

مجله مخاطرات محیط طبیعی

(علمی – پژوهشی)

دوره نهم

شماره بیست و چهارم

تابستان ۱۳۹۹

هیأت تحریریه فصلنامه

صاحب امتیاز: دانشگاه سیستان و بلوچستان

مدیر مسئول: دکتر حسین نگارش

سردبیر: دکتر محمود خسروی

مدیر داخلی: دکتر صمد فتوحی

۱- دکتر عیسی ابراهیم‌زاده	**استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه سیستان و بلوچستان**
۲- دکتر احمد اکبری	**استاد اقتصاد کشاورزی دانشگاه سیستان و بلوچستان**
۳- دکتر سعید جهانبخش	**استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه تبریز**
۴- دکتر محمود خسروی	**استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان**
۵- دکتر محمدحسین‌رامشت	**استاد ژئومورفولوژی دانشگاه اصفهان**
۶- دکتر علیرضا شهریاری	**دانشیار منابع طبیعی دانشگاه سیستان و بلوچستان**
۷- دکتر علی عسگری	**دانشیار برنامه‌ریزی مخاطرات محیطی دانشگاه یورک (تورنتو) کانادا**
۸- دکتر بهلول علیجانی	**استاد اقلیم‌شناسی دانشگاه تربیت معلم**
۹- دکتر حسنعلی غیور	**استاد هیدرومتئورولوژی دانشگاه اصفهان**
۱۰- دکتر صمد فتوحی	**دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه سیستان و بلوچستان**
۱۱- دکتر سید ابوالفضل مسعودیان	**استاد اقلیم شناسی دانشگاه اصفهان**
۱۲- دکتر حسین نگارش	**استاد ژئومورفولوژی دانشگاه سیستان و بلوچستان**

همکاران علمی این شماره

مجید رضایی‌بنفشه، دانشگاه تبریز- **صادق کریمی**، دانشگاه باهنر کرمان- **سیدآرمان هاشمی‌منفرد**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **محمود خسروی**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **محسن جامی**، دانشگاه علم و صنعت خاش- **علی‌اکبر دایا**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **رضا قضاوی**، دانشگاه کاشان- **عباسعلی آروین**، دانشگاه پیام نور اصفهان- **محسن حمیدیان‌پور**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **مرتضی اسمعیل‌نژاد**، دانشگاه بیرجند- **فرهاد ذوالفقاری**، مجتمع آموزش عالی سراوان- **صمد فتوحی**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **بهروز سبحانی**، دانشگاه محقق اردبیلی- **علیرضا شهریاری**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **عطاالله کاویان**، دانشگاه ساری- **داریوش رحیمی**، دانشگاه اصفهان- **رضا جهانشاهی**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **سمیه سلطانی‌گردفرامرزی**، دانشگاه اردکان- **رضا دهمرده‌بهروز**، دانشگاه زابل- سیدعلی المدرسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد- عبدالرضا پرتابیان، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **عزت‌اله قنواتی**، دانشگاه خوارزمی- **پیمان محمودی**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **مسعود جلالی**، دانشگاه زنجان.

ویراستار ادبی فارسی: ادهم سیدزاده

ویراستار ادبی انگلیسی: دکتر زادمهر ترابی و مرضیه دارائی

مدیر اجرایی: مسعود سعیدی

کارشناس مجله: مرضیه دارائی

ویرایش و صفحه‌آرایی: مرضیه دارائی

مجله مخاطرات محیط طبیعی

مجله مخاطرات محیط طبیعی طی ابلاغیه شماره ۳/۱۸/۴۲۱۶ مورخ ۱۳۹۵/۰۱/۱۷ در کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور از درجه علمی – پژوهشی برخوردار گردید.

دوره نهم

شماره بیست و چهارم

تابستان ۱۳۹۹

چاپ و لیتوگرافی: انتشارات دانشگاه سیستان و بلوچستان

شماره شاپا چاپی: ۴۳۷۷-۲۶۷۶ شماره شاپا الکترونیکی: ۴۳۸۵-۲۶۷۶

آدرس: استان سیستان و بلوچستان، زاهدان، خیابان دانشگاه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، کدپستی: ۹۸۱۶۷۴۵۶۳۹

صندوق پستی: ۹۸۷-۹۸۱۳۵

تلفن: ۳۱۱۳۶۷۹۹-۰۵۴ ، دورنگار: ۳۳۴۱۶۱۴۱-۰۵۴

آدرس سامانه: http://jneh.usb.ac.ir

آدرس پست الکترونیک: Ehazards@usb.ac.ir و Ehazards@hotmail.com

لیست کامل مقاله های مجله در پایگاه‌های اطلاع رسانی زیر نمایه می‌شود:

پایگاه استنادی علوم جهان اسلام – www.isc.gov.ir

پایگاه اینترنتی جهاد دانشگاهی – www.sid.ir

بانک اطلاعاتی نشریات کشور – www.magiran.com

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان

راهنمای تدوین و نحوه ارسال مقاله برای مجله مخاطرات محیط طبیعی

۱- پذیرش مقاله صرفاً از طریق سایت مجله jenh.usb.ac.ir امکان‌پذیر می‌باشد و برای ثبت نام در سایت مجله مخاطرات محیط طبیعی و ارسال مقاله لطفاً مراحل زیر را اجرا فرمائید.

- به سایت jenh.usb.ac.ir وارد شوید. به سایت مجله مخاطرات محیط طبیعی خوش آمدید.

- روی گزینه (ارسال و پیگیری مقالات) کلیک کنید، سپس روی کلمه (ثبت نام) کلیک کنید. صفحه ثبت نام ظاهر خواهد شد. پس از تکمیل صفحه ثبت نام روی گزینه ثبت نام (Submit) در پایین صفحه کلیک کنید، آنگاه به Email خود مراجعه فرمائید و روی آدرسی که در نامه الکترونیکی درج شده، کلیک نمایید تا مجدداً به سایت مجله متصل شوید و ثبت نام شما تکمیل شود.

- این بار Username و Password خود را که قبلاً ثبت شده مجدداً وارد نمایید و از خدمات online مجله استفاده نمایید.

یادآوری: قابل ذکر است که از این اسم شناسه و کلمه عبور هم برای انجام داوری و هم برای ارسال مقالات خود می‌توانید استفاده نمایید.

۲- مجله مخاطرات محیط طبیعی به دلیل تخصصی بودن فقط در موضوعات مرتبط با مخاطرات محیط طبیعی پذیرای مقالات می‌باشد.

۳- مقالهٔ ارسال شده برای این نشریه همزمان برای سایر مجلات ارسال نشده باشد.

۴- زبان رسمی مجله، فارسی است، اما چکیده مقالات به زبان انگلیسی نیز ضروری است.

۵- مقاله علاوه بر چکیده فارسی (حداقل ۲۰۰ و حداکثر ۳۰۰ کلمه، معادل حداکثر ۱۵ سطر)، بایستی دارای واژه‌های کلیدی، مقدمه، داده‌ها و روش‌ها، نتیجه‌گیری و فهرست منابع و مآخذ و همه منابع فارسی باید ترجمه شوند و به همراه منابع انگلیسی در فایل جداگانه آورده شود.

۶- مقاله علمی ـ پژوهشی لزوماً دارای اجزای ساختاری زیر است که به‌ترتیب عبارتند از: چکیده (۲۰۰ تا ۳۰۰ کلمه) به زبان فارسی ، واژگان کلیدی، مقدمه نظری و توجیهی، روش تحقیق، یافته‌های تحقیق، تجزیه و تحلیل، نتیجه‌گیری، قدردانی، فهرست منابع و چکیده انگلیسی (ترجمه صحیح). رعایت این ساختار از سوی ارائه‌کنندگان مقاله ضروری است.

۷- مقالاتی که توسط دانشجویان کارشناسی ارشد و دکتری با همکاری استادان راهنما و یا مشاور تهیه می شود، ضرورتاً باید با امضای استاد مربوطه به فصلنامه ارسال گردد؛ در غیر این صورت در هیأت تحریریه قابل طرح نخواهد بود. در عین حال نویسنده مسئول و ترتیب اسامی نویسندگان به همان ترتیبی که در سایت ثبت شده باشد، در مقاله خواهد آمد و پس از آن غیر قابل تغییر خواهد بود.

۱-۷- تمام مقالات ارسالی در صورتیکه دانشجو یا غیر عضو هیأت علمی نیز جزو نویسندگان آن باشند می‌بایست صرفاً توسط یکی از نویسندگان که عضو هیأت علمی است به مجله ارسال گردد؛ در غیر اینصورت مقاله قابل بررسی نخواهد بود.

۲-۷- با توجه به مصوبات هیأت تحریریه مجله، چنانچه نویسنده یا نویسندگان، مقاله دیگری در مراحل داوری در مجله داشته باشند، لذا تا زمان روشن شدن نتایج داوری آن مقاله، مجله از پذیرش همزمان مقالات متعدد معذور می‌باشد.

بدیهی است، با توجه به تأکید کمیسیون نشریات بر تنوع جغرافیایی نویسندگان و جلوگیری از ادامه فرآیند داوری نویسنده تکراری، می‌توانید مقاله خود را به مجلات دیگر ارسال نمائید و یا منتظر روشن شدن نتایج مقالات قبلی خود یا همکاران باشید.

۸- مقالات ارسالی به مجله، در محیط Word با قلم B Nazanin نازک فونت ۱۳ نازک و لاتین Times New Roman فونت ۱۱ نازک، فاصله تقریبی میان سطور، یک (۱) حروفچینی و تایپ گردد. حاشیه از بالا ۴، از پایین ۲،۵، از راست ۲،۵ و حاشیه چپ ۲،۵ سانتیمتر باشد. عنوان مقاله با فونت تیتر ۱۶، مشخصات نویسنده یا نویسندگان با فونت تیتر ۱۲، چکیده فارسی با فونت B Nazanin سیاه ۱۰، فهرست عناوین متن با فونت BNazanin سیاه ۱۳، منابع و مآخذ با فونت BNazanin نازک ۱۱ و لاتین با فونت Times New Roman نازک ۹ نگاشته شود.

۹- مقاله در چهار فایل اصلی (ضروری) جداگانه شامل؛ یک فایل صفحه مشخصات نویسنده یا نویسندگان مقاله در محیط Word به شرح بند ۱۰ این راهنما، فایل دوم حاوی مقاله اصلی در محیط Word بدون مشخصات نویسندگان، فایل سوم: فرم تعهد باید توسط عضو هیأت علمی تکمیل و نام همه نویسندگان طبق فرمت فایل مشخصات و سامانه، امضا شده باشد و این فایل را می‌تواند به فرمت Pdf و یا Jpg ارسال نماید، فایل چهارم: ترجمه منابع فارسی و انگلیسی فایل تکمیلی حاوی مقاله اصلی Pdf شده بدون صفحه مشخصات نویسندگان باشد.

۱۰- مقالات ارسال شده باید دارای بخش‌های زیر باشد:

فایل اول: (فرم مشخصات نویسندگان)

- رتبه علمی و نام مؤسسه یا محل اشتغال نویسنده یا نویسندگان به فارسی و انگلیسی.

- نشانی کامل نویسندهٔ عهده‌دار مکاتبات: شامل نشانی پستی، شماره تلفن و همراه، شماره دورنگار و نشانی پیام‌نگار (پست الکترونیکی- حتماً ایمیل دانشگاهی نویسنده مسئول) به فارسی و انگلیسی در محیط **Word**، از ذکر مشخصات فوق در سایر صفحه‌های مقاله باید خودداری شود.

- چنانچه مخارج مالی تحقیق یا تهیه مقاله توسط مؤسسه‌ای تأمین شده یاشد باید نام مؤسسه در پاورقی صفحه اول درج شود.

بدیهی است صفحه اول باید حتی الامکان در محیط Word و در فایل جداگانه بصورت Cover letter ارسال گردد.

فایل دوم: (فایل اصلی مقاله بدون نام نویسندگان): عنوان کامل مقاله به فارسی، چکیده فارسی (حداقل ۲۰۰ تا حداکثر ۳۰۰ کلمه)، کلید واژگان فارسی (حداقل ۳ و حداکثر ۷ واژه که با ویرگول (،) جدا شده اند)، در صفحه اول و

از صفحهٔ دوم: به بعد متن اصلی مقاله خواهد آمد. مقاله اصلی حتماً در محیط word ارسال شود. از مقالاتی که در محیط Pdf فرستاده شده باشند، در اولویت داوری قرار نخواهند گرفت.

در انتهای مقاله، چکیده (Abstract) به انگلیسی آورده شود. (حداقل ۲۰۰ و حداکثر ۳۰۰ کلمه).

فایل سوم(ترجمه منابع فارسی و انگلیسی): همه منابع فارسی باید ترجمه و طبق فرمت (ترجمه فارسی جدا و انگلیسی جدا) در فایل جداگانه آورده شود.

فایل چهارم(فرم تعهد): فرم تعهد باید توسط عضو هیأت علمی تکمیل و نام همه نویسندگان طبق فرمت فایل مشخصات و سامانه، امضا شده باشد و این فایل را می‌تواند به فرمت Pdf و یا Jpg ارسال نماید.

۱۱- مأخذ در متن مقاله، داخل پرانتز با ذکر نام خانوادگی نویسنده و سال انتشار آورده شود.

مثال نحوهٔ ارجاع در داخل متن: (نگارش، ۱۳۹۰)

۱۲- معادل های انگلیسی در هر صفحه با علامت شماره‌گذاری مستقل برای هر صفحه، در پاورقی آورده شود.

۱۳- روش ارائه منابع و مآخذ در انتهای مقاله:

۱-۱۳- نام خانوادگی، نام نویسنده یا نویسندگان به صورت کامل، (سال انتشار). عنوان کتاب. شماره جلد. نوبت چاپ، محل انتشار، نام ناشر، تعداد صفحه.

نحوهٔ درج در فهرست منابع و مأخذ به ترتیب حروف الفبا خواهد بود.

مثال برای کتاب: امیدوار، کمال، (۱۳۹۰). مخاطرات طبیعی، انتشارات دانشگاه یزد، جلد اول، چاپ اول، ۳۶۰ صفحه.

۲-۱۳- مثال برای نشریه: نام خانوادگی، نام نویسنده یا نویسندگان به صورت کامل، (سال انتشار). عنوان مقاله، نام نشریه، دوره، محل انتشار، صص ۲۵-۲۰.

۱۴- حداقل منابع مورد استفاده نباید از ۲۰ منبع کمتر باشد.

۱۵- واحدهای استفاده شده در مقاله بایستی در سیستم متریک باشد.

۱۶- در متن مقاله به شماره عکس‌ها، جداول و نمودارها اشاره شود و محل تقریبی آنها مشخص گردد.

در تنظیم جداول، منحنی‌ها، اشکال و تصاویر، رعایت نکات زیر الزامی است:

الف- اطلاعات جداول نباید به صورت منحنی و یا به شکل دیگر در مقاله تکرار شوند. شماره و عنوان در بالای جدول ذکر گردد.

ب- هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط به خود باشد، چنانچه تمام ارقام جدول دارای واحد یکسان باشند، می‌توان واحد را در عنوان جدول ذکر نمود.

ج- توضیحات اضافی عنوان و متن جدول، به صورت زیرنویس ارائه گردد. نتایج بررسی‌های آماری، باید به یکی از روش‌های علمی در جدول منعکس شود و در هر صفحه نباید بیش از دو جدول آورده شود.

د- شکل‌های هر مقاله شامل منحنی، نمودار، عکس و نقشه بوده و همه بطور یکسان به عنوان شکل شماره‌گذاری می‌شوند.

شکل‌ها باید بصورت رنگی یا سیاه و سفید و با کیفیت مناسب و مطلوب تهیه شده و شماره و عنوان آنها در پایین بیاید. عکس‌ها باید واضح، مطالب آنها خوانا و دارای مقیاس باشند. ذکر مأخذ عکس‌ها یا شکل‌هایی که از منابع دیگر اقتباس شده‌اند الزامی است.

۱۷- اعداد در متن فارسی باید حتما به فارسی و در متن لاتین به انگلیسی، باشند.

۱۸- مقاله‌های رسیده توسط سه الی چهار نفر از استادان متخصص به صورت محرمانه داوری خواهد شد.

۱۹- مسؤولیت صحت و سقم مقاله به لحاظ علمی و حقوقی به عهده نویسنده عهده‌دار مکاتبات است.

۲۰- مقالات ترجمه اصولاً پذیرفته نمی‌شود.

۲۱- حداکثر حجم مقالات، شامل جدول‌ها و منحنی‌ها ۲۰ صفحه A4 باشد.

۲۲- مجله حق رد یا قبول و نیز ویراستاری مقالات را برای خود محفوظ می‌دارد و از بازگرداندن مقالات دریافتی معذوراست.

۲۳- پس از چاپ مقاله یک نسخه از مجله حاوی مقاله نویسندگان به آنان اهدا خواهد شد.

۲۴- اصل مقالات رد یا انصراف داده شده پس از سه ماه از مجموعه آرشیو مجله خارج خواهد شد و مجله مخاطرات محیط طبیعی هیچگونه مسؤولیتی در این ارتباط نخواهد داشت.

نشانی: زاهدان، خیابان دانشگاه، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی

صندوق پستی : ۹۸۷-۹۸۱۳۵، تلفن: ۳۱۱۳۶۷۹۹- ۰۵۴۱ ، نمابر: ۰۵۴-۳۳۴۱۶۱۴۱

سایت: **http://jenh.usb.ac.ir**

یادداشت سردبیر و دعوت از اساتید برجسته برای ارسال مقالات ویژه تغییرات اقلیمی

گرمایش جهانی و تغییر اقلیم تأثیرات غیرقابل‌انکاری را بر رویدادهای حدی اقلیمی و مخاطرات محیطی دارد. این پدیده فراوانی و شدت مخاطراتی مانند سیلاب،خشکسالی،امواج گرمایی و سرمایی ،ریزش تگرگ، بارش‌های سنگین، آلودگی هوا و گسترش بیماری‌های عفونی و غیره را تشدید می‌کند.

تغییر اقلیم، تغییر در الگوهای آب و هوایی درازمدت است که در مناطقی از جهان نمودی بارز دارد. شواهد تغییر اقلیم کنونی را می‌توان در بسیاری از مکان‌ها مشاهده نمود. بالا آمدن سطح آب دریاها، افزایش دمای سیاره زمین، گرمایش اقیانوس‌ها، ازهم‌گسیختگی صفحات یخی، کاهش گستره و ضخامت یخ دریایی در قطب شمال، پسروی یخچال‌ها، اسیدی شدن اقیانوس‌ها، ذوب یخ و برف و تغییر الگوهای آب و هوایی نمودهای بارز این پدیده هستند.

