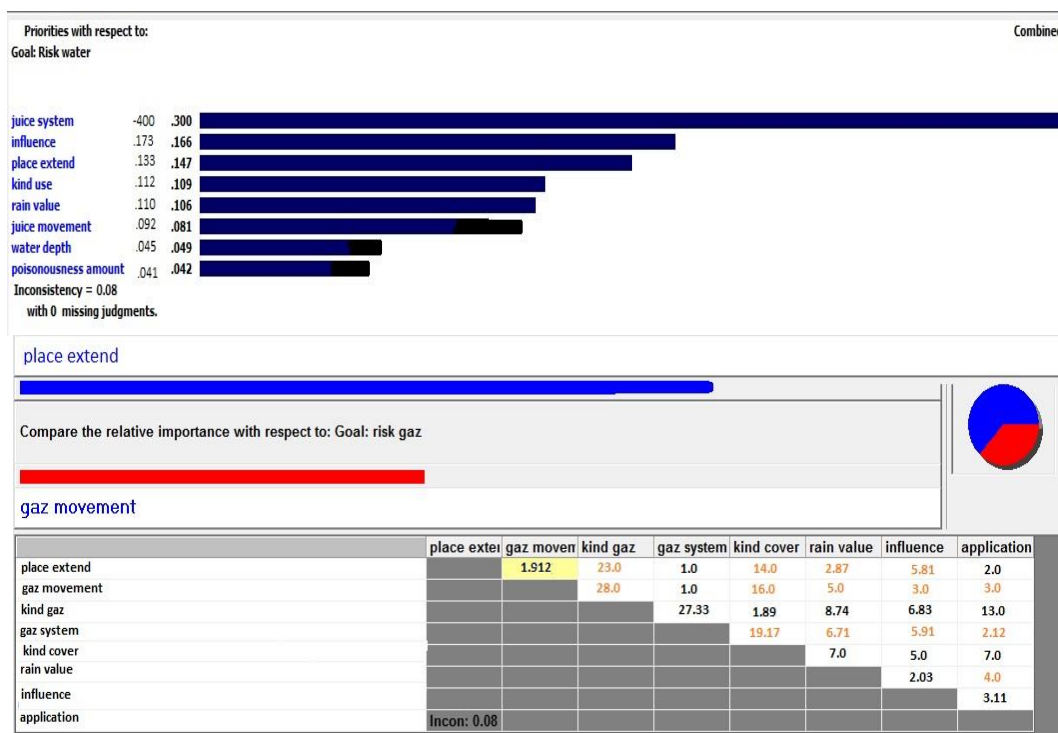
کاربری زمین‌های اطراف	نفوذپذیری مواد بستر	میزان بارش	نوع پوشش سطحی	سیستم جمع کننده گاز	نوع پسماند و گاز تولید شده از آن	میزان حرکت گاز در خاک	وسعت محل دفن	
۷	۷	۷	۵	۵	۷	۷	۱	وسعت محل دفن
۷	۵	۵	۵	۵	۷	۱		میزان حرکت گاز در خاک
۷	۷	۳	۵	۳	۱			نوع پسماند و گاز تولید شده
۹	۷	۵	۷	۱				سیستم جمع کننده گاز
۹	۳	۵	۱					نوع پوشش سطحی
۷	۷	۱						میزان بارش
۵	۱							نفوذپذیری مواد بستر
۱								کاربری زمین‌های اطراف

آنالیز حساسیت

وزن دهی معیارهای مورد نیاز در ارزیابی ریسک آب زیرزمینی در محل دفن:



شکل ۳- وزن دهی معیارها



شکل ۴- وزن دهی معیارها

پس از این مرحله پارامترهای مورد بررسی اولویت‌بندی و وزن دهی می‌شوند:



شکل ۵- اولویت‌بندی پارامترها

با استفاده از نرم‌افزار، نرخ ناسازگاری به دست آمده برای ریسک آب زیرزمینی، ۰,۰۸ و برای ریسک گاز ۰,۰۹ می‌باشد و این نتیجه به این معناست که ماتریس تصمیم سازگار است. در نهایت وزن‌های حاصله از روش AHP را در امتیازات مختص به هر پارامتر ضرب می‌کنیم که نتیجه آن در جداول زیر نشان داده شده است.

جدول ۱۱- ریسک آلودگی آب زیر زمینی

پارامتر	RASCL	Wi	RASCL × Wi
وسعت محل دفن	۰/۴	۰/۱۵۳	۰/۰۶۱
حرکت شیرابه	۱	۰/۰۹۲	۰/۰۹۲
میزان سمیت مواد	۰/۷	۰/۰۵۲	۰/۰۳
سیستم جمع کننده شیرابه	۱	۰/۴	۰/۴
سفره آب زیر زمینی + اثرات پوششی	۰/۷	۰/۲۱۷	۰/۱۵۱
میزان بارش	۰/۹	۰/۱۶۸	۰/۱۵۱
عمق سفره آب + فاصله تا مصرف کننده	۰/۹	۰/۰۶۱	۰/۰۵۴
نوع استفاده از آب زیرزمینی	۰/۷	۰/۲۰۱	۰/۱۴۰

جدول ۱۲- ریسک آلودگی تجمع گاز

پارامتر	RASCL	Wi	RASCL × Wi
وسعت محل دفن	۰/۴	۰/۰۲۴	۰/۰۰۹
حرکت گاز	۱	۰/۰۱۹	۰/۰۱۹
نوع پسماند و گاز تولید شده	۱	۰/۵۷	۰/۵۷
سیستم جمع کننده گاز	۱	۰/۰۱۶	۰/۰۱۶
نوع پوشش سطحی	۰/۱	۰/۴۱۲	۰/۰۴۱
میزان بارش	۰/۹	۰/۰۷۲	۰/۰۶۴
نفوذپذیری مواد بستر	۰/۴	۰/۰۶۹	۰/۰۲۷
کاربری زمین‌های اطراف	۰/۲	۰/۰۶۷	۰/۰۱۳

با توجه به نتایج حاصل از روش AHP معیار سیستم جمع کننده شیرابه دارای بیشترین تأثیر بر روی ریسک آلودگی آب‌های زیر زمینی می‌باشد. از آنجایی که عمق سفره آب زیرزمینی در این مکان بیش از ۲۲ متر بوده و فاصله آن تا مصرف کننده بیش از دو کیلومتر می‌باشد، ولی به دلیل وجود چشمه در نزدیکی محل دفن زباله ریسک آلودگی آب زیرزمینی در این منطقه بالا است. در زمینه ریسک تجمع گاز، معیار نوع پسماند و نوع گاز تولید شده دارای بیشترین وزن و در نتیجه بیشترین تأثیر بر روی ازدیاد ریسک تجمع گاز می‌باشد. در این مکان دفن، بیشترین حجم پسماند تولیدی از نوع زباله شهری و مواد فسادپذیر می‌باشد. میزان خطر فیزیکی گاز حاصل از این نوع پسماند بیشتر از خطر مسمومیت آن می‌باشد، چراکه با توجه به ماهیت گازهای منتشره از محل‌های دفن زباله، مهم‌ترین بخش آلاینده‌های هوای تولیدی به انتشار گازهای حاصل از تخمیر مواد آلی موجود در زباله و انتشار گازهای بدبو مانند NH_4 ، H_2S و CH_4 مربوط می‌شود.

۵- بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس مدارک به دست آمده توسط علم باستان‌شناسی، دفن زباله‌ها از حدود پنج هزار سال پیش مرسوم بوده است. در اغلب کشورهای جهان دفن زباله به علت ارزان بودن نسبت به دیگر روش‌های موجود مانند سوزاندن زباله و یا تبدیل آن به کود و غیره، ترجیح داده می‌شود؛ اما در گذشته مقررات خاصی در مورد مکان دفن زباله‌ها وضع نشده بود و لندفیل‌ها مکان‌هایی بدبو و بدون پوشش بودند که معضلات زیست‌محیطی فراوانی ایجاد می‌کردند، امروزه هم زباله‌ها از معضلات اکثر شهرهای کشور به شمار می‌روند و حجم آن‌ها همواره سیر صعودی داشته و هرساله مبالغ گزافی جهت جلوگیری از آلودگی محیط‌زیست و مسائل بهداشتی آن هزینه می‌شود.

روش‌های متنوعی برای ارزیابی ریسک محیط‌زیستی وجود دارد که هر یک دارای مزایا و معایبی وابسته به محیط مورد مطالعه هستند؛ بنابراین، نمی‌توان روشی را با اطمینان رد یا تأیید کرد. با به‌کارگیری روش‌های نوین در ارزیابی ریسک‌ها می‌توان تا حدود قابل‌ملاحظه‌ای از شدت بروز ریسک‌ها و به‌تبع آن از خسارت‌ها و زیان‌های وارده بر محیط‌زیست کاست و در راستای نیل به توسعه پایدار حرکت نمود.

روش RASCL و AHP روشی تحلیلی است که در تحقیقات پژوهشی کاربرد دارد و با گسترش و تنوع این روش، تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از تحقیقات در علوم مختلف با به‌کارگیری این روش روز به روز افزایش یافته و به لحاظ نظری لزوم تحقیق در زمینه‌های گوناگون این روش‌ها را بیش از پیش فراهم نموده است. هدف از تحلیل RASCL و AHP دستیابی و شناسایی، کنترل و کاهش پیامدهای خطرات زیست‌محیطی است. در تحقیق حاضر استاندارد مشخصی برای تعداد پارامترهای ریسک آلودگی کاربری‌های ناشی از محل پسماند وجود دارد.

پژوهش حاضر به تعیین میزان ریسک آلودگی آب‌های زیرزمینی و تجمع گاز و عواملی که دارای تأثیر بیشتری در آلودگی این دو عامل دارد پرداخته است؛ و با توجه به تحلیل RASCL و AHP معیار سیستم جمع‌کننده شیرابه دارای بیشترین تأثیر بر روی ریسک آلودگی آب‌های زیرزمینی است. در این روش ابتدا ریسک‌های مقدماتی ناشی از پروژه بر روی عوامل زیست‌محیطی منطقه بررسی شده و سپس ریسک‌های ناشی از پروژه به‌طور تفصیلی بر روی عوامل زیست‌محیطی با محوریت آب‌های زیرزمینی و تجمع گاز ناشی از محل دفن مورد بررسی قرار گرفت. در این روش بر اساس اصول ارزیابی که در استاندارد نیوزلند برای ارزیابی ریسک تعریف شده است، عمل گردید.

پژوهشی توسط یمانی و علی زاده در سال ۱۳۹۴ تحت عنوان مکان‌یابی بهینه دفن زباله‌های جامد شهری منطقه هشتگرد به روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام گرفت. در این پژوهش از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ و نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و داده‌های مربوط به آب‌های زیرزمینی منطقه مورد مطالعه استفاده شد و همچنین نرم‌افزار Arc GIS برای تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گرفت. در این

تحقیق بر اساس چهار معیار اصلی یعنی زمین‌شناسی، هیدرولوژی، توپولوژی و کاربری اراضی، پنج ناحیه برای مکان‌یابی به دست آمد که نتیجه پژوهش حاکی از آن است که نواحی کاملاً مناسب برای دفن زباله در قسمت شرقی و جنوبی منطقه در حوالی روستای محمدآباد افشار و نواحی کاملاً نامناسب برای دفن زباله ناحیه غربی منطقه به دلیل قرارگیری نواحی جمعیتی و کشاورزی و عمق کم آب زیر زمینی (۷ تا ۳۲ متر) در این قسمت از منطقه بود.

پژوهشی در سال ۱۳۹۰ توسط علی اکبری و جمال لیوانی تحت عنوان مکان‌یابی محل دفن بهداشتی زباله‌های جامد شهری با استفاده از روش AHP (مطالعه موردی: شهر بهشهر) صورت پذیرفت. در این بررسی با کمک ۱۰ عامل سنگ‌شناسی، ژئوهیدرولوژی، فاصله از شبکه زهکشی، فاصله از گسل‌ها، فاصله از مراکز شهری و روستایی، فاصله از شبکه راه‌ها، فاصله از آثار باستانی، بارش و شیب و با استفاده از روش AHP یا فرایند سلسله مراتبی در نرم‌افزارهای Expert Choice و Arc GIS9.2، محل مناسب برای دفن بهداشتی زباله‌های شهری در دو جایگاه مکان‌یابی و پیشنهاد شد. نتایج نشان داد که محل مناسب برای دفن بهداشتی زباله‌های شهری یکی اراضی شمال کلاک با مساحت ۲۰ هکتار و دیگری اراضی شمال رکاوند با ۳۶ هکتار مساحت بود.

پوراحمد و همکاران در سال ۱۳۸۶ در پژوهشی تحت عنوان استفاده از الگوریتم‌های فازی و GIS برای مکان - یابی تجهیزات شهری (مطالعه موردی: محل دفن زباله شهر بابلسر) با استفاده از داده‌هایی چون فاصله از محدوده قانونی شهر، فاصله از جاده، توانایی اراضی، فاصله از عوارض مصنوع (روستا، تأسیسات و تجهیزات شهری، معادن) فاصله از گسل‌های منطقه، فاصله از آب‌های سطحی منطقه، جهت باد، خاک‌شناسی، هیپستومتریک (طبقات ارتفاعی)، پوشش گیاهی، زمین‌شناسی و از طریق مدل‌های مختلف تلفیق اطلاعات و نقشه‌ها که بر اساس مدل منطق فازی (Fuzzy Logic) ترکیب شده‌اند، مکان‌های مناسب برای دفن بهداشتی مواد زائد مکان‌گزینی نمودند و در نقشه‌های مختلف ارائه شد. نتایج این تحقیق نشان داد که مکان‌گزینی محل دفن مواد زائد سابق شهر بابلسر از موقعیت مکانی خوبی سود نمی‌برد و با توجه به افزایش جمعیتی این شهر در ۲۵ سال اخیر و پر شدن فضاهای خالی و مساعد این مکان، لزوم مکان‌گزینی جایگاه دیگری احساس می‌شد و همچنین همراه با افزایش تولید زباله‌های خانگی، بیمارستانی و مواد شیمیایی خطرناک همراه آن، توجه به برنامه‌های بازیافت زباله، کمپوست و صنایع وابسته به آن لازم و ضروری است و لزوم تعیین ضوابط برای دفن بهداشتی زباله‌های بیمارستانی نیز احساس می‌شد.