اقلیم سیاره زمین در طول تاریخ تغییر کرده است. سیاره زمین، فقط در ۶۵۰۰۰۰ سال اخیر، هفت سیکل از پیشروی و پسروی یخچال‌ها را تجربه نموده است. پایان ناگهانی آخرین عصر یخبندان در حدود ۷۰۰۰ سال پیش بوده است که نشانه آغاز عصر اقلیمی مدرن و تمدن بشری می‌باشد. بسیاری از این تغییرات اقلیمی در تاریخ سیاره زمین به تغییرات بسیار اندک در مدار زمین مربوط می‌شود که مقدار انرژی خورشیدی دریافتی سیاره زمین را تغییر داده است. تغییرات اقلیم طی دهه‌های گذشته در مقایسه با آنچه در تاریخ سیاره زمین رخداده است بی‌سابقه نیست اما شدت و سرعت این گرمایش در طول تاریخ زمین کم‌سابقه است و برای سیاره زمین یک تهدید جدی محسوب می‌شود.

اثرات قابل‌توجه بشر بر اقلیم جهانی به اثبات رسیده است. طی ۱۵۰ سال اخیر، سرعت انتشار گازهای گلخانه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی تشدید گردیده است. غلظت جوی گازهای دی‌اکسید کربن، متان و اکسید نیتروژن از سال ۱۷۵۰ تا ۲۰۰۰ به ترتیب ۳۱، ۱۵۱ و ۱۷ درصد رشد داشته است. پیامد ملموس افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو، گرمایش جهانی می‌باشد. دی‌اکسید کربن به‌عنوان مهم‌ترین عامل گرمایش جهانی اخیر به بالاترین تراکم خود یعنی 411 ppm رسیده که در طی ۱۵ میلیون سال گذشته بی‌سابقه است به‌گونه‌ای که میانگین دمای سطح در مقیاس جهانی از سال ۱۸۸۰ تاکنون ۱درجه سلسیوس افزایش داشته است. دانشمندان به صراحت گرمایش سیاره زمین را تأیید می‌کنند. تغییرات طبیعی اقلیم، به تنهایی قادر به تبیین روند گرمایش سیاره زمین نمی‌باشد. مدل‌ها و پیش‌بینی‌ها نشان‌دهنده تغییرات دمای کره زمین بین ۱/۷ تا ۵/۸ درجه سلسیوس تا سال ۲۱۰۰ می‌باشد. از سال ۲۰۰۰ تاکنون بارها رکورد ثبت‌شده دمای کره زمین افزایش یافته است و گرم‌ترین سال‌های کره زمین از ۱۲۰۰۰۰ سال گذشته تاکنون در حال وقوع است. سال ۲۰۱۸ به عنوان چهارمین سال گرم جهان به شمار می‌رود.

تغییر اقلیم، یک بحران فزاینده است که اقتصاد، بهداشت و ایمنی، تولید غذا، امنیت و سایر ابعاد را درگیر و بر اکوسیستم‌ها، منابع آب شیرین و سلامت انسان تأثیر می‌گذارد. این تغییر الگوهای آب و هوایی، برای مثال، تولید غذا را از طریق افزایش پیش‌بینی‌ناپذیری بارش تهدید می‌کند. افزایش جمعیت و نیاز به غذای بیشتر فشار بر منابع آب را تشدید نموده و بحران آب و معضلات زیست‌محیطی با افزایش دمای کره زمین تشدید می‌شود.

بالا آمدن سطح آب دریا (به‌طور متوسط ۳/۲ میلی‌متر در سال)، منابع آب شیرین ساحلی را تهدید و خطر سیل‌های فاجعه‌بار را افزایش می‌دهد. گرمایش جو به گسترش آفات و بیمارهای گرمسیری کمک می‌کند. متأسفانه، شرایط تا به امروز بد و وخیم‌تر شده است. هشدار اساسی این است که احتمالاً بسیاری از اکوسیستم‌های مهم و ازجمله سیستم

اقلیم از آستانه تغییرات برگشت‌ناپذیر عبور نموده باشند. برای نمونه، پسروی یخچال‌های کوهستانی، اکوسیستم جنگل بارانی آمازون و توندرای قطب شمال یک تهدید اساسی می‌باشند.

هرچند تغییر اقلیم به‌طور کامل اجتناب‌ناپذیر است، امّا تأثیرات بسیار شدید تغییر اقلیم را می‌توان از طریق کاهش قابل‌ملاحظه مقدار انتشار گازهای گلخانه‌ای کاست. با این‌حال، زمان کافی برای آغاز اقدام جدی در جلوگیری از پیامدهای شدید جهانی بسیار کوتاه است. طرح‌های بسیاری توسط سازمان‌ها و کشورهای مختلف مانند کنوانسیون سازمان ملل متحد درباره تغییرات اقلیمی(UNFCCC)، برنامه محیط‌زیست سازمان ملل متحد(UNEP) و مجمع بین‌المللی تغییر آب و هوا(IPCC) در راستای کاهش و سازگاری با تغییرات اقلیمی انجام شده است. به‌طورکلی، تدوین یک برنامه جامع و اقدام عملی، جهت انطباق با این پدیده و کاهش اثرات سوء ناشی از آن ضروری است.

در کنار همه اینها سیاست و تأثیر نظام‌های حاکم بر کشورها در مقابله با انتشار گازهای گلخانه و تعدیل گرمایش جهانی باعث شده که افق روشنی از توافق بین‌المللی درزمینهٔ حل این مشکل وجود نداشته باشد.

هرچند اجماع کلی دانشمندان علوم اقلیمی در رابطه با علل انسانی گرمایش جهانی اخیر وجود دارد اما برخی نظریات که به نفی این پدیده می‌پردازند و به دلایل انسانی ایجاد آن باور ندارند، وجود دارد.

بر اساس تصمیم هیأت تحریریه، مجله مخاطرات محیط طبیعی آمادگی دارد با توجه به اهمیت حیاتی موضوع گرمایش جهانی، تغییرات اقلیمی و آشکارسازی علل و اثرات آن با تأکید بر نقش فعالیت‌های انسانی و طبیعی مقالات مروری (Review Article) و پژوهشی اساتید صاحب‌نظر و برجسته در این زمینه را به‌صورت ویژه بر اساس موافقت هیأت تحریریه چاپ و منتشر نماید. این مقالات بایستی حاصل اندیشه‌ها و نظریات اساتید محترم باشد و در این رابطه نظرات موافقین و مخالفین اثر فعالیت‌های انسانی و همچنین الزامات پیوستن یا نپیوستن به توافقات بین‌المللی ازجمله توافق‌نامه تغییرات اقلیمی پاریس و لهستان می‌تواند موضوع مقالات ارسالی باشد. بر این اساس از کلیه اساتید برجسته دانش اقلیم‌شناسی و سایر علوم وابسته دعوت می‌شود مقالات خود را برای بررسی و چاپ در مجله ارسال فرمایند.

دکتر محمد خسروی

سردبیر مجله مخاطرات محیط طبیعی و

استاد اقلیم شناسی، مخاطرات آب و هوایی دانشگاه سیستان و بلوچستان

فهرست مطالب

اثر احداث سد بر تغییرات شاخص‌های جریان سیلاب و کم‌آبی در جنوب دریاچه ارومیه **۱**

فریبا اسفندیاری درآباد، رئوف مصطفی‌زاده*، رضا شاهمرادی، علی نصیری خیاوی..... ۱

شبیه سازی انتقال فلزات سنگین در آب زیرزمینی آبخوان معدن سنگ آهن گل‌گهر **۱۵**

رضا جهانشاهی*، سپیده مالی، الهام راوند..... ۱۵

رفتار زمانی – مکانی جزیره ی گرمایی کلانشهر اصفهان **۳۵**

سیدابوالفضل مسعودیان*، مجید منتظری..... ۳۵

شناسایی مناطق در معرض هجوم ماسه‌های روان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS مطالعه موردی: شهرستان‌های ریگان، فهرج و نرماشیر، استان‌کرمان **۴۷**

علی مهرابی..... ۴۷

اثرات تغییر اقلیم بر میزان ریسک تنش سرما در الگوی کشت پاییزه سیب زمینی (مطالعه موردی: مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری استان کرمان) **۶۳**

فاطمه بیاتانی، غلامعباس فلاح قالهری*، مختار کرمی، جواد طایی سمیرمی..... ۶۳

برآورد مقادیر ارتفاع رواناب و دبی حداکثر سیلاب با استفاده از تلفیق مدل‌های اتومات سلولی و SCS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز لاویج‌رود) **۷۹**

حسن شعبانی‌نیا، صدرالدین متولی*، غلامرضا جانباز قبادی، شهریار خالدی..... ۷۹

بررسی اثرات خشکسالی بر گونه‌های درختی و درختچه‌ای کهور ایرانی، توج و اسکنبیل در شمال ایرانشهر **۹۹**

ناصر راشکی، علیرضا شهریاری*،محمد زارع..... ۹۹

تنش های نوزمین ساختی در گستره ی رخداد زمین لرزه سنگچال (۱۳۳۶)- مازندران **۱۱۳**

هادی طبسی*..... ۱۱۳

بکارگیری مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (M .L.P) در پهنه بندی آسیب‌پذیری شهری با تأکید بر زلزله(مورد مطالعه منطقه۲۰ شهرداری تهران) **۱۲۹**

لقمان محمودی، محمد تقی رضویان، مرتضی قورچی*، عباس استاد تقی زاده..... ۱۲۹

تحلیل فضایی مؤلفه های تاثیرگذار بر آلودگی هوای شهر تبریز **۱۵۱**

هوشنگ سرور*، مرضیه اسمعیل پور، منصور خیری زاده، مهتاب امرایی..... ۱۵۱

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۲۹
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۶/۱۱/۱۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۲۷
صفحات: ۱۴ - ۱

اثر احداث سد بر تغییرات شاخص‌های جریان سیلاب و کم‌آبی در جنوب دریاچه ارومیه

فریبا اسفندیاری درآباد[۱]، رئوف مصطفی‌زاده*[۲]، رضا شاهمرادی[۳]، علی نصیری خیاوی[۴]

چکیده

رودخانه‌ها از اشکال پویای طبیعت هستند که در مقاطع زمانی ویژه و در مکان‌های مختلف، در رابطه با عوامل محیطی، ویژگی‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. سدها ازجمله مهم‌ترین ساختارهای دست‌ساز انسانی در طول رودخانه هستند که می‌توانند تغییرهای عمده‌ای را در رودخانه و درنهایت در کل حوضه زهکشی، پدیدآورند. ازاین‌رو هدف از پژوهش، بررسی آماری میزان تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان تحت تأثیر سد (دوره‌های قبل و بعد از احداث سد) با استفاده از آزمون T مستقل در برخی از رودخانه‌های دریاچه ارومیه می‌باشد. بدین منظور ابتدا نوزده شاخص هیدرولوژیک جریان در چهار گروه اصلی جریان‌های اوج، تغییرپذیری جریان، جریان‌های حداقل و تداوم جریان موردمحاسبه قرار گرفت. سپس میزان تأثیر احداث سد در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد بر روی شاخص‌های هیدرولوژیک جریان با استفاده از آزمون T مستقل بررسی شد. بر اساس نتایج می‌توان گفت در دوره بعد از احداث سد، مقادیر شاخص‌های دبی حداقل ۱ روزه، دبی متوسط روزانه، دبی ۱۰، ۵۰، ۷۵ و ۹۵ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان، تعداد روزهای با جریان صفر، چولگی، متوسط ضریب تغییرهای سالانه، شدت فروکش، تعداد فروکش و شاخص عکس‌العمل، تفاوت معناداری نسبت به دوره قبل از احداث سد داشته است. هم‌چنین در بررسی میزان تأثیر احداث سد در بین پنج ایستگاه موردمطالعه، ایستگاه هیدرومتری شاخه راست آلاسقل کمترین و ایستگاه هیدرومتری ساری‌قامیش بیشترین تأثیر را نشان می‌دهند. احداث سد، موجب تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان شده است که می‌تواند اثر منفی بر روی گونه‌های گیاهی و جانوری داشته باشد. پس بررسی مطالعاتی که در خصوص فعالیت‌های انسانی (از قبیل احداث سد) می‌باشد امکان اتخاذ تصمیم‌گیری‌های مدیریتی را فراهم می‌سازد و می‌تواند در بهینه‌سازی بهره‌برداری از رودخانه‌ها نقش مهمی را ایفاء کند.

واژگان کلیدی: آزمون T مستقل، تغییرپذیری جریان، شدت اوج‌گیری، جریان‌های کم، اثر سد، جریان تنظیم شده.

۱- دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی esfandyari@uma.ac.ir
۲- استادیار گروه منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی (نویسنده مسئول) raoofmostafazadeh@uma.ac.ir
۳- کارشناس ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی reza.shahmoradi1371nse@gmail.com
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آبخیزداری، دانشگاه محقق اردبیلی alikhiavi72@gmail.com

مقدمه

در سطح جهان برنامه‌های گسترده‌ای باهدف احیای رودخانه‌ها و تخصیص آب برای تأمین پایدار خدمات اکوسیستم‌های آبی اجرا می‌شود (ون‌لوی[1] و همکاران، ۲۰۱۳). رودخانه‌ها از اشکال پویای طبیعت هستند که در مقاطع زمانی ویژه و در مکان‌های مختلف، در رابطه با عوامل محیطی، ویژگی‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند. برقراری تعادل در شبکه‌های زهکشی به عوامل مختلفی وابسته است و تعادل برقرارشده نیز در هرلحظه و در هر مقطع زمانی، ممکن است به هم بخورد. در سال‌های اخیر، فعالیت‌های انسانی و حضور ساختارهای مختلف دست‌ساز انسان در رودخانه‌ها، تغییرهای عمده‌ای را به وجود آورده است. با توجه به ارتباط نزدیک رودخانه‌ها و جوامع انسانی، اکوسیستم رودخانه‌ها نسبت به تنش‌ها و فعالیت انسانی آسیب‌پذیر شده و تغییرهای زیادی در رودخانه ایجادشده است. بااین‌حال تخریب در اثر دخالت و فعالیت‌های انسان، باعث شده است که ارائه مؤثر و پایدار خدمات رودخانه‌ها (شرب، تصفیه آب، انرژی برقابی، جذب مواد آلی، چرخه مواد غذایی، تفریح و زیستگاه گیاهان و جانوران) مختل گردد (خروشی عیسی‌لو، ۱۳۹۵). سدها ازجمله مهم‌ترین ساختارهای دست‌ساز انسانی در طول رودخانه‌ها هستند که می‌تواند تغییرهای عمده‌ای را در سیستم رودخانه و درنهایت در کل حوضه آبخیز، پدید آورند (بیاتی خطیبی، ۱۳۸۷؛ مارستون[2] و همکاران، ۲۰۰۵). ارزیابی اثرات فعالیت‌های انسانی بر روی رژیم جریان رودخانه‌ها در سیاست‌گذاری‌ها و مدیریت منابع آب حائز اهمیت می‌باشد. از طرفی اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشورهایی مانند ایران موجب شده است که عملیات سدسازی به‌عنوان شیوه‌های مهندسی و با استفاده از فناوری‌های جدید، برای تنظیم و به هنگام سازی جریان آب، بهره‌برداری زراعی و آشامیدن و دیگر کاربردها موردتوجه قرار گیرد. سدسازی در کشور ما دارای پیشینه‌ای تاریخی است و در این دوران می‌تواند تنها راه‌حل بحران کم‌آبی در کشور باشد؛ شیوه‌ای که در بسیاری از کشورها، به‌ویژه کشورهای توسعه‌یافته رهاشده است (محتشمی وهمکاران، ۱۳۹۳). احداث سد توسط انسان به‌منظور بهره‌برداری از منابع آب در طول هزاران سال در حال اجرا است و از سال ۱۹۵۰ شایع شده است (نیلسون[3] وهمکاران، ۲۰۰۵؛ لهنار[4] و همکاران، ۲۰۱۱؛ ژانگ[5] و همکاران، ۲۰۱۷). رشد اقتصاد جهانی از یک‌سو و سازگاری با تغییرهای آب و هوایی از سوی دیگر منجر به توسعه سدسازی شده است که با توجه به نیازهای مصرف منابع آب و انرژی‌های تجدید پذیر همچنان باقی‌مانده است (وورلدبانک[6]، ۲۰۱۱). احداث سد، به‌طوراساسی به‌واسطه نیازهای اجتماعی و اقتصادی، ازجمله مصرف آب خانگی، آبیاری، کنترل سیل، ناوبری و تولید برق‌آبی و نیاز به استفاده کامل از ویژگی منابع آب جریان است (ICOLD[7], 2007). اگرچه ساخت سد باعث رشد سریع اقتصاد منطقه می‌شود، از طرفی سدها ناگزیر سیستم‌های طبیعی رودخانه را از طریق تأثیرهای گسترده خود بر پارامترهای هیدرولوژیکی جریان طبیعی

[1] - Van Looy
[2] - Marston
[3] - Nillson
[4] - Lehnar
[5] - Zhang
[6] - World Bank
[7] - International Commission on Large Dams (ICOLD)

تغییر می‌دهند (پوف[1] و همکاران، ۱۹۹۶؛ لهنار و همکاران، ۲۰۱۱). سدها با توجه به آن‌که دارای مزایای زیادی هستند، معایبی هم دارند و با برنامه‌ریزی دقیق و مدیریت مناسب می‌توان آن را کاهش داد. محل احداث سدها باید به‌گونه‌ای باشد که ازلحاظ توپوگرافی، زمین‌شناسی، در دسترس بودن مواد ساخت‌وساز تعیین شود. سدهای بزرگ باید به‌عنوان یک طرح بزرگ منطقه‌ای ثبت شود به‌طوری‌که تمامی جنبه‌های مرتبط با ساخت سد ازجمله شرایط زیست‌محیطی در آن رعایت شده باشد (مهتا[2] و همکاران، ۲۰۱۲). به‌طورکلی جریان‌های تغذیه‌شده توسط سدها به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده برای سیستم‌های طبیعی رودخانه در نظر گرفته می‌شود. به‌عنوان‌مثال، اختلال فیزیکی جریان‌های بالا و پایین، به‌طورمستقیم فرآیندهای دینامیکی رسوب‌ها و جریان‌های مواد مغناطیسی را تغییر داده و سپس باعث تغییر در ساختار و زیستگاه رودخانه می‌شود و درنتیجه جوامع بیولوژیکی و اکوسیستم‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد (بون و آرتینگتون[3]، ۲۰۰۲). ارزیابی تغییرات جریان در درک اثرات عمیق سدها بر روی سیستم‌های طبیعی رودخانه و برای بهینه‌سازی نقش تنظیم سدها مهم است (پوف و همکاران، ۲۰۰۷؛ ووروسمارتی[4] و همکاران، ۲۰۱۰؛ آرتینگتون و همکاران، ۲۰۱۲). مطالعه‌های قبلی بر تغییرهای مقدار جریان درنتیجه احداث سد و مقررات تمرکز کرده و نگرانی اصلی آن این است که مقررات سد بر کاهش جریان تأثیرگذار است (فیتزهوگ و ووگل[5]، ۲۰۱۱؛ گریل[6] وهمکاران، ۲۰۱۵). بااین‌حال، علاوه بر مقدار جریان، دیگر شاخص‌های مربوط به جریان از قبیل فراوانی، مدت‌زمان، زمان‌بندی و نرخ تغییر به‌طور فزاینده‌ای به‌عنوان اجزای جریان اصلی از دهه ۱۹۹۰، زمانی که یک رژیم جریان هیدرولوژیکی برای مطالعات پیش‌رو درزمینه ی سازه‌های هیدرولوژیکی پیشنهاد شد، تغییر کرده است (ریشتر[7] وهمکاران، ۱۹۹۶). تمام این مؤلفه‌ها نقش مهمی در بهره‌برداری از منابع آب، فرآیندهای بیوشیمیایی، زیست‌محیطی و حفظ یکپارچگی اکوسیستم طبیعی رودخانه ایفا می‌کنند (کنارد[8] و همکاران، ۲۰۱۰؛ آرتینگتون، ۲۰۱۲). بنابراین، ارزیابی منابع آب مربوط به سدها باید شامل ارزیابی رژیم کل جریان باشد تا بتواند دامنه دقیق‌تر تغییرهای هیدروگراف را به دست آورد و پایه و اساس هیدرولوژیک دقیق‌تری را برای درک مکانیسم‌هایی که تغییرهای رودخانه و سیستم‌های زیست‌محیطی را کنترل می‌کنند فراهم آورد. روشن است که قوانین احداث سد در چند دهه پایدار نیستند و تغییرهای زمانی در مقررات سد در حال تشخیص و ارزیابی است (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۷). در راستای ارزیابی تغییرهای جریان رودخانه‌ها، پژوهش‌های متعددی در داخل کشور صورت پذیرفته است که تعدادی از این مطالعه‌ها ذکر گردیده است. پیری و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تأثیر احداث سد در جابه‌جایی مسیر و تغییر الگوی رودخانه اهرچای استان آذربایجان شرقی با استفاده از GIS[9] و سنجش‌ازدور پرداختند که نتایج حاکی از کاهش دبی‌های سیلابی در دوره پس از احداث سد می‌باشد و هم‌چنین رودخانه از شکل سینوسیته خود