مطالعه‌ای توسط شرعی و قنبری در سال ۱۳۸۸ با عنوان ارزیابی ریسک محیط زیستی و ایمنی در محل دفن پسماند شهر اندیشه، انجام گرفت که در طی آن ریسک بهداشتی، محیط زیستی و ایمنی محل دفن پسماندهای شهر اندیشه از طریق روش‌های موجود تعیین شد. به دلیل عدم وجود یک روش معین برای ارزیابی ریسک محل‌های دفن، از طریق ماتریس منوری، پارامترهای بهداشتی و محیط زیستی این محل کمی شده و پارامترهای دارای نمره منفی به‌عنوان عوامل ریسک‌زا معرفی شدند. همچنین پارامترهای ایمنی این محل توسط روش ارزیابی ریسک مدل-

3D دانشگاه ملبورن کمی شد. نتایج این بررسی نشان داد که عوامل ریسک زای بهداشتی و محیط زیستی در این محل شامل تخلیه پسماندهای بیمارستانی، انتشار بوی نامطبوع، عدم حصاربندی محل و عوامل ایمنی شامل حریق و آتش سوزی، انتقال انواع بیماری‌ها و خطرات ناشی از ماشین‌آلات در محل می‌باشد. در نهایت با استفاده از نتایج به دست آمده، نسبت به کاهش ریسک در محل دفن و طرح‌ریزی مدیریت ریسک، برنامه‌ریزی شد.

پژوهشی توسط اسدی در سال ۱۳۹۱ با عنوان ارزیابی محل‌های دفن پسماند شهری اهواز با استفاده از AHP و منطق فازی صورت پذیرفت. بدین منظور پس از شناسایی پارامترها، معیارها و ضوابط انتخاب مکان‌های مناسب برای دفن بهداشتی، به منظور شناسایی مکان مناسب استاندارد تعریف شده توسط آژانس حفاظت محیط‌زیست ایالات متحده آمریکا انتخاب گردید. سپس جهت تجزیه و تحلیل انواع پارامترها و فاکتورهای شناسایی شده و همچنین تشخیص میزان انطباق دو سایت برومی و صفیره با استاندارد گفته شده از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره از جمله AHP و منطق فازی استفاده شد. به این منظور، با استفاده از روش AHP ساختار سلسله مراتبی ارزیابی مکان‌های دفن شهرستان اهواز ترسیم و پس از آن ماتریس تصمیم‌گیری تشکیل گردید. جهت مقایسه دو به دو هریک از معیارها و گزینه‌ها نسبت به یکدیگر بر حسب استاندارد EPA، ماتریس‌های مقایسه زوجی به طور جداگانه تشکیل گردیدند و با وارد کردن اطلاعات به نرم‌افزار EXPERT CHOICE وزن معیارها با روش AHP محاسبه و میزان انطباق گزینه‌های مکانی صفیره و برومی از مجموع نتایج وزن نهایی هر معیار (Wi) در معیارهای نرمال‌سازی شده از طریق منطق فازی برآورد گردید. نتایج به دست آمده از محاسبه وزن معیارها حاکی از آن بود که معیار تالاب با وزن ۰/۳۵۲، دشت سیلابی با وزن ۰/۲۵ و فاصله از فرودگاه با وزن ۰/۱۷۹ از مهم‌ترین معیارهای اثر گذار در انتخاب مکان دفن است و همچنین از نظر استاندارد EPA سایت پیشنهادی برومی با میزان انطباق ۷۴/۸ برای در نظر گرفتن محل دفن زباله شهرستان اهواز از لحاظ زیست‌محیطی دارای آثار منفی کمتری است.

پژوهشی دیگر توسط سالاری و همکاران در سال ۱۳۹۱ با عنوان مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از مدل AHP_FUZZY در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر شیراز) انجام شد. این تحقیق با هدف مکان‌یابی زیست‌محیطی محل دفن پسماندهای شهر شیراز با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی، منطق فازی و بهره‌گیری از نرم‌افزار Expert Choice انجام گرفته است. به همین منظور، در مرحله اول، عوامل مؤثر در مکان‌یابی محل دفن مواد زائد شناسایی شدند. سپس با رقومی کردن و وزن دهی ۱۹ لایه بر اساس استانداردهای موجود در نهایت نسبت توافق (CR) محاسبه می‌شود، اگر نسبت توافق کمتر از ۰/۱ به دست آید مقایسات زوجی صحیح و وزن‌های محاسبه شده قابل استفاده می‌باشد. در این پژوهش با استفاده از داده‌هایی چون فاصله از محدوده قانونی شهر، فاصله از جاده، فرودگاه، کاربری اراضی، قابلیت اراضی، عوارض مصنوعی (روستا، تأسیسات و تجهیزات شهری، معادن، ...)، گسل، روند توسعه فیزیکی شهر شیراز، آب‌های سطحی، جهت باد، تراکم جمعیتی، خاکشناسی، هیپستومتریک

(طبقات ارتفاعی)، شیب، جهت شیب، پوشش گیاهی، تیپ اراضی، زمین‌شناسی، ... اطلاعات و نقشه‌ها از طریق مدل‌های مختلف بر اساس مدل منطقی (AHP-Fuzzy) لفتی شدند. در نهایت بعد از ژئورفرنس نمودن این داده‌ها و مدل‌ها با تصاویر ماهواره‌ای در نهایت منطقه‌ای در شعاع ۱۹ کیلومتری شهر شیراز با ۲۷۲ هکتار مساحت در محدوده شمال که دارای توان پذیرش پسماند به وزن بیش از هزار تن در هر روز به مدت ۱۵ سال را دارا می‌باشد، مکان گزینی گردید.

درمجموع می‌توان گفت که عمق سفره آب زیرزمینی در این مکان بیش از ۲۲ متر بوده و فاصله آن تا مصرف کننده بیش از دو کیلومتر می‌باشد، ولی به دلیل وجود چشمه در نزدیکی محل دفن زباله، ریسک آلودگی آب زیرزمینی در این منطقه بالا است.

کتابنامه

امین شرعی، فراهم، قنبری، فاطمه؛ ۱۳۸۸. ارزیابی ریسک محیط زیستی و ایمنی در محل دفن پسماند شهر اندیشه. دومین کنفرانس بین‌المللی جایگاه ایمنی. بهداشت و محیط‌زیست در سازمان‌ها. اصفهان.
<https://civilica.com/doc/88378>

پاداش، امین؛ نبوی، سیدمحمدباقر؛ دهزاد، بهروز؛ جوزی، سیدعلی؛ مرادی، نبی اله؛ ۱۳۸۹. برنامه‌ریزی راهبردی توسعه حفاظت محیط‌زیست در مناطق حفاظت شده دریایی (مطالعه موردی منطقه حفاظت شده مند-استان بوشهر). بهار و تابستان. دوره ۱. شماره ۱. از صفحه ۵۳ تا صفحه ۶۶.

پوراحمد، احمد؛ حبیبی، کیومرث؛ محمدزهرایی، سجاد؛ نظری عدلی، سعید؛ ۱۳۸۶. استفاده از الگوریتم‌های فازی و GIS برای مکان‌یابی تجهیزات شهری (مطالعه موردی: محل دفن زباله شهر بابلسر. محیط‌شناسی. دوره ۳۳. شماره ۴۲. از صفحه ۳۱ تا صفحه ۴۲.

چیت‌سازان، منوچهر؛ دهقانی، فاطمه؛ راست منش، فاطمه؛ میرزایی، یحیی؛ ۱۳۹۲. مکان‌یابی دفع پسماندهای جامد شهری با استفاده از فن‌آوری‌های اطلاعات مکانی و منطق فازی - تحلیل سلسله مراتبی Fuzzy-AHP (مطالعه موردی: رامهرمز). مجله کاربرد سنجش‌ازدور و GIS در علوم منابع طبیعی. سال چهارم. شماره ۱. صفحه ۳۹ تا ۵۵.

حیدریان دانا، ناهید و پرورش، عبدالرحیم و خیادانی، مهدی؛ ۱۳۸۶. ارزیابی آلودگی شیمیایی آب‌های زیر زمینی و آب‌های سطحی مناطق پایین‌دست محل قدیمی دفن زباله شهرستان ساری (سمسکنده). دهمین همایش ملی بهداشت محیط. همدان،،،
<https://civilica.com/doc/74875>

سالاری، مرجان؛ معاضد، هادی؛ رادمنش، فریدون؛ ۱۳۹۱. مکان‌یابی محل دفن پسماند شهری با استفاده از مدل AHP_FUZZY در محیط GIS (مطالعه موردی: شهر شیراز). بهار. دوره ۱۱. شماره ۱. از صفحه ۹۶ تا صفحه ۱۰۹.

علی اکبری، اسماعیل؛ جمال لیوانی، آتنا؛ ۱۳۹۰. مکان یابی محل دفن بهداشتی زباله های جامد شهری با استفاده از روش AHP (مطالعه موردی: شهر بهشهر). نشریه جغرافیا. دوره ۹. شماره ۳۰. از صفحه ۹۵ تا صفحه ۱۱۱

قدسی پور، سید حسن. ۱۳۸۱. مباحثی در تصمیم گیری چند معیاره. انتشارات دانشگاه امیرکبیر. چاپ سوم.

قلندریان، ایمان؛ تقوایی، علی اکبر؛ کامیار، مریم؛ ۱۳۹۵. مطالعه تطبیقی رابطه انسان و محیط زیست در تفکر توسعه پایدار و تفکر اسلامی. نشریه پژوهش های معماری اسلامی. بهار. دوره ۴. شماره ۱. از صفحه ۶۲ تا صفحه ۷۸.

مشایخی، حبیب الله؛ ۱۳۸۰. نگاهی همه سویه به تنکابن. تهران. انجمن آثار و مفاخر فرهنگی.

منوری، م؛ ۱۳۸۵. درسنامه مکان یابی و طراحی محل دفن زباله. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات. دانشکده محیط زیست و انرژی. پایان نامه کارشناسی ارشد.

مهرگان، محمدرضا؛ ۱۳۸۳. پژوهش عملیاتی پیشرفته. انتشارات کتاب دانشگاهی. چاپ اول.

یمانی، مجتبی؛ علی زاده، شهناز؛ ۱۳۹۴. مکان یابی بهینه دفن زباله های جامد شهری منطقه هشتگرد به روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). <https://civilica.com/doc/514685>.

- Barlaz, M.A., Rooker, A.P., Kjeldsen, P., M.A, GaberBorder, R.C., 2002. A critical evaluation of factors required to terminate the post-closure monitoring period at solid waste landfills. Environment science & technology, Vol.36, PP:3457-64.
- Lendi, S., Bishop, I., Evans, D., 2002. Assessing the demand of solid disposal in urban region by urban modeling in GIS environment. Journal of Resource Conservation and Recycling.
- Qodsipour, S.H., 1999. Analytical Hierarchy Process (AHP), Amirkabir University of Technology Publication. Tehran. 220p. (In Persian).
- Ramanathan, G., Arulkumaran, S., 2006. Postpartum hemorrhage. Journal of Obstetrics and Gynaecology Canada: JOGC, 28, 967-973.
- Saaty, T.L. 1980. The Analytic Hierarchy Process, Education, pp. 1-11.
- Saaty, T.L., Vargas, L. G., 2001. Models, Methods, Concepts, and Applications of the Analytic Hierarchy Process; 1st edn, Kluwer Academic, Boston, 333p.
- Sener, S., Sener E., Nas, B., aguzel, R., 2010. Combining AHP with GIS for landfill site selection: A case study in the Lake Beysehir catchment area (Konya, Turkey). Waste Management 30: 2037-2046.
- Shalabi, M.A., Shattri Bin, M., Nordin Bin, A., Rashid Shiriff, A., 2006. GIS based Multicriteria Approaches to Housing Sites suitability assessment. XXIII FIG Congress—Munich, Germany, P12. October 8- 13, p:12.
- Wagner, E.D., 2002. Public Key infrastructure (PKI) and virtual network (VPN) compared using utility function and the analytic hierarchy process (AHP). M. Sc Thesis, Virginia Polytechnic Institute and state University 50pp.

Analysis of flood potential of Ghare-Su basin in Kermanshah province

Gholamreza Mohamadi ^a, Reza Borna ^{b*}, Frideh Asadian ^c

^a Department of Geography, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

^b Department of Geography, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

^c Department of Geography, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: 24 March 2020

Revise: 27 December 2020

Accepted: 04 January 2021

Abstract

Floods are one of the biggest global problems, so with the increasing intensity and frequency of floods, global concerns about increased mortality and economic losses due to floods have increased. In this research, using geographic information system (GIS), satellite images, synoptic station data, hierarchical analysis (AHP), and layer integration (WLC) method, flooding potential of Qarah-su catchment modeling Has been. The final flood risk map was prepared based on a combination of climatic and physical factors and elements, i.e., ten factors of vegetation, altitude, flood channel, geology, land use, rainfall, distance from the river, slope, soil, and drainage density. The weight of each criterion was used by the Analytic Hierarchy Process (AHP), and the weighted linear composition (WLC) method was used for spatial modeling and layer integration to prepare the flood potential map. The results of flood risk zoning showed that the 4th class as a high-risk category with 21.7% and the 5th class with a very high flood potential with 8.4%, more in the northern mountainous areas. And are located in the center of the region. In total, about 31% of the catchment area is covered by high to very high-risk flood areas, and because they have the most considerable role in runoff production, they should be given special attention in terms of watershed management. Classes one to three with low to medium flooding potential are located in low-lying areas, slopes, and plains of the center, south, and west of the basin and cover more than 69% of the area.

Keywords: Flood, Geographic Information System, Analytical Hierarchy Process, Qarah-su

*. Corresponding author: Reza Borna

E-mail: bornareza@iauahvaz.ac.ir

Tel: + 989127930669

Extraction and evaluation of land use changes by using of the accuracy of SVM algorithm with polynomial kernel and maximum likelihood method in Ojan Chay basin

MohammadHossein Rezaei Moghadam ^{a*}, Davood Mokhtarei ^a, Nasrin Samandar ^b

^a *Department of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran*

^b *Ph.D candidate of Geomorphology, University of Tabriz, Tabriz, Iran*

Received: 2 November 2020

Revise: 30 December 2020

Accepted: 7 January 2021

Abstract

Land is one of the inputs of the production sector. It plays an important role not only in the agricultural economy and natural resources but also in the economy of the whole country and it is necessary to pay attention to the land and the changes that have taken place in it. The present study was conducted to investigate the trend of land use change in Ojan Chay catchment using remote sensing and GIS. Multi-timer images of 1987 TM, ETM + 2002, and ETM + 2015 were used in this study, and land use maps were prepared based on digital processing of maximum probability and backup vector machine. The type of land use changes in the region was obtained. According to the results, the SVM method is more efficient for estimating land use changes in the study area so that the extracted results have a higher percentage of accuracy and kappa coefficient. From the results of evaluations, it can be deduced that the trend of land use change in some land uses such as agricultural lands and pastures is high. Agricultural lands have fluctuated from 33% to 37% over a period of 28 years and rangelands have decreased from 51% to 49%, with these two uses having the most changes. Finally, due to the fact that most of the changes in rangeland change have been related to agricultural lands and vice versa, therefore, the need to focus land management and improvement activities on this type of land use increases.

Keywords: Land use, changes Detection, remote sensing, GIS, Ojan chay

*.Corresponding author: MohammadHossein Rezaei Moghadam.