---

[1] - Poff
[2] - Mehta
[3] - Buun and Arthington
[4] - Vorosmarty
[5] - Fitzhugh and Vogel
[6] - Grill
[7] - Richter
[8] - Kennard
[9] - Geographic Information System (GIS)

کاسته و به سمت مستقیم‌تر شدن پیش می‌رود. مقدسی و همکاران (۱۳۹۳)، به بررسی تأثیر اقدام‌های مکانیکی بر دبی اوج آبخیز سد بوستان با استفاده از سامانه مدل‌سازی آبخیز پرداختند؛ نتایج حاکی از این بود که در اثر انجام اقدام‌های مکانیکی، باوجود اینکه مخازن پر از رسوب می‌باشد، دبی اوج به‌طور متوسط ۱/۷۹ درصد نسبت به عدم انجام این اقدام‌ها کاهش‌یافته که در صورت تخریب نشدن برخی از سازه‌ها، میزان این کاهش به ۵/۹۵ درصد می‌رسید. آذرنگ و همکاران (۱۳۹۴)، به بررسی اثرهای احداث سدهای بزرگ بر شرایط جریان و پارامترهای هیدرولیکی رودخانه کرخه با استفاده از مدل HEC-RAS پرداختند و به این نتیجه رسیدند که پارامترهای هیدرولیکی به ازای دبی‌های مشخص قبل و بعد از ساخت سد محاسبه گردیده است و نشان‌دهنده کاهش چشمگیر آن پارامترها در اثر احداث سد می‌باشد. خروشی عیسی‌لو وهمکاران (۱۳۹۶)، باهدف ارزیابی تغییرهای زمانی و مکانی شاخص سلامت هیدرولوژیک رودخانه‌های استان اردبیل، ضمن تهیه نقشه تغییرهای مکانی سلامت رودخانه در سطح استان، به این نتیجه رسیدند که حدود ۱۳ رودخانه از ۲۴ رودخانه موردمطالعه دارای روند زمانی کاهشی درجه سلامت هیدرولوژیک هستند و این کاهش در دوره‌های اخیر بسیار بیشتر از گذشته بوده است. هم‌چنین در خارج از کشور تحقیق‌های متعددی در خصوص ارزیابی تغییرات خصوصیت‌های هیدرولوژیک جریان انجام‌گرفته است. چن و همکاران (۲۰۱۰)، در رودخانه دونگ‌جیانگ در جنوب چین، به تغییرهای هیدرولوژیکی جریان ناشی از احداث سد پرداختند و به این نتیجه رسیدند که احداث سدها موجب تغییرهای قابل‌توجه هیدرولوژیکی می‌شوند و به‌شدت تعادل جریان رودخانه را برهم می‌زنند؛ هم‌چنین در اثر احداث سد، میزان تغییر یا بی‌نظمی در شاخص‌های هیدرولوژیک جریان افزایش‌یافته است. ژانگ و همکاران (۲۰۱۵)، در حوضه شرقی رودخانه در چین به‌منظور ارزیابی اثر احداث سد بر روی جریان رودخانه بر اساس تغییر هیدرولوژیک، به این نتیجه رسیدند که ساخت‌وسازها موجب کاهش اندازه جریان آب‌شده است. زو و لیانگ[1] (۲۰۱۵)، در استان هنان (Henan Province) در چین، به بررسی اثرهای سد روی رژیم جریان رودخانه شایینگ[2] با استفاده از رویکرد دامنه تغییرهای (RVA[3]) پرداختند و به این نتیجه رسیدند که احداث سدها تغییرهای زیادی روی رژیم جریان رودخانه داشته است. سوجکا[4] و همکاران (۲۰۱۶)، ارزیابی اثرهای احداث سد بر تغییرهای هیدرولوژیکی جریان رودخانه پووا با استفاده از IHA و رویکرد دامنه تغییرپذیری (RVA) را موردبررسی قراردادند. نتایج نشان داد که سد مخزنی تأثیر متوسطی بر رژیم هیدرولوژیک رودخانه داشته است. ساخت مخزن تأثیر مثبت بر تأمین جریان‌های کمینه دارد که برای حفاظت از زیست‌بوم‌های رودخانه‌ای اهمیت دارد؛ هم‌چنین موجب کاهش کنترل سیل‌ها می‌شود. با توجه به این‌که اکثریت‌قریب‌به‌اتفاق از سیستم‌های رودخانه‌ای جهان تحت کنترل و جریان آب قرار می‌گیرند و بیشتر رودخانه‌های جهان تحت تأثیر سدها قرار دارند (گراف[5]، ۱۹۹۹؛ نیلسون و همکاران، ۲۰۰۵). از طرفی اثرهای گزارش‌شده از سدها مربوط به تخریب

[1] - Zou and Liang
[2] - Shaying
[3] - Range of Variability Approach
[4] - Sojka
[5] - Graf

زیستگاه، کاهش بهره‌وری، کاهش دامنه توزیع و تغییرهای ثبت‌شده برای ترکیب جمعیت آبزیان است (کاتالانو[1] و همکاران، ۲۰۰۷؛ اسلاوسکی[2] و همکاران، ۲۰۰۸). سازه‌های هیدرولیکی ازجمله سدها، جریان طبیعی رودخانه را به جریان تنظیمی تبدیل کرده و باعث تغییرهای گسترده‌ای در جریان رودخانه‌ها می‌شوند. به‌بیان‌دیگر، با احداث سدهای مخزنی زمینه تغییرهای مضاعف بر شرایط رودخانه‌ها به‌خصوص در پایین‌دست این سازه‌ها به وجود می‌آید. می‌توان ادعا کرد که بهره‌برداری از سدهایی با مخازن حجیم اثرهای فراوانی بر شرایط جریان در پایین‌دست رودخانه‌ها دارد (آذرنگ و همکاران، ۱۳۹۴). در حوضه دریاچه ارومیه، تعداد ۶۷ سد توسط وزارت نیرو (۲۴ سد مهم و ۴۳ سد کوچک) و تعداد ۵۰ سد کوچک نیز توسط جهاد کشاورزی احداث شده است. از میان ۲۴ سد مهم حوضه، ۱۳ سد بزرگ ساخته‌شده و در حال بهره‌برداری است. سهم استان آذربایجان غربی از حجم مخازن سدها و آب تنظیم‌شده در حدود ۷۴ درصد است. این سهم برای استان‌های آذربایجان شرقی و کردستان به ترتیب ۲۱ و ۵ درصد می‌باشد (یاسی، ۱۳۹۶). حدود ۹۰ درصد آب‌های سطحی حوضه دریاچه ارومیه توسط ۲۴ سد مهم حوضه، کنترل و مصرف می‌گردد. درحالی‌که احیای دریاچه ارومیه نیازمند ورود جریان‌های قابل‌توجه از رودخانه‌های پیرامون آن است (یاسی، ۱۳۹۶). بنابراین این پژوهش باهدف بررسی تأثیر احداث سد بر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان (در چهار گروه جریان‌های اوج، جریان‌های حداقل، تغییرپذیری جریان و تداوم جریان) در بخش جنوبی حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از آزمون T مستقل صورت پذیرفته است.

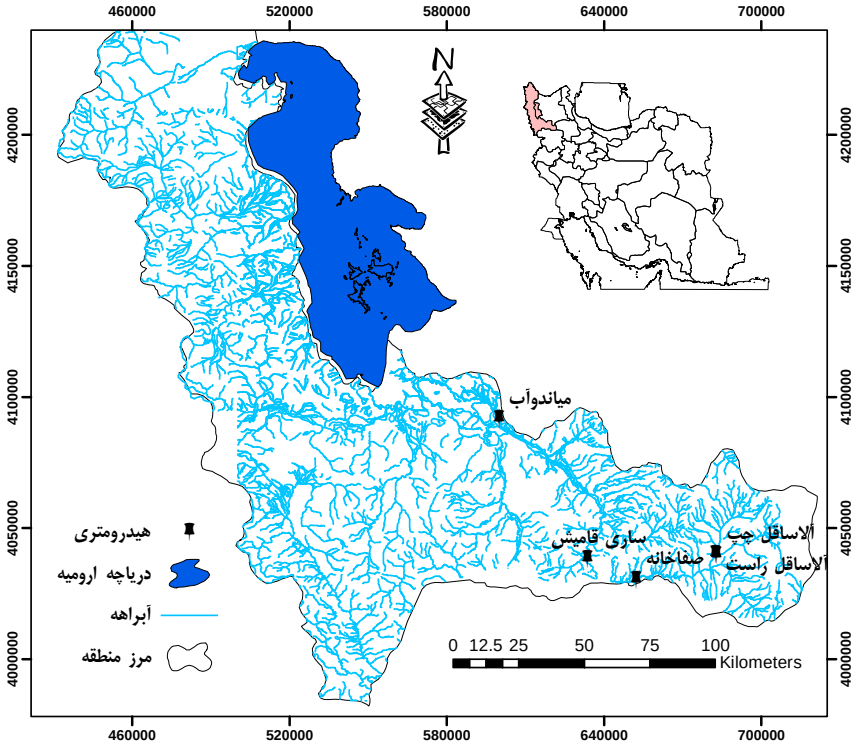
داده‌ها و روش‌ها

خصوصیت‌های منطقه موردمطالعه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه، در شمال غرب ایران، با مساحت حدود ۵۲۰۰۰ کیلومترمربع، یکی از شش حوضه آبریز اصلی کشور است. این حوضه سه استان آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان را در برمی‌گیرد. رودخانه زرینه‌رود که در جلگه جنوبی دریاچه ارومیه قرار دارد و مساحت حوضه آبخیز این رودخانه در حدود ۱۱۸۵۰ کیلومترمربع می‌باشد. هم‌چنین رودخانه ساروق‌چای یکی از زیر حوضه‌ها و شاخه‌های اصلی زرینه‌رود است که مساحت آن در حدود ۲۲۵۲ کیلومترمربع می‌باشد (عبدالهی‌پور و همکاران، ۱۳۹۴). در حال حاضر، بخش عظیمی از گستره آبی این دریاچه خشک گردیده و بیش از ۳۰ میلیارد مترمکعب آب آن نسبت به دوره‌های پرآبی دریاچه تا ۱۳۸۶ کم شده و دریاچه نسبت به کمینه تراز بوم شناسانه خود با کمبود بیش از ۱۲ میلیارد مترمکعب مواجه است (ساداء ۱۳۹۴). مهم‌ترین منابع تأمین آب دریاچه، بارش مستقیم روی دریاچه و رواناب‌های ورودی از رودخانه‌های حوضه به آن می‌باشد (ساداء ۱۳۹۴). شکل (۱) مربوط به موقعیت سدها و ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه در حوضه دریاچه ارومیه می‌باشد. اختصاص جریان زیست‌محیطی در رودخانه‌های ایران یکی از چالش‌های اصلی مدیریت و تخصیص منابع آب است. حفاظت چرخه زیست‌بوم در سامانه‌های آبی، نیازمند تخصیص حقابه معینی

[1] - Catalano
[2] - Slawski

تحت عنوان جریان زیست‌محیطی به رودخانه‌ها و آب‌های پذیرنده (تالاب‌ها، دریاچه‌ها و دریاها) است. اختصاص حقابه جریان زیست‌محیطی در رودخانه‌ها، صرف‌نظر از وجود یا عدم وجود سد یک ضرورت است؛ که در تعامل با دیگر تخصیص‌ها (مانند شرب، کشاورزی و صنعت) باید مدنظر قرار گیرد (شاعری‌کریمی و همکاران، ۲۰۱۴). طرح‌های توسعه منابع آب و گسترش زمین‌های فاریاب کشاورزی باعث تخلیه آب‌های زیرزمینی دشت‌ها و کاهش جریان‌های سطحی و زیرسطحی به سمت دریاچه ارومیه گردیده است. هم‌چنین توسعه زمین‌های کشاورزی و احداث سدها در بالادست حوضه و برداشت و مصرف بی‌رویه آب (مجاز و غیرمجاز) همچنان ادامه دارد (یاسی، ۱۳۹۶).



شکل ۱: موقعیت حوزه آبخیز عموقین در استان اردبیل و واحدهای هیدرولوژیکی موردمطالعه

روش تحقیق

در این پژوهش، تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان در اثر احداث سد (دوره‌های قبل و بعد از احداث سد) در برخی از رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از آزمون آماری T مستقل موردبررسی قرار گرفت. داده‌های دبی روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه از شرکت آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی تهیه گردید که طول دوره آماری داده‌ها، سال‌های آبی ۱۳۹۱-۱۳۳۴ می‌باشد. پس از جمع‌آوری اطلاعات دبی روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه موردمطالعه، ابتدا جهت تعیین موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری تحت تأثیر سد از نرم‌افزار Google Earth استفاده شد و پس از بررسی موقعیت ایستگاه‌ها و سدهایی که بر روی آن‌ها تأثیر گذاشته است، برای

ثبت درمجموع پنج ایستگاه هیدرومتری تحت تأثیر سد مشخص گردید. اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های هیدرومتری تحت تأثیر سد در دریاچه ارومیه در جدول (۱) ارائه‌شده است.

جدول ۱: اطلاعات مربوط به برخی از ایستگاه‌های هیدرومتری تحت تأثیر سد در دریاچه ارومیه

ردیف	ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع	نام سد	سال بهره‌برداری	نام رودخانه
۱	شاخه چپ آلاسق	۴۷-۰۳	۳۶-۲۹	۱۳۵۰	احمدآباد	۱۳۹۱	ساروق‌چای
۲	شاخه راست آلاسقل	۴۷-۰۲	۳۶-۲۴	۱۷۰۰	گوگردچی	۱۳۸۸	ساروق‌چای
۳	صفاخانه	۴۶-۴۲	۳۶-۳۵	۱۷۰۰	گوگردچی	۱۳۸۸	ساروق‌چای
۴	میاندوآب زرینه‌رود	۴۶-۰۲	۳۶-۵۴	۱۳۸۰	نوروزلو	۱۳۴۶	زرینه‌رود
۵	ساری‌قامیش	۴۶-۲۹	۳۶-۲۹	۱۴۳۴	شهید کاظمی	۱۳۵۰	زرینه‌رود

در مرحله بعد، نوزده شاخص هیدرولوژیک جریان در نرم‌افزار Excel بر اساس داده‌های دبی در چهار گروه جریان‌های اوج[1]، جریان‌های حداقل[2]، تداوم جریان[3] و تغییرپذیری جریان[4] موردمحاسبه قرار گرفت و تغییرهای شاخص‌های هیدرولوژیک جریان در اثر وقوع سد در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد که جزء اهداف اصلی تحقیق است، مشخص شد. جدول (۲) نشان‌دهنده تعداد، نوع و مشخصات نوزده شاخص هیدرولوژیک جریان می‌باشد.

جدول ۲: مشخصات مربوط به شاخص‌های هیدرولوژیک استفاده‌شده در برخی از ایستگاه‌های حوضه دریاچه ارومیه

شماره	خصوصیت جریان	شاخص	علامت اختصاری	واحد	توضیحات
۱	Peak flows	دبی حداکثر یک‌روزه	M×1d	m^3/km^2	متوسط حداکثر دبی‌های روزانه در طول دوره
۲	Average	دبی متوسط روزانه	Avg	[days]	متوسط دبی‌های روزانه در طول دوره
۳	Minimum	دبی حداقل یک‌روزه	Min	[days]	حداقل دبی‌های روزانه در طول دوره
۴	Low flows	دبی حداقل هفت‌روزه	Mn7d	m^3/km^2	متوسط حداقل دبی‌های هفت‌روزه در طول دوره
۵	Low flows	تعداد روزهای صفر	ZeroD	[days]	متوسط تعداد روزهای جریان با دبی صفر
۶	Flow duration	دبی ۱۰ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان	Q10	m^3/s	دبی برابر یا بیش‌تر از مقداری که در ۱۰ درصد ایام سال جریان دارد
۷	Flow duration	دبی ۵۰ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان	Q50	m^3/s	دبی برابر یا بیش‌تر از مقداری که در ۵۰ درصد ایام سال جریان دارد
۸	Flow duration	دبی ۷۵ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان	Q75	m^3/s	دبی برابر یا بیش‌تر از مقداری که در ۷۵ درصد ایام سال جریان دارد
۹	Flow duration	دبی ۹۵ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان	Q95	m^3/s	دبی برابر یا بیش‌تر از مقداری که در ۹۵ درصد ایام سال جریان دارد

[1] - Peak flows
[2] - Low flows
[3] - Flow duration
[4] - Flow variability

۱۰	Flow variability	متوسط ضریب تغییرات سالانه	CV_Day	[–]	متوسط ضریب سالانه از تغییر در مقادیر جریان روزانه انحراف استاندارد تقسیم‌بر میانگین
۱۱	Flow variability	انحراف معیار	STDEV	STDEV	انحراف معیار دبی‌های روزانه
۱۲	Flow variability	چولگی	Skew	[–]	معیار آماری تقارن در توزیع داده‌های جریان روزانه
۱۳	Flow variability	کشیدگی	Kurt	[–]	معیاری از تیزی منحنی در نقطه ماکزیمم است
۱۴	Flow variability	شدت اوج‌گیری	Rate of rising	m^3/s	میانگین تفاوت‌های مثبت بین دبی روزانه متوالی
۱۵	Flow variability	شدت فروکش	Rate of falling	m^3/s	میانگین تفاوت‌های منفی بین دبی روزانه متوالی
۱۶	Flow variability	تعداد اوج‌گیری	Rising Days	Day	تعداد روزهایی با دبی صعودی
۱۷	Flow variability	تعداد فروکش	Rising Days	Day	تعداد روزهایی با دبی نزولی
۱۸	Flow variability	شاخص عکس‌العمل	Flash	[–]	شاخص عکس‌العمل که نشان‌دهنده تغییرات روزانه به‌طور متوسط در رودخانه تقسیم‌بر متوسط جریان رودخانه در طول دوره آماری
۱۹	Flow variability	متوسط زمان بیش‌تر بودن جریان رودخانه از متوسط درازمدت	TQmean	[–]	عدم تقارن توزیع فراوانی رودخانه اما با حساسیت کم‌تر از ضریب انحراف

جهت ارزیابی میزان تأثیر سد بر روی تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان از آزمون T مستقل[1] در نرم‌افزار SPSS Statistics 15 استفاده گردید.