E-mail: Rezmogh@tabrizu.ac.ir

Tel: +989144142190

Zoning and morphological analysis of floods of Dinevar river (Kermanshah province) with using HEC-RAS hydrodynamic model

Roya Panahi ^{a*}, Mohammad Mahdi Hosseinzadeh ^b

^a *Department of Physical Geography, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.*

^b *Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.*

Received: 11 November 2020

Revise: 3 January 2021

Accepted: 10 January 2021

Abstract

Floods are the most common natural hazards, the recurrence of which is increasing and the associated risks in urban and rural areas are of global importance, although their importance is not well understood for developing countries. The aim of this study was to zoning the flood risk of Dinevar River in Kermanshah province. Therefore, the HEC_RAS numerical model was used to simulate the flood and was used through the HEC-GEORAS. Using SMADA software, the peak flow rate was calculated and the flood zone with different return periods of 2 years, 10 years, 25, 50, 100 and 200 years is simulated area and with the help of digital depth model Water and land use layer, the amount of damage was calculated using the equation of depth function and damage in the return period of 25 years, 50 and 100 years. The results of this study show that the area of flood expansion zone in the return period of 25 years is 40.34 square kilometers, in the return period of 50 years is 43.51 and in the return period of 100 years, 44.28 square kilometers is endangered in terms of damage. 25 years is considered a baseline flood that shows significant damage, covering all farms, but floods affect parts of farms at lower returns. But it is controllable, while 25-, 50-, and 100-year-old floods have completely endangered many rural centers and farms. 50 years has been an average of 85% more, which requires flood control for sustainable management.

Keywords: Flood zonation, Dinevar river, HEC-RAS Numerical model

*. Corresponding author: Roya Panahi.

E-mail: R_panahi@sbu.ac.ir

Tel: + 989187373702

Analysis the Relationship between Landscape Metrics and Soil Erosion of KoozehTopraghi Watershed, Ardabil Province

Ardavan Ghorbani ^{a*}, Zeinab Hazbavi ^b, Raoof Mostafazadeh ^c, Nazila Alaei^d

^a Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

^b Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

^c Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

^d M.Sc. Student, Watershed Management Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Received: 4 October 2020

Revise: 15 February 2021

Accepted: 19 February 2021

Abstract

The process of soil erosion as the central focus of soil and water conservation studies in sustainable ecosystems is influenced by various natural and human disturbances. Besides, the overall structure and composition of an ecosystem are affected by changes in its landscape. Therefore, the present study was planned to investigate the relationship between landscape metrics and soil erosion patterns in the KoozehTopraghi Watershed located in Ardabil Province. In this regard, the 14 landscape metrics including Patch Density (PD), Largest Patch Index (LPI), Total Edge (TE), Edge Density (ED), Landscape Shape Index (LSI), Mean Patch Area (AREA-MN), Mean Euclidean Nearest Neighbor Distance (END-MN), Landscape Division Index (DIVISION), Mean Patch Shape Index (SHAPE-MN), Splitting Index (SPLIT), Patch Cohesion Index (COHESION), Effective Mesh Size (MESH), Aggregation Index (AI) and Percentage of Landscape (PLAND) were calculated using Fragstats 4.2.1 Software. Then, the severity of soil erosion in the study area was estimated using the Erosion Potential Method (EPM), which its performance has been confirmed by previous studies around the study area. Then, the results of landscape metrics and soil erosion calculation were interred to IBM SPSS Statistics software platform, and the established regression models were determined. The results indicate an inverse relationship between DIVISION, ED, and LPI landscape metrics with the specific soil erosion and a direct relationship between SHAPE-MN and AREA-MN with specific soil erosion of the KoozehTopraghi Watershed. The results of the present study confirm the different behavioral patterns of land features as a result of land degradation processes. These results can be used in effective and sound planning of land use management at watershed and landscape scales.

Keywords: Change Pattern, Landscape Dynamic, Resource Management, Soil Loss

*. Corresponding author: Ardavan Ghorbani. E-mail: a_ghorbani@uma.ac.ir Tel: + 98 9126652624

Role of geomorphic processes in the morphology of semi-arid nebkhas

Abolfazl Rabbani ^a, Neda Mohseni ^{a*}, Sayed Reza Hosseinzadeh ^a

^aDepartment of Geography, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

Received: 20 September 2020

Revise: 27 November 2020

Accepted: 25 January 2021

Abstract

Nebkha is a sand dune formed in many arid and semi-arid regions by the accumulation of sediments around vegetation. The appearance and development of the sand dunes can be a sign of the expansion of desertification. The interaction between wind performance and the geomorphic characteristics of sand dune leads to heterogeneity in the distribution of sediment particles within sand dune. The aim of this study was to investigate the effects of hydrological and aeolian processes on the morphology of nebkha. Overall, 9 sand dunes were randomly selected. For each nebkha, sediment sampling was carried out from the different positions, including upwind and leeward slopes, dune top, edge, and the interdune spaces. Data on the parameters of particle size distribution, hydraulic conductivity and moisture were extracted. The measured particles were classified to 5 groups, including clay ($> 2 \mu\text{m}$), fine silt ($2\text{--}5 \mu\text{m}$), medium silt ($5\text{--}20 \mu\text{m}$), coarse silt ($20\text{--}64 \mu\text{m}$), and sand ($65 \leq 2000 \mu\text{m}$). The accumulation of aggregates with different sizes along the interdune-dune continuum could exhibit the contribution of hydro-aeolian processes in sediment transport and deposition. The findings showed that average aggregate size reduced from the interdune areas to the dunes, and the finest aggregates were observed on the dune edge, illustrating the functioning of hydrological processes on the evolution of the nebkha structure. By contrast, predominant sediments within the nebkha structure mostly were coarse-grained (sand) fractions, illustrating the functioning of aeolian processes. Based on the findings, the processes involved in the evolution of dune include the saltation and creep of sand-sized sediments, transportation of sediments through runoff in the interdune space, as well as sediment-laden runoff that flows from the top of coppice dune into the edge positions.

Keywords: Runoff -Aeolian process -Interdune Nebkha

*. Corresponding author: Neda Mohseni.

E-mail: nedamohseni@um.ac.ir

Tel: +989112916943

Investigation of the life cycle of the major sudden stratospheric warming in the Northern Hemisphere

Mohammad Moradi ^{a*}

^a *Atmospheric Science and Meteorological Research (AS MERC), Tehran, Iran.*

Received: 5 December 2020

Revise: 31 December 2020

Accepted: 7 January 2021

Abstract

In this study we have used the daily mean data from the Modern Era Retrospective Analysis for Research and Applications version 2 (MERRA2) assimilated data. From the MERRA2 data, zonal wind and temperature were obtained at 10hPa from 01 January 1979 to 04 June 2020. The temperature averaged around the polar cap for latitudes north of 60°N. This is a good measure of the overall temperature in the polar vortex. Investigation of the polar temperature and zonal-mean zonal wind at 10hPa, is detected 19 and 13 major and minor SSWs events, respectively. According to the shows a rapid increase from 201.6K on 12 January to 253.4K on 23 January 2009 ($\Delta T=51.8K$). This is the largest increase in the polar temperature per 11-day in the entire MERRA-2 data set starting from January 1979 to June 2020.

In this study life cycle of major SSWs is defined by dividing it into five periods. Onset (the first day of maximum zonal-mean zonal wind is reduced), growth (from onset day to zero day), maturation (from zero day to minimum zonal-mean zonal wind), decline (from minimum value to decay day) and decay (the first day of the easterly wind reversal to westerly) of typical SSWs. The result shows the shortest and longest growth periods, with 6 and 37 days, respectively, were recorded in the cases of January 6, 2013 and January 23, 1987. The longest maturation period, with 17 days of continuity, is dedicated to the warming of January 23, 1987. The longest decline period in this statistical period is 26 days, which is related to the warming of January 24, 2009. The shortest and longest life cycle in this statistical period are dedicated to cases on February 1, 2017 and January 23, 1987, respectively.

Keywords: Major sudden stratospheric warmings, Life cycle, Zero-day

*. E-mail: moradim36@gmail.com

Tel: + 989124237954

Long term trend detection of annual precipitation over Iran in relation with changes in frequency of daily extremes precipitation

Hossein asakereh ^{a*}, Seyed Abolfazl Masoodian ^b, Fatemeh Tarkarani ^c

^aDepartment of Geography, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

^bDepartment of Geography, University of Isfahan, Isfahan, Iran.

^c Ph.D candidate in Climatology, Department of Geography, University of Zanjan, Zanjan, Iran

Received: 23 October 2020

Revise: 15 December 2020

Accepted: 2 January 2021

Abstract

In current study, we underlined the trends of annual precipitation over Iran in relation with changes in high and low extremes and normal values of precipitation from spatial analysis point of view. To this end, the third version of Asfazzari national database with 10 × 10 km spatial resolution and daily temporal resolution for 46 years (1970/3/21 to 2016/3/19) is adopted. Trend analysis depicted that in the major parts of the country (approximately 80.9%) the annual precipitation has experienced decreasing trends which tend to reducing about 1.5 billions cubic meters of input water in the hydrologic system of the country. Our finding showed that the decreasing trends of precipitation prompted by large scale and global systems. However, the local factors (longitude, latitude, elevation, slop) are culprits for changing the effects of abovementioned factors. These factors cause the decreasing trends to be statistically significant solely in a part of 33.53% of Iran territory (northeast, parts of eastern of Iran, parts of inner slopes of Zagros mountain chain, an area from Kerman to Isfahan, Charmahal-o-Bakhtiari, Kohgiluyeh-oBoyerAhmad, from west of Shiraz, and north of Bushehr to Sanandaj in the west of Iran). Furthermore, the results of our study illustrated that the decreasing trends are due to decreasing in high values of precipitation, particularly decreasing in the 75th percentiles and above of precipitation values. The areas which include increasing trends covered spatially spread areas of about 2.93% of the country. This area has not been able to compensate for the lack of precipitation due to decreasing trends in the area associated with statistically significant decrease in precipitation.

Keywords: Trend detection, Iran Annual precipitation, Precipitation trends, Extreme precipitation

*. Corresponding author: Hossein asakereh.

E-mail: asakereh@znu.ac.ir

Tel: +989122416658

Assessing the spatial heterogeneity in ecological quality using remote sensing (Case Study: Gharesoo Watershed)

Saeedeh Ranjbar^{a*}, Hamidreza Kamyab^b

^a Master of land evaluation and land use planning Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Iran

^b Assistant Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Iran

Received: 25 October 2020

Revise: 10 January 2021

Accepted: 09 February 2021

Abstract

The environment is currently experiencing different changes that are caused by both nature-induced and anthropogenic processes. Land use changes in Gharesoo Watershed noted that there is a necessary need to study ecological quality in this region. In this paper, a remote sensing-based ecological index (RSEI) based on the pressure-state-response (PSR) framework, using the average data of summer images of Landsat satellite in 1989 and 2018 (ETM +/OLI/TIRS sensors), was used to evaluate the changes in ecological quality in Gharesoo watershed of Golestan province. Google Earth Engine (GEE) is used for acquiring and preparing indices, including an indicator of environmental pressure (NDBI), an indicator of environmental state (NDVI) and indicators of local climate changes in response to environmental changes and concerns (LST and LSM). After preparing the indices, the weight of each index was extracted using the principal component analysis (PCA), and then the ecological quality index was created based on the first component of PCA. Analysis of the first component changes using the thresholding method showed a decrease in ecological quality. So that the average RSEI index in 1989 was 0.57 and in 2018 this value reached 0.48, which indicates a decrease in RSEI. Also, the area of very good class in 1989 and 2018 is 32821.83 (16.267%) and 36879.66 (18.27%) hectares, respectively. Spatial variation analysis showed that the poor level of RSEI distributed mostly in the northern areas, and the ecological degradation was attributed to the fast expansion of the built-up area, characterized by increasing greatly in the value of the normalized differential built up index (NDBI) in such areas.

Keywords: Ecological quality, RSE Index, Google Earth Engine, Gharesoo Watershed

*. Corresponding author: Saeedeh Ranjbar. E-mail: s_ranjbar1387@yahoo.com Tel: + 989153867516

Synoptic analysis of heavy rainfall on March 19, 2017 in Minoodasht city

Mahdi Foroutan ^a, Bromand Salahi^{b*}

^a Department of Geography, Master Graduated in Synoptic Climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

^b Department of Geography, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

Received: 15 December 2020

Revise: 9 February 2021

Accepted: 15 February 2021

Abstract

Heavy rain resulting from atmospheric patterns, depending on the extent of activity and the time period of its occurrence, has adverse events and consequences such as floods. The present study was conducted in order to synoptic analysis of 171.5 mm heavy rainfall (March 19, 2017) leading to flood in Minoodasht city. The view of this study is a circular to environmental and first, the amount of rainfall at Minoodasht station was determined and by receiving upper atmosphere data from the website of the National Center for Environmental Prediction (NCEP / NCAR) and analyzing them, the causes of heavy rainfall was revealed. In order to study the synoptic conditions, using the Gardes software, sea level pressure maps were drawn, and in the upper atmosphere, geopotential height, wind vector, vorticity, omega, thickness, eddy and humidity (500 hPa level) were studied. The results of map analysis showed that during heavy rains, high pressure systems were formed in Mongolia and southern China and were caused a pressure gradient & strong front with prevailing low pressure system in Minoodasht. In the upper atmosphere, the presence of cut-off low-pressure blocking has been placed as a barrier to the west winds and has caused the flow of west winds to the study area. In addition, the high thickness of the atmosphere in the study area and the dominance of the amount of negative eddy, led to air instability and the presence of positive vorticity cores and negative omega, indicates an unstable atmosphere on the days in the study area. Also, the inflow of moisture from moisture sources such as the Caspian Sea, the Aral Sea, the Black Sea and the Mediterranean Sea has provided special conditions for severe rainfall.

Keywords: Synoptic analysis, Heavy rainfall, Minoodasht city

*. Corresponding author: Bromand Salahi. E-mail: bromand416@yahoo.com Tel: +989144515922

Future study of urban settlements resilience against environmental hazards with emphasis on corona pandemic (Case study: Tabriz metropolis)

Hamideh Gholami ^a, Ali panahi ^{b*}, Hasan Ahmadzadeh ^b

^a *Department of Geography and Urban Planning, PHD student in Geography and urban planning, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.*

^b *Department of Geography and Urban Planning, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.*

Received: 5 December 2020

Revise: 6 January 2021

Accepted: 9 January 2021

Abstract

Resilience is an integrated approach to enhance existing capacities and reduce the vulnerability of human societies to a variety of environmental crises and hazards. In this regard, one of the most important crises and hazards that have overshadowed all over the world in recent years is the spread of the corona virus. Considering the negative effects and harms of coronavirus outbreak in different dimensions of human societies, the aim of the present study is the future study of Tabriz resilience against coronavirus pandemic. The research method in this study is a combination of quantitative-qualitative approaches with the nature of futures study, which in order to collect information is used from the Delphi technique of elites and city managers (30 experts in the field of crisis and risk management) and to analyze information is used from the technique of cross-impact analysis in software MICMAC. Findings indicate that the most influential among the studied drivers on other drivers in terms of urban resilience against the corona pandemic are related to economic drivers such as finding a new job if the current job is lost, the vulnerability of sources of income and the existence of institutions, finance supports the most vulnerable and most influential groups related to social impulses such as collective participation in dealing with the crisis and responding appropriately and behaving in critical situations. The results also show that due to the current situation and the lack of key and strategic drivers for effective system resilience, weak in economic and social structures, the city's management system and Iran's precarious position in the international arena, the future of Tabriz resilience based on environmental hazards (corona pandemic) will be unstable.