آزمون T مستقل

برای ارزیابی میزان یکسان بودن و نبودن میانگین نمونه‌ای با میانگین جامعه در حالتی به‌کار می‌رود که انحراف معیار جامعه مجهول باشد، چون توزیع t (رابطه ۱) در مورد نمونه‌های کوچک با استفاده از درجات آزادی تعدیل می‌شود، می‌توان از این آزمون برای نمونه‌های بسیار کوچک استفاده نمود. هم‌چنین این آزمون مواقعی که خطای استاندارد جامعه نامعلوم و خطای استاندارد نمونه معلوم باشد، کاربرد دارد. برای به‌کاربردن این آزمون، متغیر موردمطالعه باید در مقیاس فاصله‌ای و شکل توزیع آن نرمال باشد. برای انجام آزمون t، متغیر موردمطالعه باید در مقیاس فاصله‌ای باشد. تشریح نتایج آزمون T مستقل به این صورت است که اگر مقدار Sig (سطح معناداری) کمتر یا مساوی ۰/۰۵ باشد؛ بدین معنی است که اختلاف معناداری بین دو گروه موردمطالعه وجود دارد. این در حالی است که اگر Sig (سطح معناداری) بیشتر از ۰/۰۵ باشد یعنی اختلاف معناداری بین دو گروه موردمطالعه وجود ندارد (فی و پروسچان[2]، ۲۰۱۰؛ دریک[3] و همکاران، ۲۰۱۷).

[1] - Independent Sample T-Test
[2] - Fay and Proschan
[3] - Derrick

رابطه (۱)

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s/\sqrt{n-1}}$$

که در آن، s خطای استاندارد توزیع نمونه‌ای، $\bar{x}$ میانگین برآورد شده نمونه‌ای، μ میانگین جامعه و n تعداد نمونه می‌باشد. در این تحقیق، شاخص‌های هیدرولوژیک مرتبط با جریان رودخانه‌ای در هرکدام از ایستگاه‌های هیدرومتری، بر اساس سال بهره‌برداری سدها، در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد با استفاده از آزمون یادشده ارزیابی شد و در ادامه نتایج مورد تفسیر قرار گرفت.

نتایج و بحث

با استفاده از آزمون T مستقل، میزان تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان تحت تأثیر احداث سد در برخی از رودخانه‌های دریاچه ارومیه در چهار گروه جریان‌های اوج، جریان‌های حداقل، تداوم جریان و تغییرپذیری جریان در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد موردبررسی قرار گرفت. به‌طورکلی ۱۹ شاخص هیدرولوژیک که در چهار گروه یادشده قرار دارند شامل شاخص‌های Max، Mean، Min، Min7Q، Zero Days، Q10، Q50، Q70، Q95، CV، Stdev، Skew، Kurtosis، Rate of Rising، Rate of Falling، Number of Rising، Number of Falling، Flashinnes و TQMean در نرم‌افزار EXCEL موردمحاسبه قرار گرفتند و سپس با استفاده از آزمون T مستقل، تغییرات شاخص‌های یادشده در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد مورد ارزیابی قرار گرفت؛ که نتایج هر یک از شاخص‌ها در جداول (۳) تا (۷) ارائه‌شده است.

جدول ۳: نتایج مربوط به شاخص ماکزیمم در گروه جریان‌های اوج در ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه

ایستگاه / شاخص	میاندوآب		صفاخانه		آلاسقل (راست)		آلاسقل (چپ)		ساری قامیش	
	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig
Max	-1.04	0.31	0.596	0.58	-0.101	0.92	1.067	0.36	1.43	0.157

* همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** همبستگی معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۴: نتایج مربوط به شاخص میانگین در ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه

ایستگاه / شاخص	میاندوآب		صفاخانه		آلاسقل (راست)		آلاسقل (چپ)		ساری قامیش	
	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig
Mean	0.48	0.63	1.354	0.24	0.167	0.847	3.671	0.00**	0.221	0.826

* همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** همبستگی معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۵: نتایج مربوط به شاخص‌های هیدرولوژیک گروه جریان‌های حداقل در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه

ایستگاه / شاخص	میاندوآب		صفاخانه		آلاسقل (راست)		آلاسقل (چپ)		ساری قامیش	
	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig
Min	-4.3	0.00**	1.112	0.00**	0.984	0.336	0.676	0.52	-2.54	0.00**
Min7Q	-0.4	0.66	1.884	0.12	0.163	0.877	0.888	0.39	0.111	0.912
Zero Days	0	0	-1.84	0.08	-0.02	0.981	4.149	0.00**	-1.18	0.241

* همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** همبستگی معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۶: نتایج مربوط به شاخص‌های هیدرولوژیک گروه تداوم جریان در ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه

ایستگاه / شاخص	میاندوآب		صفاخانه		آلاسقل (راست)		آلاسقل (چپ)		ساری قامیش	
	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig
Q10	-0.29	0.77	0.55	0.59	1.413	0.173	2.27	0.05*	1.574	0.12
Q50	0.058	0.07	0.536	0.6	1.754	0.138	0.758	0.47	-3.39	0.00**
Q75	-6.11	0.00**	3.566	0.01**	2.779	0.11	0.525	0.63	-3.64	0.00**
Q95	-6.16	0.00**	3.128	0.00**	2.97	0.07	-0.91	0.46	-3.05	0.00**

* همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** همبستگی معنی‌دار در سطح ۱ درصد

جدول ۷: نتایج مربوط به شاخص‌های هیدرولوژیک گروه تغییرپذیری جریان در ایستگاه‌های هیدرومتری موردمطالعه

ایستگاه / شاخص	میاندوآب		صفاخانه		آلاسقل (راست)		آلاسقل (چپ)		ساری قامیش	
	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig	t	Sig
CV	0.693	0.5	-0.84	0.4	-1.53	0.247	1.475	0.2	3.593	0.00**
Stdev	-0.26	0.8	0.333	0.74	-0.48	0.636	-0.70	0.55	-1.533	0.13
Skew	-2.93	0.01**	-2.43	0.02*	-0.33	0.744	-0.73	0.53	-1.147	0.26
Kurtosis	-1.16	0.26	-0.39	0.97	0.259	0.798	-0.41	0.72	-1.981	0.54
Rate of rising	-0.86	0.4	0.203	0.84	-0.63	0.583	-1.48	0.15	1.465	0.15
Rate of Falling	-0.16	0.87	-1.11	0.33	0.067	0.947	0.726	0.54	-2.873	0.00**
Number of rising	0.299	0.77	0.518	0.65	0.758	0.517	-0.72	0.54	-1.425	0.16
Number of Falling	0.299	0.77	0.518	0.65	-0.75	0.517	-0.13	0.91	1.94	0.00**
Flashinnes	1.566	0.13	-0.09	0.93	-1.91	0.176	-0.13	0.91	5.333	0.00**
TQMean	0.299	0.77	-0.51	0.65	0.758	0.517	-0.72	0.54	-1.425	0.16

* همبستگی معنی‌دار در سطح ۵ درصد، ** همبستگی معنی‌دار در سطح ۱ درصد

در جدول‌های (۳) تا (۷)، برای پنج ایستگاه تحت تأثیر سد، سطح معنی‌داری شاخص‌ها، بدین‌صورت است که اگر Sig (معناداری) شاخص‌ها کمتر از ۰/۰۵ باشد با یک ستاره و اگر کمتر از ۰/۰۱ باشد با دوستاره در بالای آن و اگر بیشتر از ۰/۰۵ باشد بدون هیچ علامت خاصی مشخص گردیده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از مقادیر Sig می‌توان گفت که در سطح ۱ درصد در دوره بعد از احداث سد، مقادیر شاخص‌های دبی حداقل ۱ روزه، دبی متوسط روزانه، دبی ۵۰، ۷۵ و ۹۵ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان، تعداد روزهای با جریان صفر، چولگی، متوسط ضریب تغییرهای سالانه، شدت فروکش، تعداد فروکش و شاخص عکس‌العمل، تفاوت معناداری نسبت به دوره قبل از احداث سد داشته است. این در حالی است که در سطح ۵ درصد، در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد بین مقادیر شاخص‌های دبی ۱۰ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان و چولگی تفاوت معنادار وجود دارد. هم‌چنین در بررسی میزان تأثیر احداث سد در بین پنج ایستگاه موردمطالعه، ایستگاه هیدرومتری شاخه راست آلاسقل کمترین و ایستگاه هیدرومتری ساری‌قامیش بیشترین تأثیر را نشان می‌دهند.

نتیجه‌گیری

این پژوهش، باهدف مقایسه آماری شاخص‌های هیدرولوژیک جریان در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد در برخی از رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از آزمون T مستقل صورت پذیرفته است. بدین منظور ابتدا نوزده شاخص هیدرولوژیک جریان در چهار گروه اصلی جریان‌های اوج، تغییرپذیری جریان، جریان‌های حداقل و تداوم جریان موردمحاسبه قرار گرفت. سپس میزان تأثیر احداث سد در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد بر روی شاخص‌های هیدرولوژیک جریان با استفاده از آزمون T مستقل بررسی شد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان بیان کرد که در سطح ۱ درصد در دوره بعد از احداث سد، مقادیر شاخص‌های دبی حداقل ۱ روزه، دبی متوسط روزانه، دبی ۵۰، ۷۵ و ۹۵ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان، تعداد روزهای با جریان صفر، چولگی، متوسط ضریب تغییرهای سالانه، شدت فروکش، تعداد فروکش و شاخص عکس‌العمل، تفاوت معناداری نسبت به دوره قبل از احداث سد داشته است. این در حالی است که در سطح ۵ درصد، در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد بین مقادیر شاخص‌های دبی ۱۰ درصد بر اساس منحنی تداوم جریان و چولگی تفاوت معنادار وجود دارد. شاخص‌های معنی‌دار برای هر ایستگاه بیان‌کننده آن است که تفاوت معنی‌داری ازلحاظ جریان رودخانه در دوره‌های قبل و بعد از احداث سد در ایستگاه موردنظر وجود دارد. هم‌چنین در بررسی میزان تأثیر احداث سد در بین پنج ایستگاه موردمطالعه، ایستگاه هیدرومتری شاخه راست آلاسقل کمترین و ایستگاه هیدرومتری سارینا بیشترین تأثیر را نشان می‌دهند. بنابراین می‌توان گفت که احداث سد به‌عنوان یک سازه انسانی، عاملی تأثیرگذار بر جریان طبیعی رودخانه‌ها هست که یک تفاوت معناداری بین دوره‌های قبل و بعد از احداث سد را موجب شده است. هم‌چنین احداث سدها در رودخانه‌های موردمطالعه، موجب تغییرهای قابل‌توجه در شاخص‌های هیدرولوژیکی جریان شده‌اند؛ که به‌شدت تعادل جریان رودخانه را برهم می‌زنند و هم‌چنین در اثر احداث سد، میزان تغییر یا بی‌نظمی در شاخص‌های هیدرولوژیک جریان افزایش‌یافته است و با نتایج جن و همکاران (۲۰۱۰) و زو و یانگ (۲۰۱۵) در یک راستا است. این در حالی است که سوجکا و همکاران (۲۰۱۶) به اثر مثبت عملیات احداث سد بر تنظیم جریان اشاره نموده‌اند که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی ندارد.

در حالت کلی می‌توان گفت که احداث سدهای احمدآباد، گوگردچی، نوروزلو و شهید کاظمی بوکان موجب تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان طبیعی رودخانه‌های موردمطالعه شده است؛ که این امر می‌تواند اثر منفی بر روی تنوع زیستی گونه‌های گیاهی و جانوری منطقه داشته باشد. هم‌چنین از عوامل اصلی ایجاد تغییرهای غیراصولی در رودخانه‌ها، دخل و تصرف انسانی به حدود بستر و حریم رودخانه‌ها می‌باشد؛ که به‌طورمعمول سبب بروز مسائل و مشکلاتی گردیده است و تبعات اجتماعی، اقتصادی و سیاسی آن گاهی تا مدت‌ها قابل لمس می‌باشد و از طرفی احیای دریاچه ارومیه نیازمند ورود جریان‌های قابل‌توجه رودخانه‌های پیرامون می‌باشد. با توجه به اینکه سدها، جریان طبیعی رودخانه را به جریان تنظیمی تبدیل کرده و باعث تغییرهای گسترده‌ای در جریان رودخانه‌ها می‌شوند؛ بنابراین ضرورت دارد که تغییر شاخص‌های هیدرولوژیک جریان ناشی از احداث سد در برنامه‌ریزی‌های استفاده از جریان سطحی و نیز ملاحظات زیست‌محیطی اثرهای سدها مدنظر قرار گیرد. به همین دلیل بررسی مطالعاتی که در

خصوص فعالیت‌های انسانی (از قبیل احداث سد) می‌باشد امکان اتخاذ تصمیم‌گیری‌های جامع مدیریتی را فراهم می‌سازد و می‌تواند در بهینه‌سازی بهره‌برداری‌ها از رودخانه‌ها نقش مهمی را ایفاء کند.

منابع

آذرنگ، فرهنگ؛ تلوری، عبدالرسول؛ صدقی، حسین و شفاعی بجستان، محمود (۱۳۹۴). اثرات احداث سدهای بزرگ بر شرایط جریان و پارامترهای هیدرولیکی رودخانه (مطالعه موردی: رودخانه کرخه پایین‌دست سد مخزنی)، آب‌وخاک، شماره ۱، صص ۲۷-۱۱.

بیاتی خطیبی، مریم (۱۳۸۵). بررسی نحوه تأثیر سد سهند بر تغییر مورفولوژی بستر جریان رودخانه قرنقو، بر ویژگی‌های فرسایشی و رسوب زایی آن (مطالعه موردی؛ حوضه قرنقوچای، دامنه‌های شرقی کوهستان سهند (شمال غرب ایران))، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۱، صص ۲۲۰-۱۹۹.

پیری، زهرا؛ رضایی مقدم، محمدحسین و عاشوری، محمد (۱۳۹۱). بررسی تأثیر احداث سد در جابه‌جایی مسیر و تغییر الگوی رودخانه با استفاده از GIS و سنجش‌ازدور (مطالعه موردی: رودخانه اهر چای)، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۵، شماره ۴، صص ۱۲-۱.

خروشی عیسی‌لو، سعید؛ مصطفی‌زاده، رئوف؛ اسمعلی عوری، اباذر و رئوف، مجید (۱۳۹۶). ارزیابی تغییرات زمانی و مکانی شاخص سلامت هیدرولوژیک رودخانه در حوزه‌های آبخیز استان اردبیل، اکو هیدرولوژی، شماره ۲، صص ۳۹۳-۳۷۹.

خروشی عیسی‌لو، سعید؛ مصطفی‌زاده، رئوف؛ اسمعلی‌عوری، اباذر و رئوف، مجید (۱۳۹۵). سلامت رودخانه، اهمیت و کاربردهای آن، ترویج و توسعه آبخیزداری، دوره ۴، شماره ۱۳، صص ۴۰-۳۵.

سادا (۱۳۹۴). دریاچه ارومیه: علل خشکی و تهدیدات احتمالی، گزارش کمیته اجتماعی- فرهنگی ستاد احیای دریاچه ارومیه (سادا)، تهران، شهریور ۱۳۹۴، صص ۳۷-۱، (http://ulrp.sharif.ir).

عبدالهی‌پور، آرمان؛ معظمی گودرزی، صابر و ذاکری نیری، محمود (۱۳۹۴). ارزیابی الگوریتم‌های بارش ماهواره‌ای در شبیه‌سازی جریان روزانه رود ساروق‌چای با استفاده از شبیه IHACRES، مهندسی منابع آب، سال ۸، صص ۷۲-۵۹.

محتشمی، نازیلا. صالح، ایرج؛ نظری، محمدرضا و رفیعی، حامد (۱۳۹۳). ارزیابی آسیب‌های زیست‌محیطی احداث سد البرز در استان مازندران با استفاده از روش آزمون انتخاب، اقتصاد کشاورزی، دوره ۸، شماره ۴، صص ۱۵۳-۱۲۷.

مقدسی، نفیسه؛ بردی شیخ، واحد؛ نجفی‌نژاد، علی و کریمی‌راد، ایمان (۱۳۹۳). تأثیر اقدامات مکانیکی بر دبی اوج آبخیز سد بوستان با استفاده از سامانه مدل‌سازی آبخیز، مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۸، شماره ۳، صص ۳۳۸-۳۳۲.

یاسی، مهدی (۱۳۹۶). مدیریت رودخانه‌ها و سدها در تأمین و هدایت آب به دریاچه ارومیه، پژوهش‌های راهبردی در علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۲، شماره ۱، صص ۷۶-۵۹.

Arthington, A.H. (2012). Environmental Flows Saving Rivers in the Third Millennium. University of California Press, Berkeley, CA, 1-406.

Bunn, S.E., Arthington, A.H. (2002). Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. Environmental Management, 30(4), 492–507.

Catalano, M.J., Bozek, M.A., Pellett, T.D. (2007). Effects of dam removal on the fish assemblage structure and spatial distributions in the Baraboo River, Wisconsin. North American Journal of Fisheries Management, 27, 519–530.

Chen, Y.D., Yang, T., Xu, C.Y., Zhang, Q., Chen, X., Hao, Z.C. (2010). Hydrologic Alteration Along with the Middle and Upper East River (Dongjiang) Basin, South China: a visually enhanced mining on the results of the RVA method, 9-18.

Derrick, B., Toher, D., White, P. (2017). How to compare the means of two samples that include paired observations and independent observations: A companion to Derrick, Russ, Toher, and White (2017)". The Quantitative Methods for Psychology, 13(2), 120–126. DOI:10.20982/tqmp.13.2.p120.

Fay, M.p., Proschan, M.A. (2010). "Wilcoxon–Mann–Whitney or t-test? On assumptions for hypothesis tests and multiple interpretations of decision rules", Statistics Surveys, 4, 1–39. DOI:10.1214/09-SS051. PMC 2857732 Freely accessible. PMID 20414472.

FitzHugh, T.W., Vogel, R.M. (2011). The impact of dams on flood flows in the United States. River Research and Applications, 27(10), 1192-1215.

Graf, W.L. (1999). Damnation: a geographic census of American dams and their large-scale hydrologic impacts, Water Resources Research, 35 (4), 1305–1311.
Grill, G., Lehner, B., Lumsdon, A. E., MacDonald, G. K., Zarfl, C., Liermann, C. R. (2015). An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. Environmental Research Letters, 10(1), 1-16.
ICOLD, (2007), Dams and the World's Water, International Commission on Large Dams, 1-64...
Kennard, M.J., Mackay, S.J., Pusey, B.J., Olden, J.D., Marsh, N. (2010a). Quantifying uncertainty in the estimation of hydrologic metrics for ecohydrological studies. River Research and Applications, 26(2), 137–156.
Kennard, M.J., Pusey, B.J., Olden, J.D., Machay, S.J., Stein, J.L., Marsh, N. (2010b). Classification of natural flow regimes in Australia to support environmental flow management. Freshwater Biology, 55, 171–193.
Lehner, B., Reidy, L.C.A., Revenga, C., Fekete, B., Vörösmarty, C.J., Crouzet, P., Döll, P., Endejan, M., Frenken, K., Magome, J., Nilsson, C., Robertson, J., Rödel, R., Sindorf, N., Wisser, D. (2011). High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. Frontiers in Ecology and the Environment, 9, 494-542.
Marston, R.A., Mills, J.D., Wrazien, D.R., Bassett, B., and Splinter, D.K. (2005). Effects of Jackson Lake Dam on the Snake River and its floodplain, Grand Teton National Park, Wyoming, USA, Geomorphology, 71, 79-98.
Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M., Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems, Science, 308, 405–408.
Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegaard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E., Stromberg, J.C. (1997). The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. Bioscience, 47,769–784.
Poff, N.L., Olden, J.D., Merritt, D., Pepin, D., 2007. Homogenization of regional river dynamics by dams and global biodiversity implications. Proceeding of the. National Academy of Science of the USA, 104, 5732–5737.
Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J., Braun, D.P. (1996). A Method for Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems, Conservation Biology, 1163-1174.
Shaerikarimi, S., Yasi, M., Eslamian, S. (2012). Use of hydrological methods for the assessment of environmental flow in a river reach". International Journal of Environmental. Science and Technology, 9(3),549- 558.
Slawski, T.M., Veraldi, F.M., Pescitelli, S.M., Pauers, M.J. (2008). Effects of tributary spatial position, urbanization, and multiple low-head dams on warm water fish community structure in a Midwestern stream, North American Journal of Fisheries Management, 28, 1020–1035.
Sojka, M., Jaskula, J., Wischer-Dysarz, J., and Dysarz, T. (2016). Assessment of dam construction impact on hydrological regime changes in lowland river – A case of study: the Stare Miasto reservoir located on the Powa River, Journal of Water and Land Development, 30(1), 119-125.
Van Looy, K., Tormos, Th., Souchon Y. (2013). Disentangling dam impacts in river networks, Ecological Indicators, 37, 10-20.
Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Liermann, C.R., Davies, P.M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity, Nature, 467, 555–561.
Zhang, Q., Gu, X., Singh, V.P., Chen, X. (2015). Evaluation of Ecological Instream Flow Using Multiple Ecological Indicators with Consideration of Hydrological Alterations, Journal of Hydrology, 529, 711-722.
Zhang, Y., Shao, Q. and Zhao, T. (2017). Comprehensive assessment of dam impacts on flow regimes with consideration of interannual variations, Journal of Hydrology, 1-47.
Zou, Q., Liang, S.H. (2015). Effects of Dams on River Flow Regime Based on IHA/RVA. Remote Sensing and GIS for Hydrology and Water Resources, IAHS Publications, 368, 1-6.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۲۰
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۱۹
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۲۱
صفحات: ۳۴ - ۱۵

شبیه سازی انتقال فلزات سنگین در آب زیرزمینی آبخوان معدن سنگ آهن گل‌گهر

رضا جهانشاهی*[۱]، سپیده مالی[۲]، الهام راوند[۳]

چکیده

ناحیه معدنی گل گهر در ۵۳ کیلومتری جنوب غرب شهر سیرجان در استان کرمان واقع‌شده است و یکی از بزرگ‌ترین معادن روباز کشور می‌باشد. در پی بهره‌برداری از ماده معدنی، تراز کف پیت به زیر سطح ایستابی رسیده است. در حال حاضر عملیات زهکشی در محل اجرا می‌شود و آب‌های پمپاژ شده و پساب کارخانه معدن به مناطق خارج از محدوده‌ی معدنکاری پیت منتقل می‌شوند. احتمال داده می‌شود آب‌های یادشده بانفوذ در عمق از دیوار شرقی وارد پیت شوند. از طرفی دیگر آب و پساب‌های یادشده دارای مواد حل‌شده و معلق فراوانی هستند و با نفوذ به زمین می‌توانند سبب آلودگی آب زیرزمینی منطقه شوند. در این راستا منطقه‌ای که در حدود ۴ کیلومتر نسبت به پیت فاصله دارد، جهت ساخت سد رسوب‌گیر در نظر گرفته‌شده است. در این تحقیق بررسی آلودگی نیکل در آب زیرزمینی منطقه با استفاده از آزمایش ایزوترم و مشخص کردن پلوم آلودگی فلزهای سنگین با کمک نرم‌افزار FEFLOW انجام‌شده است. آزمایش جذب ایزوترم نشان می‌دهد که مقدار Kd فلز مس در هر دو حالت خطی و غیرخطی بیش از Ni و Co است و از طرفی دیگر، در مدل غیرخطی فرندلیچ، مس از نوع با توان بیش از ۱ و Ni و Co از نوع با توان کمتر از ۱ می‌باشد؛ بنابراین ظرفیت جذب مس بسیار بیشتر از دو فلز دیگر است. بنابراین در حالتی که سه عنصر یاد شده به محیط وارد شوند، مس در مقایسه با دو فلز دیگر، بیشتر در دام ذرات جاذب گرفتار می‌شود و آلودگی مس در محیط آب به‌مراتب کمتر خواهد بود. همچنین توانایی جذب فلزهای سنگین توسط سنگ‌های منطقه در حالت پودر شده، کمتر از خاک‌های منطقه است. نتایج شبیه‌سازی جریان و انتقال جرم در محدوده‌ی پیت نشان می‌دهد که به دلیل زهکشی، یک زون تسخیر در محدوده‌ی پیت ایجادشده است. بنابراین، این سبب شده است ابر آلودگی فلزهای سنگین به سمت پیت و چاه‌های پمپاژ حرکت کرده و از نشر آلودگی به مناطق دورتر از پیت به طریق انتقال فررفت جلوگیری نماید. همچنین مدل‌سازی آلودگی آب زیرزمینی در محدوده‌ی سد رسوب‌گیر نشان می‌دهد که به دلیل هدایت هیدرولیکی پایین، شیب هیدرولیکی کم و درنتیجه سرعت‌پایین آب زیرزمینی، زمان ماندگاری آلودگی نیکل در محدوده‌ی سد رسوب‌گیر طولانی خواهد بود و احتمال نشت آلودگی به پایین‌دست اندک باشد.

واژگان کلیدی: ابر آلودگی، آزمایش ایزوترم، سد رسوب‌گیر، مدل آلودگی آب زیرزمینی، نرم‌افزار فیفلو.

۱- استادیار گروه زمین شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان (نویسنده مسئول) jahanshahireza@science.usb.ac.ir
۲- دانشجوی دکتری آب شناسی دانشگاه صنعتی شاهرود sepidehmali@shahroodut.ac.ir
۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد آب شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان ravandgeology@yahoo.com

مقدمه

از مدل‌های تحلیلی و عددی می‌توان جهت شبیه‌سازی و پیش‌بینی جریان آب زیرزمینی و انتقال جرم (آلودگی) در معادن استفاده نمود. روش‌های تحلیلی بر اساس یک سری فرض‌های ساده‌سازی طراحی‌شده‌اند و قادر نیستند تا به‌درستی شرایط و پارامترهای هیدرولیکی سفره‌ها را در نظر بگیرند و یک شبیه‌سازی واقع‌گرایانه از وضعیت هیدروژئولوژیکی پیچیده اطراف معدن را داشته باشند؛ درحالی‌که مدل‌سازی به روش عددی، بخصوص روش عناصر محدود، شرایط مختلف جریان بسته به نوع سفره را در نظر می‌گیرد و قادر است شرایط پیچیده هیدروژئولوژیکی را در محدوده معدن با دقت بالا شبیه‌سازی کند (دولتی ارده‌جانی و همکاران، ۱۳۸۳). در ارتباط آلودگی و همچنین شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی و انتقال جرم در معادن، پژوهش‌های بسیاری انجام‌شده که در ادامه به برخی اشاره‌شده است. یک مدل مفهومی هیدروژئولوژیکی سه‌بعدی و یک مدل عددی برای پیش‌بینی جریان آب‌های زیرزمینی و تکامل آب زیرزمینی در یک معدن فسفات در لایبو چین، طراحی‌شده است. توسعه مخروط افت در مناطق معدن و اطراف آن پیش‌بینی‌شده و تأثیرهای مربوط به محیط‌زیست موردبحث قرارگرفته است. این مدل همچنین میزان جریان آب زیرزمینی را در تونل‌های مختلف معدن تخمین زده است. از نتایج پژوهش برای برنامه‌ریزی پمپاژ آب‌های زیرزمینی و زهکشی معدن در مراحل مختلف توسعه معادن استفاده‌شده است (Zhang et al., 2018). به علت بهره‌برداری و پمپاژ آب زیرزمینی در معدن روباز ییمین چین غلظت آهن، منگنز و یون‌ها افزایش‌یافته است. مدل جریان آب زیرزمینی و راه‌حل‌های تحلیلی در این مطالعه برای پیش‌بینی غلظت آلودگی و روند تغییرهای پس از کالیبراسیون استفاده شد. با پمپاژ مداوم، آلاینده‌ها به سمت چاه در جهت جریان مهاجرت و غنی شده‌اند. همچنین غلظت آلاینده‌ها و دامنه آلودگی با افزایش جریان افزایش‌یافته است (Li et al., 2016). اثرهای زهکشی آب دریکی از معادن زغال‌سنگ لهستان موردبررسی قرارگرفته است. آب‌های زیرزمینی دارای pH نزدیک به خنثی است. درحالی‌که غلظت بالای سولفات (تا ۸۲۷/۳ میلی‌گرم در لیتر)، کلرید (تا ۹۰۳ میلی‌گرم در لیتر) و سدیم (تا ۶۰۶ میلی‌گرم در لیتر) دیده می‌شود. غلظت آهن و منگنز تنها به‌صورت محلی افزایش‌یافته و غلظت فلزهای دیگر کم است. به نظر می‌رسد غلظت آهن و منگنز به ترتیب به‌وسیله رسوب‌های اکسید آهن و هیدروکسید و رودوکروسیت کنترل می‌شود. خنثی‌سازی اسیدیه آب زهکش شده معدن توسط کربنات‌ها انجام می‌شود (Sracek et al., 2010). آزمایش‌های آزمایشگاهی و مدل‌سازی انتقالی-واکنشی برای ارزیابی تعاملات ژئوشیمیایی بین آب نشتی پسماندهای معدنی و آبخوان‌های مجاور انجام‌شده است. واکنش آب نشتی معدن با ذرات آبخوان سبب افزایش pH، قلیائیت و کلسیم و منیزیم محلول شده است. درحالی‌که آهن، سولفات و فلزها Al، Zn، Cd، Cu، Cr و Mn کاهش یافته‌اند. نتایج حاصل از فرایندهای ژئوشیمیایی آزمایش‌های آزمایشگاهی در مدل انتقالی-واکنشی جهت پیش‌بینی تکامل آب زیرزمینی در امتداد مسیر جریان آب زیرزمینی در معدن و محل پسماندهای معدن استفاده‌شده است. این مطالعه به درک فرآیندهای ژئوشیمیایی حاکم بر سرنوشت و انتقال زهاب معدن اسید در آبخوان‌ها کمک کرده است (Young et al., 2016). مشکلات هیدروژئولوژیکی مربوط به خاتمه یافتن یک معدن در ایتالیا بررسی‌شده است. شرایط زمین‌شناسی بر سیستم‌های جریان آب زیرزمینی و ترکیب شیمیایی آنها اثر گذاشته است. پژوهش انجام‌شده نتایج مطالعه‌ها، تجزیه‌وتحلیل داده‌های موجود و پیاده‌سازی مدل‌های عددی اولیه را با اشاره به تأثیرهای بازیافت آب

کنترل‌شده و اقدام‌های پیچیده‌ای که برای توقف زه‌کشی موردنیاز است، گزارش می‌دهد (Garzonio et al., 2014). با استفاده از نرم‌افزار Fluent، مدل‌های آلودگی فلزهای سنگین یک معدن مس در چین انجام‌شده است. فرایند آلودگی آلاینده‌های فلزهای سنگین در سد باطله‌های معدن از طریق الگوی تجسم دیجیتالی نشان داده‌شده است (Song et al., 2011). مشابه با موارد یادشده، پژوهش‌هایی توسط Dhakate et al., 2008، Schwartz and Kgomanyane, 2008، Molson et al., 2005 و Biehler and Falck, 1999 انجام‌شده است.

با توجه به توسعه معادن در ایران و مخاطرات حاصل از معدنکاری بر منابع آب زیرزمینی، بررسی آلودگی فلزهای سنگین از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. یکی از معادن بزرگ ایران معدن سنگ‌آهن گل گهر سیرجان است. این معدن در حدود ۵۳ کیلومتری جنوب غرب سیرجان و در محدوده‌ی طول جغرافیایی ´۱۵ °۵۵ تا ´۲۴ °۵۵ شرقی و عرض جغرافیایی ´۳ °۲۹ تا ´۷ °۲۹ شمالی واقع‌شده است. این معدن در اثر استخراج و بهره‌برداری از معدن شماره یک، تراز کف پیت معدن به زیر سطح ایستابی منطقه رسیده است و در ادامه‌ی بهره‌برداری روز به روز برشدت آن افزوده می‌شود. بنابراین جهت جلوگیری از آب‌گرفتگی پیت معدن، عملیات پایین انداختن سطح آب زیرزمینی[1] در حال اجراست. در حال حاضر، عملیات زهکشی به‌وسیله حفر تعدادی چاه در درون و بیرون از محدوده پیت و پمپاژ آب‌های زیرزمینی و نشتی صورت می‌گیرد. همچنین مکانی بسیار نزدیک به پیت شماره‌ی ۱ معدن، در جوار دیوار شرقی، به محل انباشت پساب خروجی از کارخانه کنسانتره آهن اختصاص داده‌شده است (شکل ۱). طبق نظر کارشناسان بخش زهکشی معدن، احتمال داده می‌شود پساب موجود با نفوذ در عمق از دیوار شرقی وارد پیت شده و سبب ایجاد مشکلاتی در فرایند زهکشی و همچنین ناپایداری دیواره شرقی شده باشد. آب‌های زیرزمینی پمپاژ شده و آب زهکشی پیت معدن به همراه پسماند تر حاصل از پروسه‌های معدنکاری، به درون حوضچه‌هایی نزدیک پیت معدن منتقل می‌شوند. آب‌ها و پساب‌های یادشده، اغلب به سبب در تماس بودن با کانی‌های دارای فلزهای سنگین، آنها را حل نموده و بنابراین دارای مواد حل‌شده و معلق فراوانی هستند. احتمال داده می‌شود این آب‌ها بانفوذ به زمین سبب آلودگی آب زیرزمینی شوند. بنابراین در این پژوهش، انتقال آلودگی یکی از فلزهای سنگین (مطالعه موردی فلز نیکل) در آب زیرزمینی منطقه به‌وسیله نرم‌افزار فیفلو[2] ورژن ۷ مورد شبیه‌سازی و پیش‌بینی قرارگرفته است. با استفاده از این نرم‌افزار شبیه‌سازی شرایط پیچیده تخلخل دوگانه سازند سخت معدن امکان‌پذیر است. در این تحقیق، تلاش گردیده تا با به‌کارگیری شبکه‌بندی عناصر محدود، در نظر گرفتن درزه و شکاف‌های سازند سخت و به‌کارگیری متناسب معادلات حاکم بر حرکت آب در این محیط ناهمگن و اعمال سطح تراوش محدوده‌ی پیت در مدل، نوسان‌های سطح آب زیرزمینی منطقه، به نحوی مناسب و قابل قبولی شبیه‌سازی شوند.

[1] Dewatering
[2] FEFLOW (Finite Element subsurface FLOW system)

زمین‌شناسی عمومی منطقه

ازنظر مورفولوژی، ناحیه معدنی گل گهر شامل یک دشت وسیع هموار تا ناهموار است که تک رشته‌هایی از تشکیلات کربناته از آن سر برآورده است. ناحیه معدنی گل گهر در لبه شمال شرقی پهنه سنندج-سیرجان و لبه فروافتادگی نمکزار کفه خیرآباد که خود در حدفاصل پهنه سنندج-سیرجان و کمربند آتشفشانی ارومیه-دختر به وجود آمده، قرارگرفته است (درویش زاده، ۱۳۷۰). آبخوان سنگ معدن گل گهر از دو بخش آبرفتی و سنگی تشکیل‌شده است. لایه فوقانی از آبرفت و لایه تحتانی از سازندهای سخت تشکیل‌شده است. در سازند سخت به دلیل وضعیت تکتونیکی منطقه، شکستگی‌ها و گسل‌ها مانند یک آبخوان آبرفتی عمل کرده و آب‌های زیرزمینی در خلال شکستگی‌ها به‌راحتی انتقال می‌یابند (حسینی سبزواری، ۱۳۸۶). ریخت‌شناسی کلی ناحیه گل گهر شامل یک دشت وسیع هموار تا ناهموار است که تک رشته‌هایی از تشکیلات کربناته از آن سر برآورده است. این ناحیه دارای سه واحد ریخت‌شناسی است. کوه‌های ستیغ دار اطراف آن را دشت‌های آبرفتی و نمکزارهای مسطح فراگرفته است. امتداد عمومی ارتفاعات شمال‌غربی- جنوب‌شرقی است. ارتفاع متوسط دشت‌های آبرفتی ناحیه معدنی از سطح دریا حدود ۱۷۳۰ متر است. در شمال سایت معدن نمکزار کفه خیرآباد قرار دارد. در غرب سایت معدن دو رشته‌کوه موازی به نام چاه بره با امتداد شمال‌غربی-جنوب شرقی با ارتفاع ۱۹۸۰ متر قرارگرفته است. در جنوب ناحیه رشته‌کوه عین‌البقر با ارتفاع ۲۰۳۷ متر و امتداد غربی-شرقی دارد. این منطقه در قسمت‌های جنوبی‌تر توسط نواحی پست و نمکزار کفه مرگ محصورشده است. ارتفاعات جنوب شرق و شرق به ترتیب کوه‌های چاه سفید با ارتفاع حداکثر ۲۰۰۰ متر و رشته‌کوه بی‌بی مکو با ارتفاع حداکثر ۱۸۵۱ متر قرار دارد (درویش زاده، ۱۳۷۰).