Keywords: resilience, environmental hazards, Covid 19, Tabriz metropolis.

*. Corresponding author: Ali panahi.

E-mail: Panahin@yahoo.com

Tel: +989141205953

Assessment of urban resilience against earthquake risk (Case study: Tabriz Metropolis)

Forough Namjo ^a, Rasoul samadzadeh ^{b*}, Mohamadtaqi masoumi ^c

^a *Department of Geography and urban planning, PHD student in Geography and Urban Planning, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran.*

^b *Department of Geography, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran.*

^c *Department of Geography, Ardabil Branch, Islamic Azad University, Ardabil, Iran.*

Received: 13 October 2020

Revise: 7 January 2021

Accepted: 10 January 2021

Abstract

With the continuous development of urbanization, and the increase of uncertainty and risk, resilience has become an important criterion for urban safety. Urban systems, as dynamic and open space systems, present certain complex manifestations. Therefore, understanding urban resilience from the perspective of complex systems theory is important to achieve a full understanding of the composition and mechanism of operation of urban systems and then improve the scientific nature of urban system cognition and research. Urban areas have the largest population of the country and in addition to the nodes of consumption of resources and centers of innovation, theoretically and practically become the main area of resilience testing against natural hazards, especially earthquakes. The aim of this study was to measure the resilience of Tabriz as the largest population center in northwestern Iran and at the same time one of the most seismic cities in the country against earthquake risk. This research is descriptive-analytical in terms of method and practical in terms of purpose. Based on this, Tabriz urban resilience has been evaluated based on 14 criteria in the form of 4 main components (social, economic, institutional, physical resilience) by Delphi method and by 50 experts. For data analysis, one-sample t-test, Friedman, Kendall and path analysis in the form of SPSS software were used. Findings showed that the resilience status of Tabriz city against the occurrence of a possible earthquake of social dimension, 2.19; in the economic dimension, 2.37; in the institutional dimension, 1.94; and in the physical dimension it is 2.57. In general, the resilience of Tabriz city against earthquakes, with an average of 2.33 is undesirable. Among the four components, the physical component with the sum of direct and indirect effects explains the alpha of 0.560 and is the most effective component in the resilience of Tabriz. The four dimensions of resilience, in total, could explain 0.345 of resilience in Tabriz.

Keywords: Urban Resilience, Earthquake Risk, Social Resilience, Economic Resilience, Institutional Resilience, Physical Resilience.

*. Corresponding author: Rasoul samadzadeh. E-mail: samadzadehr@gmail.com Tel: +989143537735

Identification of the pollutant hazards in landfill sites based on the RASCL model(Case study: Tonekabon city)

Elmira abdolahi ^a, Mehdi mohammadalikhani ^{b*}

^a Islamic Azad University of Tonkabon, Tonkabon, Iran

^b Ph.D in Aquaculture, Young Researchers and Elite Club, Islamic Azad University, Science and Research Tehran, Tehran, Iran

Received: 21 March 2020

Revise: 15 September 2020

Accepted: 28 December 2020

Abstract

In the decades, with the advent of technology and integrated management municipal solid waste, the methods such as recycling, biological treatment, heat treatment and sanitation have been used. The sanitary landfill method is considered as one of the strategies in the integrated waste management hierarchy and is more common and less costly than other disposal methods. The purpose of this research to identify the environmental problems and environmental risks the place of landfill residue of Tonekabon city is the RASCAL method. This approach is used to assess the risk of landfills that are not so large and it has been used to determine the risk of groundwater contamination and gas accumulation and factors that have a greater impact on the pollution of the two factors. According to RASCAL and AHP, the leachate collection system criterion, has the greatest impact on the risk of groundwater contamination. In the context of the risk of gas accumulation, the criterion of the type of waste and the type of gas produced has the highest weight and therefore has the greatest impact on the increased risk of gas accumulation. The calculated risk for groundwater pollution is modest and the risk of accumulation of gas at the landfill site is low. Since the depth of the groundwater table in this place is more than 22 meters, and its distance from the consumer is more than two kilometers, but because of the source near the landfill, the risk of groundwater pollution in this area is high.

Keywords: Tonekabon, AHP, RASCAL, Environment, waste landfill place

*. Corresponding author: Mehdi mohammadalikhani. E-mail: m.mohammadalikhani1982@gmail.com Tel: +98911333325

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

(Research Journal)
VOLUME 9, NO 36, Winter 2021



CONTENTS

- **Analysis of flood potential of Ghare-Su basin in Kermanshah province** 1
Gholamreza Mohamadi, Reza Borna, Frideh Asadian
- **Extraction and evaluation of land use changes by using of the accuracy of SVM algorithm with polynomial kernel and maximum likelihood method in Ojan Chay basin** 2
MohammadHossein RezaeiMoghadam, Davood Mokhtarei, Nasrin Samandar
- **Zoning and morphological analysis of floods of Dinevar river (Kermanshah province) with using HEC-RAS hydrodynamic model** 3
Roya Panahi, Mohammad Mahdi Hosseinzadeh
- **Analysis the Relationship between Landscape Metrics and Soil Erosion of KoozehTopraghi Watershed, Ardabil Province** 4
Ardavan Ghorbani, Zeinab Hazbavi, Raoof Mostafazadeh, Nazila Alaei
- **Role of geomorphic processes in the morphology of semi-arid nebkhas** 5
Abolfazl Rabbani, Neda Mohseni, Sayed Reza Hosseinzadeh
- **Investigation of the life cycle of the major sudden stratospheric warming in the Northern Hemisphere** 6
Mohammad Moradi
- **Long term trend detection of annual precipitation over Iran in relation with changes in frequency of daily extremes precipitation** 7
Hossein asakereh, Seyed Abolfazl Masoodian, Fatemeh Tarkarani
- **Assessing the spatial heterogeneity in ecological quality using remote sensing (Case Study: Gharesoo Watershed)** 8
Saeedeh Ranjbar, Hamidreza Kamyab
- **Synoptic analysis of heavy rainfall on March 19, 2017 in Minoodasht city** 9
Mahdi Foroutan, Bromand Salahi
- **Future study of urban settlements resilience against environmental hazards with emphasis on corona pandemic (Case study: Tabriz metropolis)** 10
Hamideh Gholami, Ali panahi , Hasan Ahmadzadeh
- **Assessment of urban resilience against earthquake risk (Case study: Tabriz Metropolis)** 11
Forough Namjo, Rasoul samadzadeh, Mohamadtaqi masoumi
- **Identification of the pollutant hazards in landfill sites based on the RASCL model(Case study: Tonekabon city)** 12
Elmira abdolahi, Mehdi mohammadalikhani

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

Editor – in – Chief:

Professor M. R. Rahnama

*Department of Geography
Ferdowsi University of Mashhad
Mashhad, Iran.*

Executive Coordinator :

Sayyed Mohammad Ali Moosavi

English Language Editor:

Dr.Neda Mohseni

Director:

Dr. S. R. Hosseinzadeh

*Department of Geography
Ferdowsi University of Mashhad
Mashhad, Iran.*

Managing Editor:

Dr.Neda Mohseni

Editorial Board:**Professor V. R. Baker**

*Department of Hydrology and Water Resources,
University of Arizona, Tucson, USA.*

Dr.B Feizizadeh

*Department of Geography, Letters and Humanities
University of Tabriz*

Professor Z. B. Hejazizadeh

*Department of Geoghraphy,
University of Alkharazmi, Tehran, Iran.*

Dr. S. R. Hoseinzadeh

*Department of Geography,
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.*

Proffesor M. Ghahroudi Tali

*Department of Geography,
University of Alkharazmi, Tehran, Iran.*

Professor J. Javan

*Department of Geography,
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.*

Professor A. Masudian

*Department of Physical Geography,
University of Isfahan, Isfahan, Iran.*

Dr. M. Minaei

*Department of Geography,
Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.*

Dr. H. Negaresh

*Department of Physical Geography,
University of Sistan, Zahedan, Iran.*

Professor A. Nohegar

*Department of Planning,
management, and education of
environment, University of Tehran,
Tehran, Iran.*

Professor B. Sari Sarraf

*Department of Physical
Geography University of Tabriz,
Tabriz, Iran.*

Professor H. Shayan

*Department of Geography
Ferdowsi University of Mashhad,
Mashhad, Iran.*

Dr. Sh. Shataee Joybari

*Department of forest sciences
University of Gorgan, Gorgan,
Iran.*

Professor S. Velayati

*Department of Geography
Ferdowsi University of Mashhad,
Mashhad, Iran.*

Professor M. Yamani

*Department of Physical Geography,
University of Tehran, Tehran, Iran.*

Geography and Environmental Hazards (ISSN:2322-1682) is published four times a year in June, September, December and March by Ferdowsi University of Mashhad, Postal Code 9177948883, mashhad-Iran, tel: +98(0) 5138805273

Fax: +98(0) 51 38794144 E-mail: geo.eh@um.ac.ir Website : <http://geoeh.um.ac.ir>

GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS

Notes For Contributors

AIMS AND SCOPE

Geography and environmental Hazards is an Iranian 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 submissions must be printed on A4 paper size, be double- line spaced and have a margin of 3.5 cm all round.

Illustrations and tables must be printed on separate sheets and not be incorporated into the text.

Title Page must list full title, short title, names and affiliations of author(s), and full address of each author. The precise mailing address, 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, Sumame 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 9, NO 36, Winter 2021	Pages
• Analysis of flood potential of Ghare-Su basin in Kermanshah province Gholamreza Mohamadi, Reza Borna, Frideh Asadian	1
• Extraction and evaluation of land use changes by using of the accuracy of SVM algorithm with polynomial kernel and maximum likelihood method in Ojan Chay basin Mohammad Hossein Rezaei Moghadam, Davood Mokhtarei, Nasrin Samandar	2
• Zoning and morphological analysis of floods of Dinevar river (Kermanshah province) with using HEC-RAS hydrodynamic model Roya Panahi, Mohammad Mahdi Hosseinzadeh	3
• Analysis the Relationship between Landscape Metrics and Soil Erosion of KoozehTopraghi Watershed, Ardabil Province Ardavan Ghorbani, Zeinab Hazbavi, Raoof Mostafazadeh, Nazila Alaei	4
• Role of geomorphic processes in the morphology of semi-arid nebkhas Abolfazl Rabbani, Neda Mohseni, Sayed Reza Hosseinzadeh	5
• Investigation of the life cycle of the major sudden stratospheric warming in the Northern Hemisphere Mohammad Moradi	6
• Long term trend detection of annual precipitation over Iran in relation with changes in frequency of daily extremes precipitation Hossein asakereh, Seyed Abolfazl Masoodian, Fatemeh Tarkarani	7
• Assessing the spatial heterogeneity in ecological quality using remote sensing (Case Study: Gharesoo Watershed) Saeedeh Ranjbar, Hamidreza Kamyab	8
• Synoptic analysis of heavy rainfall on March 19, 2017 in Minoodasht city Mahdi Foroutan, Bromand Salahi	9
• Future study of urban settlements resilience against environmental hazards with emphasis on corona pandemic (Case study: Tabriz metropolis) Hamideh Gholami, Ali panahi , Hasan Ahmadzadeh	10
• Assessment of urban resilience against earthquake risk (Case study: Tabriz Metropolis) Forough Namjo, Rasoul samadzadeh, Mohamadtaqi masoumi	11
• Identification of the pollutant hazards in landfill sites based on the RASCL model(Case study: Tonekabon city) Elmira abdolahi, Mehdi mohammadalikhani	12



JOURNAL OF GEOGRAPHY AND ENVIRONMENTAL HAZARDS



Research Journal

Volume. 9, No. 36, Winter 2021

- **Analysis of flood potential of Ghare-Su basin in Kermanshah province**
Gholamreza Mohamadi, Reza Borna, Frideh Asadian
- **Extraction and evaluation of land use changes by using of the accuracy of SVM algorithm with polynomial kernel and maximum likelihood method in Ojan Chay basin**
MohammadHossein RezaeiMoghadam, Davood Mokhtarei, Nasrin Samandar
- **Zoning and morphological analysis of floods of Dinevar river (Kermanshah province) with using HEC-RAS hydrodynamic model**
Roya Panahi, Mohammad Mahdi Hosseinzadeh
- **Analysis the Relationship between Landscape Metrics and Soil Erosion of KoozehTopraghi Watershed, Ardabil Province**
Ardavan Ghorbani, Zeinab Hazbavi, Raoof Mostafazadeh, Nazila Alaei
- **Role of geomorphic processes in the morphology of semi-arid nebkhas**
Abolfazl Rabbani, Neda Mohseni, Sayed Reza Hosseinzadeh
- **Investigation of the life cycle of the major sudden stratospheric warming in the Northern Hemisphere**
Mohammad Moradi
- **Long term trend detection of annual precipitation over Iran in relation with changes in frequency of daily extremes precipitation**
Hossein asakereh, Seyed Abolfazl Masoodian, Fatemeh Tarkarani
- **Assessing the spatial heterogeneity in ecological quality using remote sensing (Case Study: Gharesoo Watershed)**
Saeedeh Ranjbar, Hamidreza Kamyab
- **Synoptic analysis of heavy rainfall on March 19, 2017 in Minoodasht city**
Mahdi Foroutan, Bromand Salahi
- **Future study of urban settlements resilience against environmental hazards with emphasis on corona pandemic (Case study: Tabriz metropolis)**
Hamideh Gholami, Ali panahi , Hasan Ahmadzadeh
- **Assessment of urban resilience against earthquake risk (Case study: Tabriz Metropolis)**
Forough Namjo, Rasoul samadzadeh, Mohamadtaqi masoumi
- **Identification of the pollutant hazards in landfill sites based on the RASCL model(Case study: Tonekabon city)**
Elmira abdolahi, Mehdi mohammadalikhani



دانشگاه هرمزگان



دانشگاه علوم کشاورزی و علوم طبیعی کرمان



دانشگاه سیستان و بلوچستان



دانشگاه خوارزمی تهران



دانشگاه تبریز



دانشگاه اصفهان

ISSN:2322-1682

Published by

Ferdowsi University of Mashhad