شکل ۱: موقعیت معدن، پیت تیل تر و سد رسوب‌گیر

داده‌ها و روش‌ها

آزمایش ایزوترم جهت بررسی پتانسیل جذب فلزهای سنگین

به‌منظور بررسی مسئله پتانسیل جذب فلزهای سنگین Ni، Co و Cu در آب زیرزمینی به‌وسیله سنگ‌های موجود در منطقه، ۵ نمونه از سنگ‌های گنایس، شیست، مرمر، اسکارن و مگنتیت در محدوده و عمق‌های مختلف پیت جمع‌آوری و در آزمایشگاه خرد، آسیاب و پودر شدند. سپس مراحل آزمایش ایزوترم بروی آنها صورت گرفت. در بررسی‌های جذب فلزهای سنگین و آزمایش‌های ایزوترم، معمولاً جرم مواد جذب‌شده در واحد جرم مواد توصیف می‌شود. با فرض اینکه، غلظت‌های ماده شیمیایی محلول و جذب‌شده به محیط متخلخل در تعادل هستند و آب بین ذرات حاوی غلظتی برابر با C1، از ماده محلول باشد، در فاز جامد غلظت جذب‌شده مقدار C1* خواهد بود. حال اگر غلظت درون آب به C2 تغییر یابد و سیستم به تعادل جدید برسد، غلظت جذب‌شده به مقدار جدیدی C2* خواهد رسید و به همین ترتیب برای غلظت‌های مختلف دیگر ادامه می‌یابد. با استفاده از نتایج آزمایش یادشده و انتقال غلظت‌های تعادلی (C)، در مقابل غلظت‌های ماده جذب‌شده (C*) بر روی نمودار، یک منحنی که به‌اصطلاح به آن ایزوترم[1] گویند، به دست می‌آید. داشتن شیب منحنی ایزوترم (∂C*/∂C)، یکی از اهداف مهم در بررسی‌های انتقال محلول و آلودگی می‌باشد. همان‌طور که در جداول ۱ تا ۳ دیده می‌شود، ۱۰ گرم پودر سنگ در مجاورت ۵۰ میلی‌لیتر محلول با غلظت‌های مختلف اولیه از Ni، Co و Cu در حالت وجود چند عنصر در محلول قرار گرفت. نمونه‌های آماده‌شده درون دستگاه چرخان به مدت ۳۰ روز به‌منظور رسیدن به حالت تعادلی واکنش بین محلول و پودر سنگ نگهداری شدند. در ادامه با استفاده از دستگاه سانتریفوژ قسمت محلول از فاز جامد جدا شد و سپس مقادیر غلظت تعادلی موجود در محلول اندازه‌گیری شدند و مقدار غلظت‌های ماده جذب‌شده با استفاده از رابطه (۱) محاسبه گردید:

$$C^* = \frac{(C_i - C_e)\times V}{W} \qquad (۱)$$

که در این رابطه، C^* مقدار ماده جذب‌شده، C_i غلظت اولیه، C_e غلظت تعادلی، V حجم محلول و W وزن ماده جاذب است.

غلظت‌های جذب‌شده در مقابل غلظت‌های تعادلی بر روی نمودار ترسیم شدند و با استفاده از مدل ایزوترم خطی و فرندلیچ[2] ضریب توزیع[3] (K_d یا K_f) محاسبه گردید (جدول ۴). در این پژوهش، ضریب توزیع در دو حالت خطی و غیرخطی به‌عنوان یک پارامتر مهم در مدل‌سازی انتقال جرم با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی FEFLOW مورداستفاده قرار گرفت. در شکل ۲ نمودارهای ایزوترم فلزهای یادشده، برای نمونه سنگ پودر شده ترسیم‌شده است.

1 Isotherm
2 Freundlich
3 Distribution Coefficient

نمودارها و اعداد جدول نشان می‌دهد که مقدار K_d فلز مس در هر دو حالت خطی و غیرخطی بیش از Ni و Co است و از طرفی دیگر، در مدل غیرخطی فرندلیچ، مس از نوع با توان بیش از ۱ و Ni و Coاز نوع با توان کمتر از ۱ می‌باشد؛ بنابراین ظرفیت جذب مس بسیار بیشتر از دو فلز دیگر است. بنابراین در حالتی که سه عنصر یادشده به محیط وارد شوند، مس در مقایسه با دو فلز دیگر بیشتر در دام ذرات جاذب گرفتار می‌شود و آلودگی مس در محیط آب به‌مراتب کمتر خواهد بود. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از آزمایش ایزوترم این پژوهش در مقایسه با آزمایش ایزوترم خاک‌های منطقه موردمطالعه توسط Jahanshahi and Zare (۲۰۱۴) دیده می‌شود سنگ‌های منطقه از پتانسیل جذب بسیار کمتری برخوردار هستند؛ بنابراین احتمال داده می‌شود در صورت ورود آلودگی فلزهای سنگین به آب زیرزمینی در محیط سنگی، ابر آلودگی با سرعت بیشتری نسبت به محیط آبرفتی حرکت کند.

جدول ۱: نتایج آزمایش ایزوترم جذب Cu به‌وسیله سنگ پودر شده در مجاورت با محلول حاوی Cu، Ni و CO با غلظت‌های مختلفی از Cu

مس در حالت چند عنصری (Cu، Ni و Co)				
غلظت اولیه(mg/L)	غلظت تعادلی(mg/L)	حجم محلول(L)	وزن جاذب(g)	مقدار ماده جذب‌شده (µg/g)
۱۹۰/۳	۴۹/۶۵	۰/۰۵	۱۰	۷۰۳/۲۴
۱۸۷/۸	۳۴/۹۴	۰/۰۵	۱۰	۷۶۴/۳
۱۲۷/۷	۲۴/۵۲	۰/۰۵	۱۰	۵۱۵/۹
۳۴/۲	۷/۹۷	۰/۰۵	۱۰	۱۳۱/۱۶
۲۴/۴	۴/۲۹	۰/۰۵	۱۰	۱۰۰/۵۵
۱۴/۳	۲/۵۱	۰/۰۵	۱۰	۵۸/۹۳
۱۰/۲	۱/۷۲	۰/۰۵	۱۰	۴۲/۴۲
۱/۷	۰/۳۴	۰/۰۵	۱۰	۶/۷۸
۰/۲	۰/۰۸	۰/۰۵	۱۰	۰/۶

جدول ۲: نتایج آزمایش ایزوترم جذب Co به‌وسیله سنگ پودر در مجاورت با محلول حاوی Co، Ni و Cu با غلظت‌های مختلفی از Co

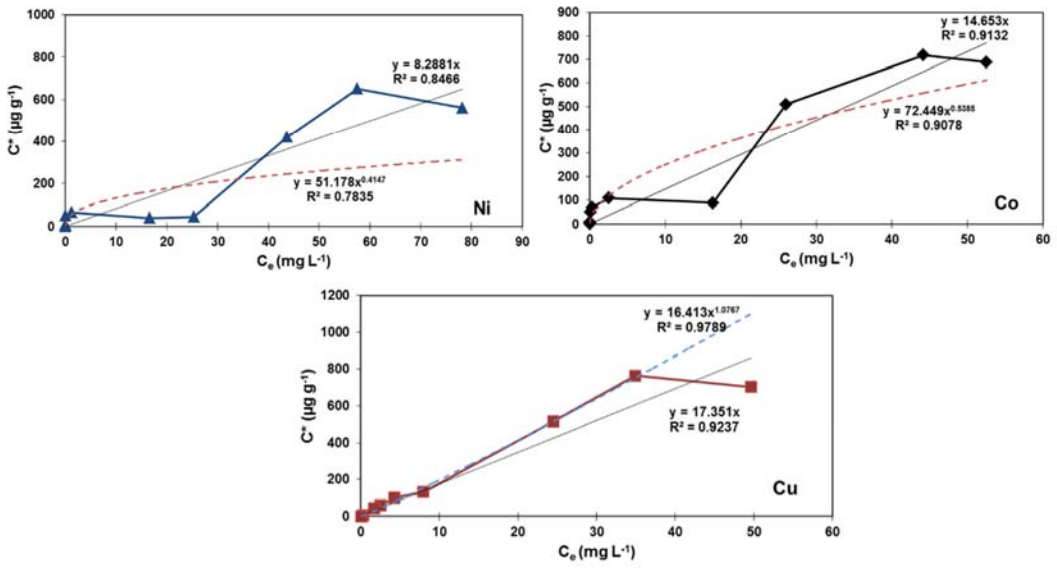
کبالت در حالت چند عنصری (Cu، Ni وCo)				
غلظت اولیه(mg/L)	غلظت تعادلی(mg/L)	حجم محلول(L)	وزن جاذب(g)	مقدار ماده جذب‌شده (µg/g)
۱۷۴/۷	۵۲/۵۰	۰/۰۵	۱۰	۶۸۸/۹۶
۱۶۵/۴	۴۴/۱۶	۰/۰۵	۱۰	۷۱۸/۲
۱۲۲/۷	۲۵/۹۹	۰/۰۵	۱۰	۵۰۸/۵۵
۹۴/۹۴	۱۶/۳۳	۰/۰۵	۱۰	۸۹/۳۵
۳۵	۲/۵۳	۰/۰۵	۱۰	۱۰۹/۳۵
۲۰/۴	۰/۳۲	۰/۰۵	۱۰	۶۹/۸۹
۱۸/۴	۰/۱۳	۰/۰۵	۱۰	۵۰/۳۴
۱/۸	۰/۰۰۹	۰/۰۵	۱۰	۸/۴۵
۰/۱۸	۰/۰۰۱۶	۰/۰۵	۱۰	۰/۹۹

جدول ۳: نتایج آزمایش ایزوترم جذب Ni به‌وسیله سنگ پودر شده در مجاورت با محلول حاوی Ni، Cu و Co با غلظت‌های مختلفی از Ni

کبالت در حالت چند عنصری (Cu، Ni و Co)				
غلظت اولیه(mg/L)	غلظت تعادلی(mg/L)	حجم محلول(L)	وزن جاذب(g)	مقدار ماده جذب‌شده (µg/g)
۱۶۸/۸	۷۸/۲	۰/۰۵	۱۰	۵۶۰/۵
۱۴۸/۱	۵۷/۵	۰/۰۵	۱۰	۶۵۱/۵
۱۲۸/۹	۴۳/۷	۰/۰۵	۱۰	۴۲۰
۹۸/۷	۲۵/۳	۰/۰۵	۱۰	۴۴/۵
۸۰/۱	۱۶/۵۶	۰/۰۵	۱۰	۳۹/۲
۲۵/۴	۱/۱۹	۰/۰۵	۱۰	۶۵/۵۲
۱۷/۷	۰/۰۷	۰/۰۵	۱۰	۵۰/۶۶
۱/۷۷	۰/۰۰۴	۰/۰۵	۱۰	۸/۴۸
۰/۱۷	۰/۰۰۰۵	۰/۰۵	۱۰	۱

جدول ۴: ضریب توزیع و ضرایب همبستگی با استفاده از ایزوترم های مدل خطی و فرندلیچ برای عناصر Cu، Co و Ni

نمونه		مدل فرندلیچ			مدل خطی	
		R^2	j	K_f	R^2	K_d
پودر سنگ	Cu	۰/۹۷۸	۱/۰۷	۱۶/۴۱	۰/۹۲۳	۱۷/۳۵
	Co	۰/۹۰۷	۰/۵۳	۷۲/۴۴	۰/۹۱۳	۱۴/۶۵
	Ni	۰/۷۸۳	۰/۴۱	۵۱/۱۷	۰/۸۴	۸/۲۸



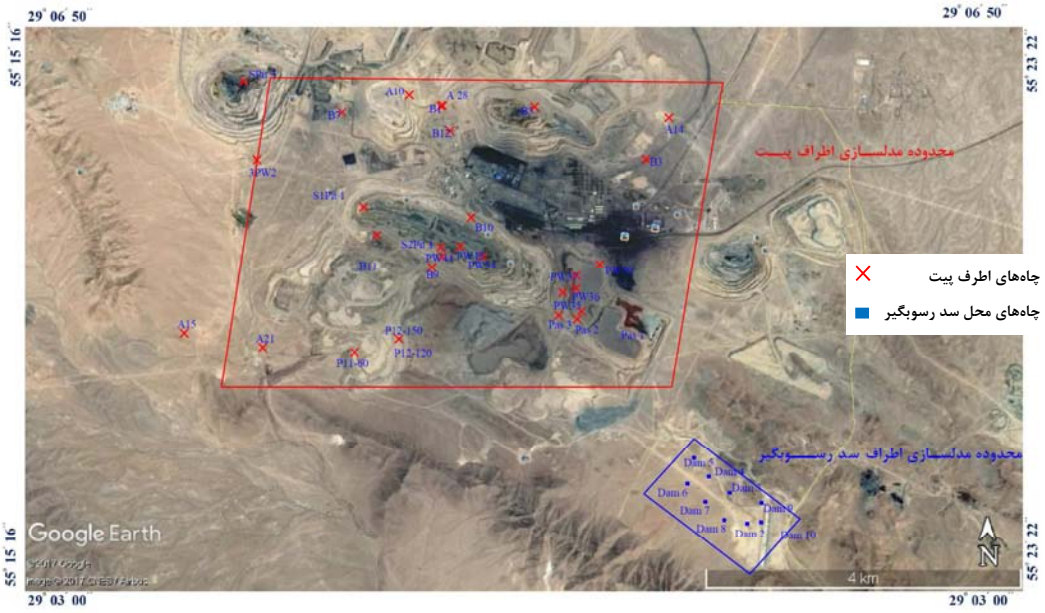
شکل ۲: ایزوترم جذب Co، Ni و Cu در حالت چند عنصری نمونه‌ی سنگ پودر شده

نتایج و بحث

در این تحقیق، مدل‌سازی منطقه موردمطالعه به دو بخش تفکیک‌شده است (شکل ۳). بخش اول محدوده‌ی پیت روباز معدن و رسوب‌گیر (تیل تَر) کنونی سمت جنوب شرقی پیت است. بخش دوم محدوده‌ای است که در آن سد رسوب‌گیر جدید واقع‌شده است و در آینده‌ای نه‌چندان دور پسماند تَر تیل کنونی به آن منتقل خواهد شد. در راستای مدل‌سازی این مناطق باید به دو نکته اشاره کرد که مطالعه‌های پیش‌ازاین نشان داده است از دیدگاه هیدروژئولوژیکی، این دو محدوده مجزا هستند (جهانشاهی ۱۳۹۲) و از طرفی دیگر در فاصله بین این دو محدوده، هیچ‌گونه چاه مشاهده‌ای وجود ندارد. بنابراین شبیه‌سازی جریان آب زیرزمینی و انتقال جرم مناطق یادشده به‌صورت جداگانه مدل‌سازی شده‌اند. به‌طورکلی اهداف مدل عبارت‌اند از: الف) شناسایی سیستم هیدروژئولوژیکی ب) شبیه سازی تغییرهای زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی و غلظت آلاینده.

مدل ریاضی جریان محدوده مطالعاتی برای دو حالت پایدار و ناپایدار تهیه‌شده است (جهانشاهی و همکاران ۱۳۹۶). در شرایط پایدار، مدل برای یک دوره تنش یک‌ماهه (مهر ۱۳۸۶) و در شرایط ناپایدار، برای یک دوره یک‌ساله (مهر ۱۳۸۶ تا مهرماه ۱۳۸۷) با ۱۲ دوره‌ی تنش یک‌ماهه (۱۲ گام زمانی)، اجرا و واسنجی شده است.

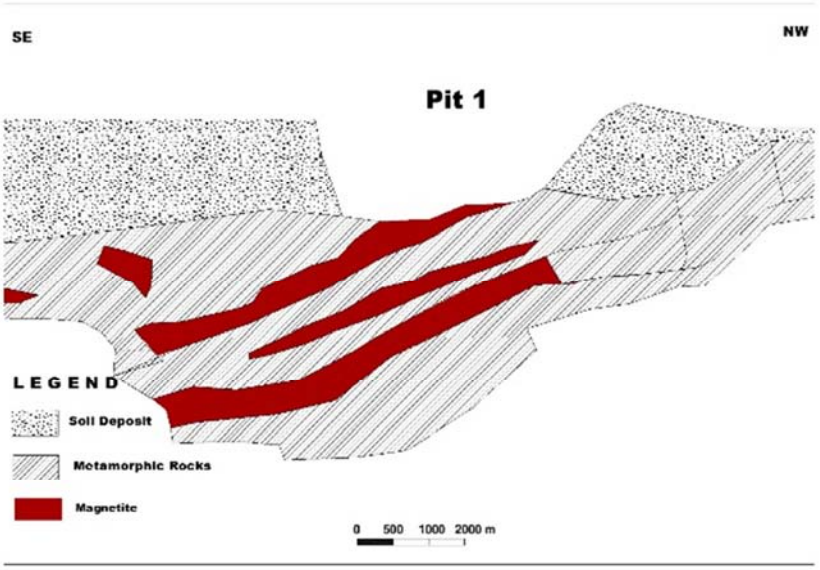
همان‌طور که پیش‌ازاین اشاره شد، آبخوان محدوده‌ی مطالعاتی از لایه‌ی آبرفتی و سنگی تشکیل‌شده است (شکل ۴) و توده‌ی معدنی در بین این دولایه قرارگرفته است (شکل ۵). ازاین‌رو مدل از چهار لایه تشکیل‌شده است. لایه‌ی اول شامل آبخوان آبرفت، لایه‌ی دوم آبخوان سازند سخت، لایه‌ی سوم توده معدنی و لایه‌ی چهارم آبخوان سنگی هست. همچنین درز و شکافه‌ی موجود در آبخوان سازند سخت منطقه هدایت هیدرولیکی بالایی دارند و سبب افزایش سرعت آب زیرزمینی می‌شوند. بنابراین، معادله دارسی حاکم بر حرکت آب زیرزمینی در محیط متخلخل، در درزه و شکاف‌ها صادق نخواهد بود؛ بنابراین در مدل، در درزه و شکاف‌ها، معادله حاکم بر حرکت معادلات Hagen-Poiseuille و یا Manning-Strickler درنظر گرفته شد.



شکل ۳: محدوده‌ی مدل‌سازی اطراف پیت و سد رسوب‌گیر و موقعیت چاه‌های مشاهده‌ای

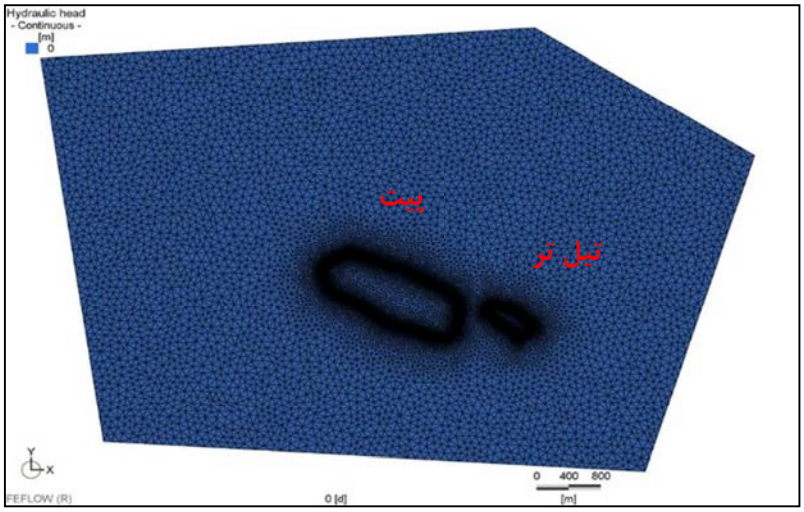


شکل ۴: نمای جانبی از پیت معدن گل گهر و وجود دولایه آبرفتی و سنگی



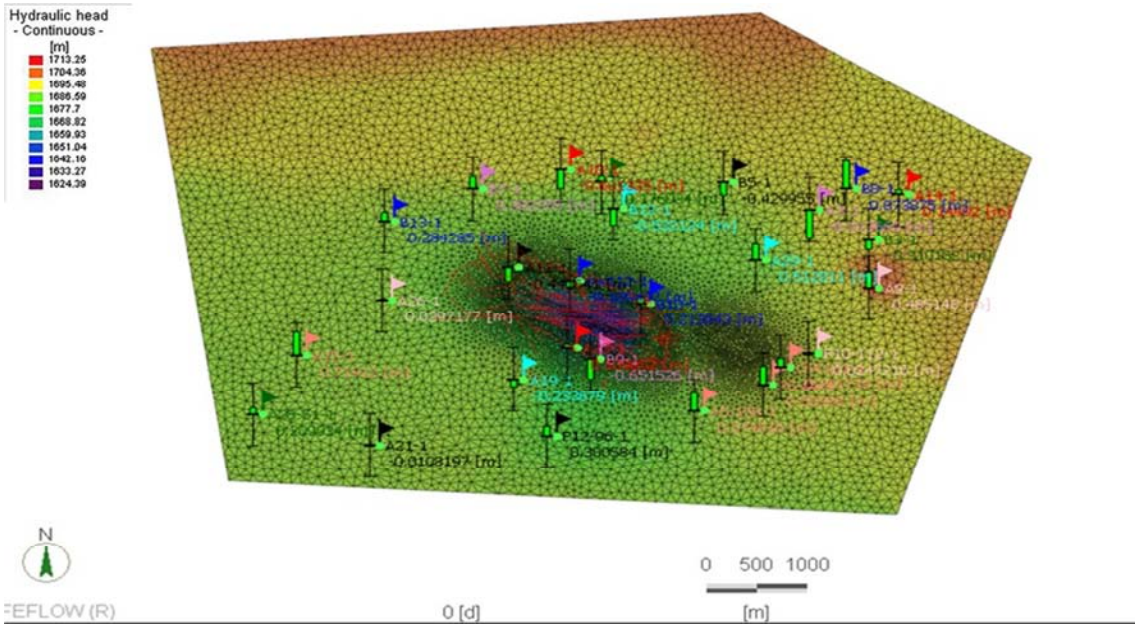
شکل ۵: نیمرخ زمین‌شناسی از محدوده‌ی پیت معدن (تهیه‌شده در محیط نرم‌افزار AutoCAD با استفاده از اطلاعات لاگ گمانه‌های حفاری)

در روش عناصر محدود، معمولاً منطقه مطالعاتی به تعدادی عناصر مثلثی (شبکه) تقسیم می‌گردد. با توجه به عملیات زهکشی در محدوده پیت معدن، اعمال شکستگی‌ها و همچنین موقعیت تِیلِ تر، شبکه‌بندی ریزتر و از مش-بندی با چگالی ۶۰۰۰ استفاده گردید. همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، شبکه‌بندی در مرزهای پیت معدنی و تیل تر ریزتر و به سمت مرزهای محدوده‌ای بزرگ‌تر می‌باشند. مجموع تعداد مش‌ها برابر با ۹۵۲۰۰۰ و تعداد نودها برابر با ۶۰۰۳۵ می‌باشد.



شکل ۶: شبکه‌بندی عناصر محدود در محیط FEFLOW

بر مبنای متوسط سالانه مقادیر بارش ثبت‌شده در ایستگاه هواشناسی معدن گل گهر، میزان و همچنین ضریب نفوذ ۵۰ درصد حجم آبی که از طریق بارش به آبخوان نفوذ می‌کند، برابربا ۱۵۱۲۹۹۶ مترمکعب در سال است. از طرفی دیگر، به سبب اینکه در این ناحیه عمـق قرارگیری سطح سفره‌ی آب زیرزمینـی بیش از ۵ متر است، میزان تبخیر از آب زیرزمینی ناچیز در نظر گرفته‌شده است. بر مبنای داده‌های اندازه‌گیری شده از حجم آب زهکش شده از دیواره پیت و چاه‌های پمپاژ واحد زهکشی معدن، مجموع متوسط سالانه میزان تخلیه از پیت معدن برابر ۲/۵۵ میلیون مترمکعب است. بر اساس نتایج جهانشاهی (۱۳۹۲)، میزان آب نفوذی به آب زیرزمینی از طریق تیل تر برابر ۰/۰۱ میلیون مترمکعب در سال خواهد بود. مقادیر اولیه هدایت هیدرولیکی و آبدهی ویژه آبخوان با استفاده از آزمون‌های پمپاژ و لاگ‌های حفاری چاه‌های پیزومتری و اکتشافی در محدوده‌ی مطالعاتی بر مبنای جدول‌های استاندارد (Todd and Mays, 2005) محاسبه و به نرم‌افزار معرفی گردید. شکل ۷ شبیه‌سازی بار هیدرولیکی در حالت جریان پایدار چاه‌های مشاهده‌ای پس از پایان مرحله واسنجی را نشان می‌دهد. پـس از واسـنجی مـدل ساخته‌شده در حالـت جریان پایـدار، مدل‌سازی در حالـت جریان ناپایـدار طراحی‌شده است.

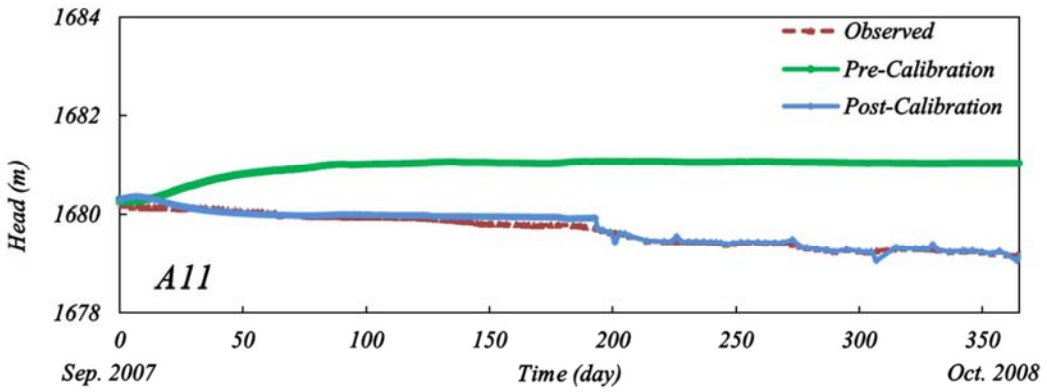


شکل ۷: بار هیدرولیکی نهایی محاسباتی مدل در حالت جریان پایدار

هیدروگراف شبیه‌سازی‌شده سطح ایستابی قبل و بعد از واسنجی یکی از چاه‌های مشاهداتی به همراه هیدروگراف مشاهداتی آن در شکل ۸ ترسیم‌شده است.

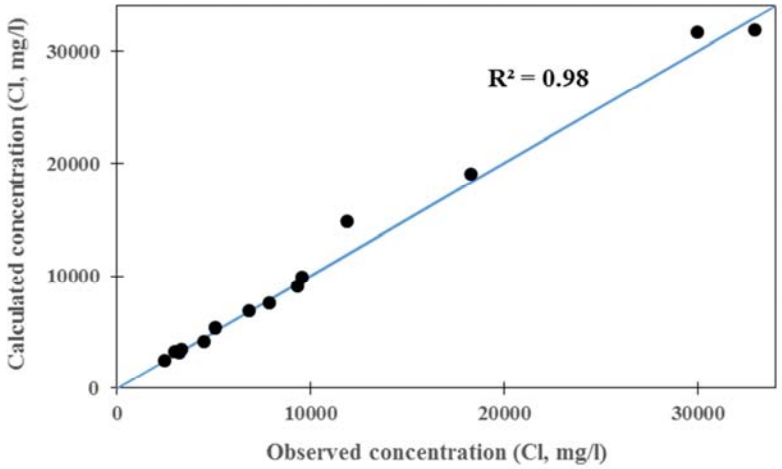
بعد از تهیه و آماده‌سازی مدل جریان، لازم است پارامترهایی که در انتقال جرم نقش ایفا می‌کنند کالیبره شوند؛ بنابراین پارامترهای ضریب پراکندگی طول (DL) و عرضی (DT) محیط متخلخل با استفاده از یون پایستار Cl مورد واسنجی قرار گرفت. کالیبراسیون ضرایب بالا در مدل در حالت جریان پایدار/انتقال جرم[1] انجام شد و طی آن، این ضرایب باهدف برازش غلظت کلر مشاهداتی و محاسباتی به‌صورت خودکار تغییر داده‌شده است. همبستگی ۹۸٪ میان مقادیر مشاهداتی و محاسباتی نشان می‌دهد که مدل توانایی خوبی در شبیه‌سازی توزیع غلظت کلر منطقه داشته است (شکل ۹).

با استفاده از نتایج پژوهش انجام‌شده به‌وسیله جهانشاهی (۱۳۹۲) بر روی آزمایش Batch test در مورد آزادسازی عنصر Ni از پسماند تیل تر، به میزان ۰/۰۷۲ میلی‌گرم در لیتر، پیش‌بینی انتقال این عنصر در آب زیرزمینی با سه فرض انجام‌شده است: ۱- منشأ ورود آلودگی به آب زیرزمینی منطقه، محل انباشت تیل تر در نظر گرفته‌شده است. ۲- با در نظر گرفتن تبخیر از آب موجود در حوضچه تیل تر، نیکل با غلظتی برابر با ۱۰ برابر میزان آزادشده در شرایط آزمایشگاهی وارد آب زیرزمینی می‌شود (شکل ۱۰). ۳- نیکل آزاد بدون جذب و پراکندگی از محیط غیراشباع خاک وارد آب زیرزمینی می‌شود و جذب تنها در محیط اشباع رخ می‌دهد.

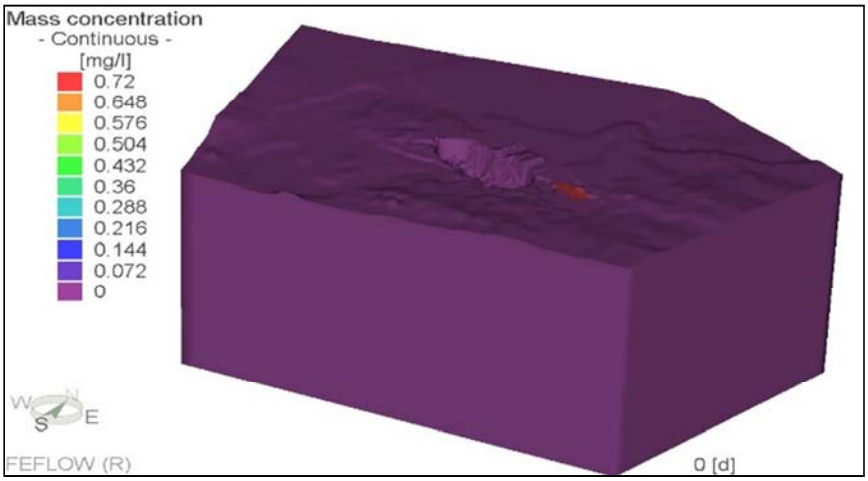


شکل ۸: هیدروگراف مشاهداتی و محاسباتی یکی از چاه‌های مشاهده‌ای طی فرایند واسنجی دوره‌ی جریان ناپایدار

[1] Steady Flow/Mass Transport



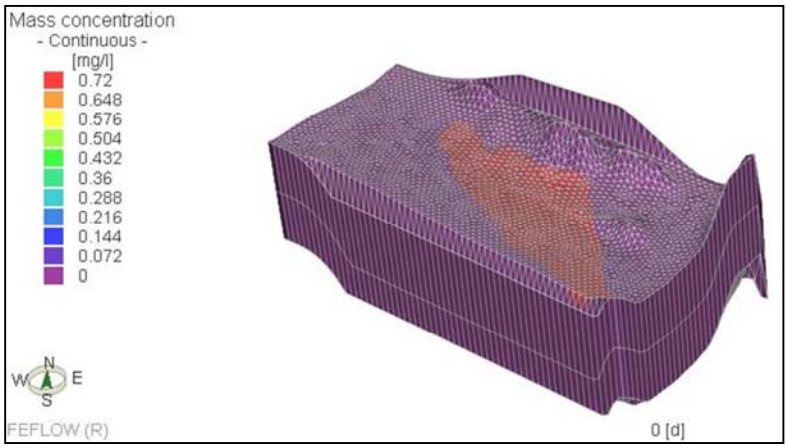
شکل ۹: همبستگی میان مقادیر مشاهداتی و محاسباتی غلظت کلر در مرحله واسنجی ضرایب پراکندگی در محدوده‌ی پیت



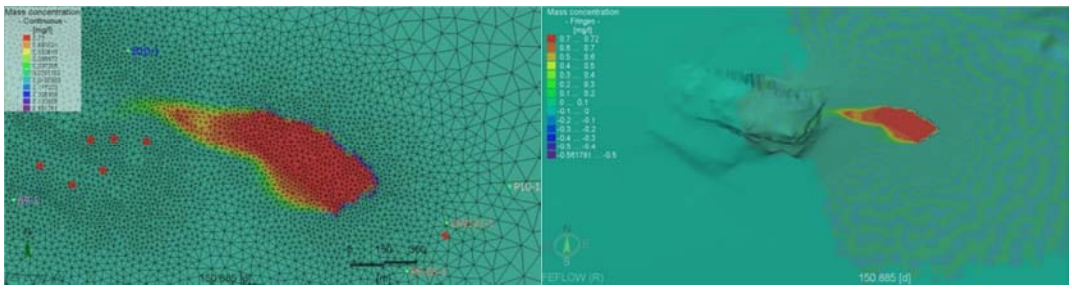
شکل ۱۰: محل تیل تر به‌عنوان منشأ آلودگی نیکل با شرایط مرزی غلظت برابر با ۰/۷۲ میلی‌گرم در لیتر

به‌منظور مدل‌سازی جریان و انتقال جرم در آب زیرزمینی محدوده‌ی حوضچه سد رسوب‌گیر، منطقه‌ای کوچک با طول و عرض نزدیک به ۱۴۰۰ در ۹۰۰ متر که دربرگیرنده سد و پیزومترهاست، در نظر گرفته شد (شکل ۲). در این محدوده، بر مبنای مدل مفهومی، مدل دربرگیرنده دولایه است. لایه بالایی آبرفت و لایه پایینی از نوع سنگی است. بعد از واسنجی نمودن مدل جریان، محدوده سد رسوب‌گیر جهت کالیبره کردن مدل انتقال جرم از غلظت یون Cl^- استفاده‌شده است و طی آن ضریب پراکندگی طولی و عرضی به‌صورت خودکار تغییر داده شدند.

هنگامی‌که پسماند تر باگذشت زمان به درون حوضچه سد رسوب‌گیر تخلیه شود، حجم پشت سد را اشغال می‌کند و درنتیجه ارتفاع رسوب‌های پسماند و سطح زمینی که پسماند می‌پوشاند، نسبت به زمان افزایش می‌یابد. بنابراین با توجه به توپوگرافی حوضچه سد رسوب‌گیر، هر تراز ارتفاع پسماند، وسعت مشخصی از زمین را دربر می‌گیرد و از آن سطح آلودگی را وارد زمین می‌کند؛ بنابراین می‌توان آن مساحت را محل ورود آلودگی در نظر گرفت. در شکل ۱۱ برحسب تراز ارتفاعی پسماند، مناطقی که به‌عنوان منشأ نیکل آلودگی را وارد آب زیرزمینی می‌کنند دیده می‌شود. نمایش گرافیکی شبیه‌سازی انتقال نیکل در آب زیرزمینی نسبت به زمان و مکان در اشکال ۱۲ و ۱۳ نشان می‌دهد که آلودگی از محل انباشت تیل تر به سمت پیت معدن حرکت کرده است. جبهه ابر آلودگی بعد از ۱۵۰ روز به لبه پیت رسیده است و از حدود روز ۲۰۰ به بعد حرکت ابر آلودگی به‌صورت فررفت۱ در منطقه تسخیر۲ (شکل ۱۴) چاه پمپاژ گرفتارشده است و دیگر گسترش طولی و عرضی ندارد.

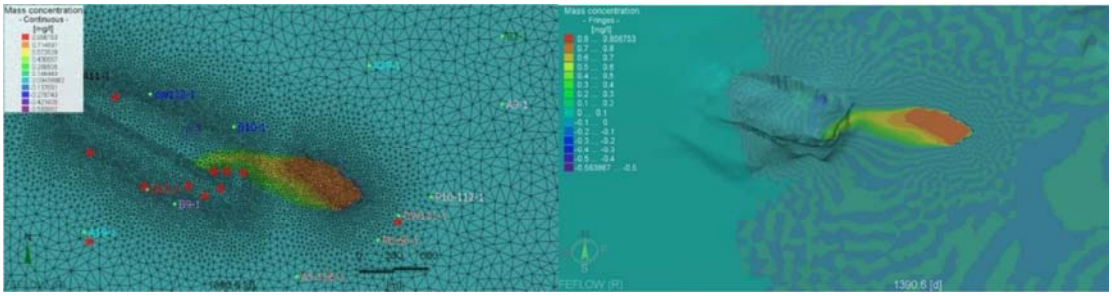


شکل ۱۱: زون ورود نیکل با غلظت ۰/۷۲ میلی‌گرم در لیتر به آب زیرزمینی، زمانی که ارتفاع پسماند تر در پشت سد به ۱۷۴۳ متر برسد

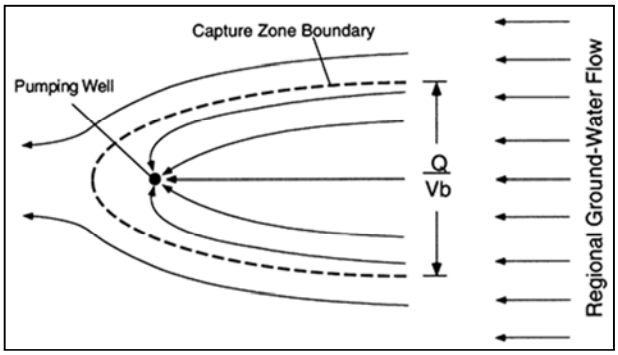


شکل ۱۲: شبیه‌سازی نحوه حرکت ابر آلودگی نیکل از تیل تر به سمت پیت معدن بعد از حدود ۱۵۰ روز

[1] Advection
[2] Capture Zone



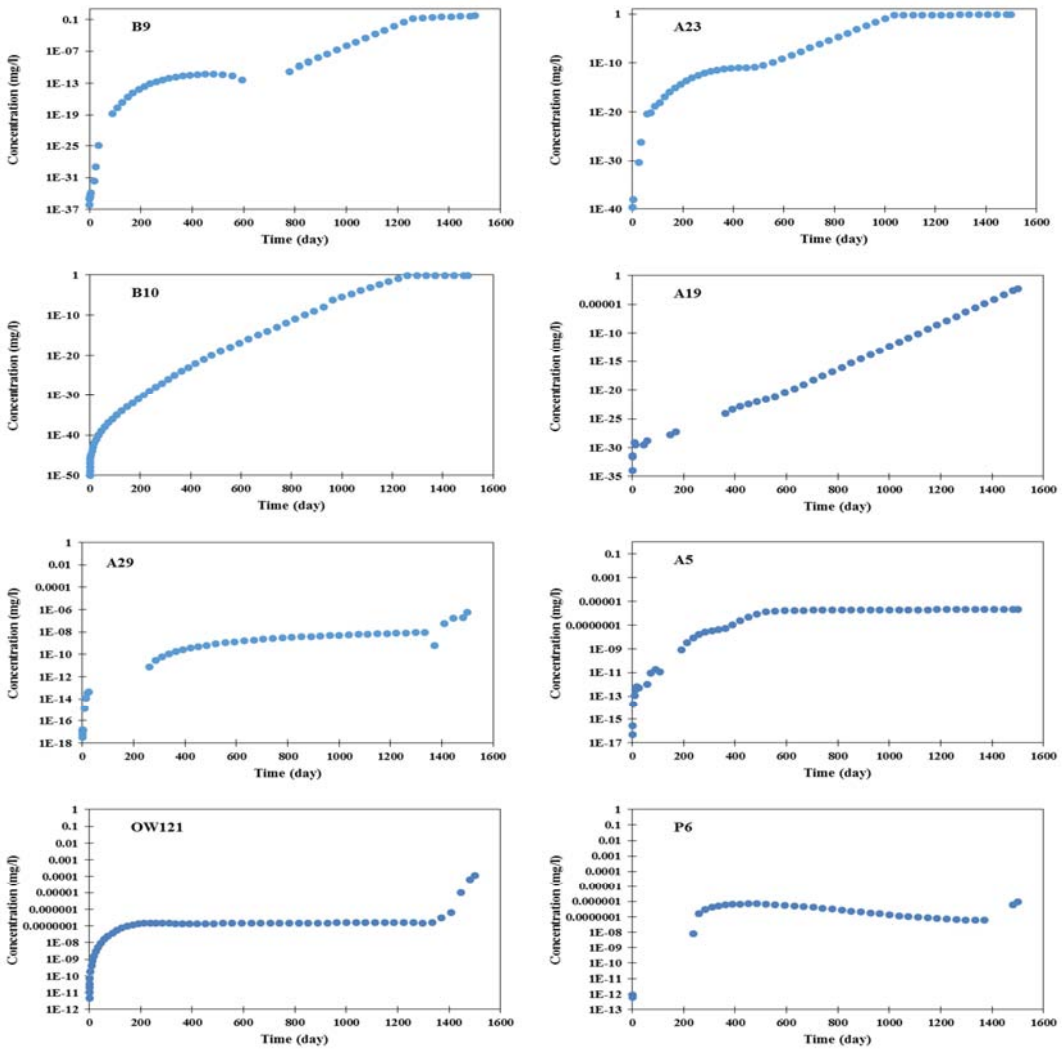
شکل ۱۳: شبیه‌سازی نحوه حرکت ابر آلودگی نیکل از تیل تر به سمت پیت معدن بعد از حدود ۱۴۰۰ روز



شکل ۱۴: تصویر شماتیک از منطقه‌ی تسخیر (Capture Zone) که به‌وسیله‌ی یک چاه پمپاژ با دبی Q، ضخامت سفره b و سرعت آب زیرزمینی V ایجاد می‌شود (Todd and Mays, 2005)

اثر ابر آلودگی تنها در برخی از چاه‌های مشاهده‌ای منطقه دیده می‌شود (شکل ۱۵). همان‌طور که اشاره شد به دلیل انجام پروسه زهکشی توسط چاه‌های پمپاژ، یک زون تسخیر در محدوده‌ی پیت ایجادشده است که سبب می‌شود ابر آلودگی به سمت پیت و چاه‌های پمپاژ حرکت کند و از نشر آلودگی به مناطق دورتر از پیت معدن به طریق انتقال فررفت جلوگیری کند. اما درعین‌حال در برخی از چاه‌های مشاهده‌ای نزدیک تیل تر و پیت، نظیر A29، A5، A19، P6 و OW121 اثر انتقال آلودگی در جهت عکس گرادیان هیدرولیکی دیده می‌شود. حرکت آلودگی به نواحی چاه های اشاره‌شده به دلیل انتقال نیکل به طریق پراکنش۱ و انتشار۲ رخداده است. نکته‌ای که باید به آن اشاره کرد این است که مقدار غلظت نیکل در آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای نزدیک به مرکز پیت بعدی حدود ۱۰۰۰ روز (حدود ۳ سال) غلظتی نزدیک به مقدار آلودگی شرایط مرزی در منشأ (تیل تر) خواهند داشت. اما در آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای دورتر که از طریق پراکنش تحت تأثیر ابر آلودگی قرار می‌گیرند، غلظت نیکل بسیار اندک است.

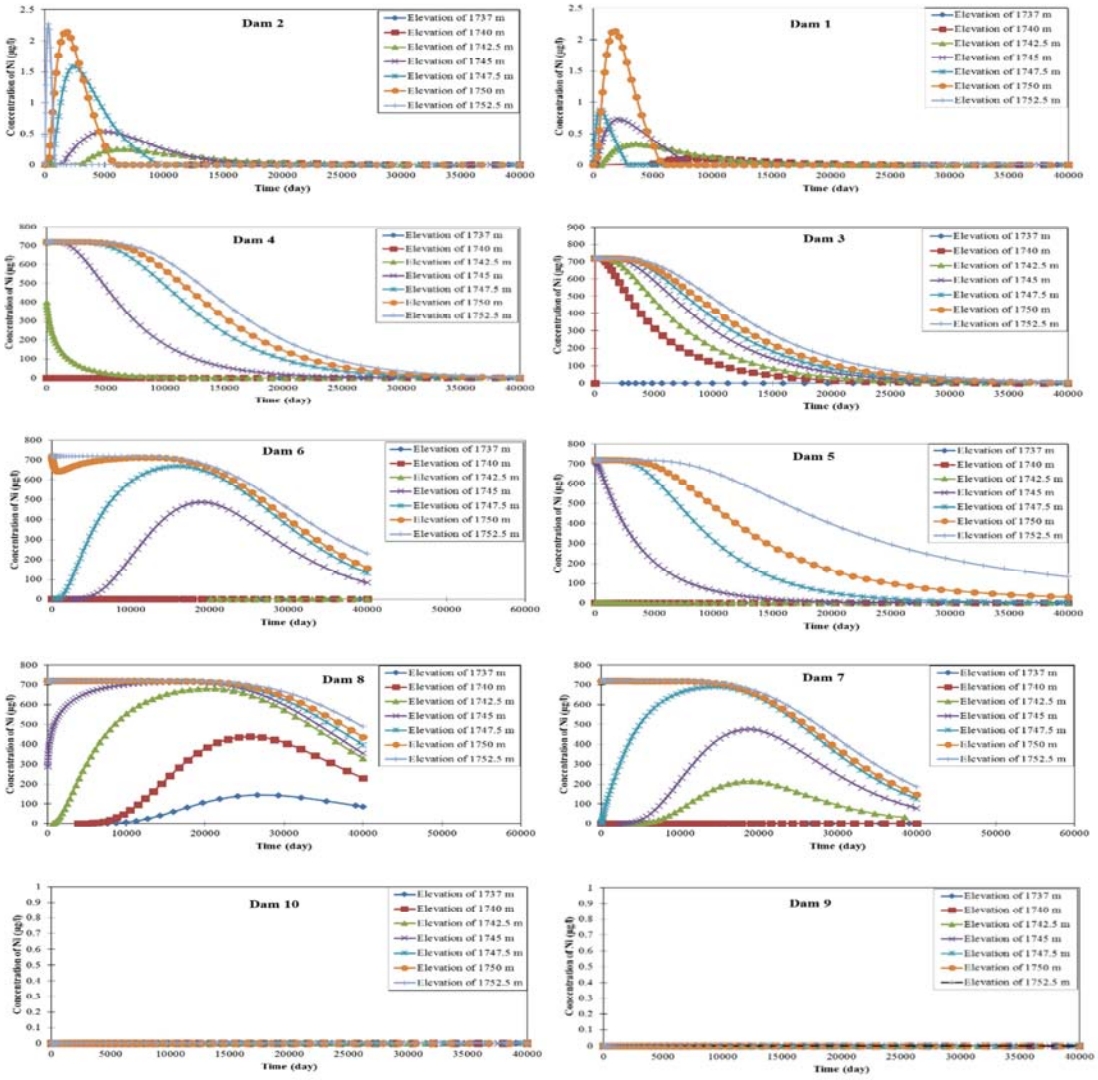
[1] Dispersion
[2] Diffusion



شکل ۱۵: پیش‌بینی تغییرهای زمانی غلظت نیکل در چاه‌های مشاهده‌ای که اثر ابر آلودگی دیده‌شده است

شکل ۱۶ نمودار پیش‌بینی تغییرهای زمانی غلظت نیکل در آب زیرزمینی پیزومترها با توجه به بالا آمدن ارتفاع پسماند را نشان می‌دهد. زمانی که ارتفاع پسماند افزایش می‌یابد و محل پیزومترهای Dam3، Dam4، Dam5، Dam6، Dam7 و Dam8 را می‌پوشاند؛ مدل پیش بینی کرده است از ابتدای ورود نیکل به آب زیرزمینی، پیزومترهای یادشده تا مدت ۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ روز غلظت نیکل در حدود ۰/۷۲ میلی‌گرم در لیتر بدون تغییر باقی خواهد ماند. به نظر می‌آید به دلیل کم بودن گرادیان و هدایت هیدرولیکی کم سفره آب زیرزمینی، خروج نیکل به‌راحتی میسر نمی‌شود. همچنین به دلیل اینکه پیزومترهای Dam1 و Dam2 در حاشیه منبع آلودگی قرارگرفته‌اند غلظت چندان زیادی از نیکل وارد محدوده آب زیرزمینی آن قسمت نشده است. در ضمن پیزومترهای Dam9 و

Dam 10 در محلی بالادست، محل تلمبار پسماند قرار گرفته اند و جهت جریان آب زیرزمینی به سمت آنها نیست. بنابراین تنها پدیده انتشار و پراکندگی، موجب شده است مقدار بسیار ناچیزی آلودگی را وارد آب زیرزمینی آن نواحی کند.



شکل ۱۶: پیش‌بینی تغییرهای زمانی غلظت نیکل در آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای محدوده‌ی سد رسوب‌گیر

نتیجه‌گیری

آزمایش ایزوترم نشان می‌دهد که مقدار K_d فلز مس در هر دو حالت خطی و غیرخطی بیش از Ni و Co است و از طرفی دیگر، در مدل غیرخطی فرندلیچ، مس از نوع با توان بیش از ۱ و Ni و Coاز نوع با توان کمتر از ۱ می‌باشد؛ بنابراین ظرفیت جذب مس بسیار بیشتر از دو فلز دیگر است. بنابراین در حالتی که سه عنصر یادشده به محیط وارد شوند، مس در مقایسه با دو فلز دیگر، بیشتر در دام ذرات جاذب گرفتار می‌شود و آلودگی مس در محیط آب به‌مراتب کمتر خواهد بود. همچنین توانایی جذب فلزهای سنگین توسط سنگ‌های منطقه در حالت پودر شده، کمتر از خاک‌های منطقه است. بنابراین احتمال داده می‌شود، در صورت ورود آلودگی فلزهای سنگین به آب زیرزمینی در محیط سنگی، ابر آلودگی با سرعت بیشتری نسبت به محیط آبرفتی حرکت کند. از طرفی دیگر به دلیل انجام پروسه زهکشی توسط چاه‌های پمپاژ، یک زون تسخیر در محدوده‌ی پیت ایجادشده است که سبب می‌شود ابر آلودگی به سمت پیت و چاه‌های پمپاژ حرکت کند و خوشبختانه از نشر آلودگی به مناطق دورتر از پیت معدن به طریق انتقال فررفت جلوگیری کند. اما درعین‌حال در برخی از چاه‌های مشاهده‌ای نزدیک تیل تر و پیت، اثر انتقال آلودگی در جهت عکس گرادیان هیدرولیکی با غلظتی بسیار کم در مقایسه با غلظت آلودگی در منشأ، به دلیل انتقال نیکل به طریق پراکنش و انتشار، رخ‌داده است. همچنین در محدوده سد رسوب‌گیر جدید به دلیل هدایت هیدرولیکی پایین، شیب هیدرولیکی کم و درنتیجه سرعت کم آب زیرزمینی، آلودگی ماندگاری طولانی دارد. به‌عبارت‌دیگر اگر آلودگی وارد سفره آب زیرزمینی شود، آلودگی در سفره آب زیرزمینی با توجه به‌پیش بینی مدل حتی به مدت ۳۰ سال در محل ورود آلودگی بدون تغییر غلظت باقی خواهد ماند.

تقدیر و تشکر

این تحقیق از حمایت مالی و معنوی پژوهشکده آهن و فولاد شرکت معدنی و صنعتی گل گهر سیرجان بهره‌مند شده است.

منابع

جهانشاهی رضا (۱۳۹۲). اثرات زیست‌محیطی معدن سنگ‌آهن گل گهر بر آب‌های زیرزمینی منطقه، پایان‌نامه دکترا، دانشگاه شیراز.

جهانشاهی رضا؛ راوند الهام؛ اسدی ناصر؛ مالی سپیده؛ حسینی سبزواری سید محمد (۱۳۹۶). شبیه‌سازی و پیش‌بینی فرایند زهکشی در محیط آبرفتی و سازند سخت پیت روباز معدن سنگ‌آهن گل گهر، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۲۴، ص ۳۷-۲۶.

حسینی سبزواری سید محمد (۱۳۸۶). بررسی خصوصیات هیدروژئولوژیکی سفره آب زیرزمینی در معدن گل گهر، سیرجان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود.

درویش زاده علی (۱۳۷۰). زمین‌شناسی ایران، تهران، انتشارات امیرکبیر.

دولتی ارده‌جانی فرامرز؛ شفایی تنکابنی سید ضیاءالدین؛ کاکایی رضا (۱۳۸۳). مدل‌سازی مشکلات آب در معادن روباز با استفاده از روش اجزاء محدود، کنفرانس مهندسی معدن ایران، دانشگاه تربیت مدرس.

Biehler. D., Falck. W. E., (1999), Simulation of the effects of geochemical reactions on groundwater quality during planned flooding of the Königstein uranium mine, Saxony, Germany. Hydrogeology Journal 7:284–293.

Dhakate. R., Singh. V. S., Hodlur. G. K., (2008), Impact assessment of chromite mining on groundwater through simulation modeling study in Sukinda chromite mining area, Orissa, India, Journal of Hazardous Materials 160:535–547.
Garzonio. C. A., Piccinini. L., Gargini. A., (2014), Groundwater Modeling of Fractured Aquifers in Mines: The Case Study of Gavorrano (Tuscany, Italy), Rock Mech. Rock Eng. 47:905–921.
Jahanshahi. R., Zare. M., (20140, A metal sorption/desorption study to assess the potential efficiency of a tailings dam at the Golgohar Iron Ore Mine, Iran, Mine Water Environ. 33:228–240.
Li. T., Li. L., Song. H., Meng. L., Zhang. S., Huang. G., (2016), Evaluation of groundwater pollution in a mining area using analytical solution: a case study of the Yimin open‑pit mine in China, Springer Plus 5:392.
Molson. J. W., Fala. O., Aubertin. M., Bussie`re. B., (2005), Numerical simulations of pyrite oxidation and acid mine drainage in unsaturated waste rock piles, Journal of Contaminant Hydrology 78:343– 371.
Schwartz. M. O., Kgomanyane. J., (2008), Modelling natural attenuation of heavy-metal groundwater contamination in the Selebi-Phikwe mining area, Botswana, Environ. Geol. 54:819–830.
Song. C., Chao. W., Fu-qiang. Y., Rui-xue. B., (2011), Heavy metal pollution model of tailings and the pollution simulation by visualization, Journal of Coal Science & Engineering (China) 17(3):355–359.
Sracek. O., Gzyl. G., Frolik. A., Kubica. Z., Bzowski. Z., Gwo´zdziewicz. M., Kura. K., (2010), Evaluation of the impacts of mine drainage from a coal waste pile on the surrounding environment at Smolnica, southern Poland, Environ. Monit Assess 165:233–254.
Todd. D. K., Mays Larry. W., (2005), Groundwater hydrology, John Wiley & Sons, New York.
Young. H., Sung. J., Jeen. W., (2016), Geochemical interactions of mine seepage water with an aquifer: laboratory tests and reactive transport modeling, Environ. Earth Sci. 75:1333.
Zhang, H., Wang, Y., Yang, R, Ye, R., (2018), Modeling the effects of phosphate mining on groundwater at different stages of mine development. Mine Water and the Environment, 37:3, pp 604–616.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۲۳

تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۰۷/۰۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۰۷

صفحات: ۴۶ - ۳۵

رفتار زمانی – مکانی جزیره ی گرمایی کلانشهر اصفهان

سیدابوالفضل مسعودیان[۱]*، مجید منتظری[۲]

چکیده

جمعیت شهر اصفهان در طی شش دهه ی گذشته ده برابر شده است. بزرگ شدن شهر اصفهان پیامدهای محیطی بزرگی در پی داشته است. در همین دوره ی زمانی خشکاندن زاینده رود، افزایش دما و وردش بارش شرایط محیطی را وخیم تر کرده است. پیدایش جزیره ی گرمایی تنها یکی از پیامدهای تغییرات محیطی دهه های گذشته است. جزیره ی گرمایی برای تندرستی و مصرف آب و انرژی شهروندان پیامدهایی دارد. در این پژوهش داده های دمای رویه ی زمین سنجنده ی مودیس از ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۵ برای گذر شب و روز به کار گرفته شد. به کمک این داده ها آب و هوای پس زمینه ی کلانشهر اصفهان با شگرد نمودار دورسو شناسایی شد. سپس یاخته ی نماینده ی شهر و یاخته ی نماینده ی آب و هوای پس زمینه شناسایی و نمایه ی جزیره ی گرمایی کلانشهر اصفهان محاسبه شد. بررسی ها نشان داد کلانشهر اصفهان در هنگام روز از پیرامون خود سردتر و در هنگام شب حدود دو درجه ی سلسیوس گرم تر از پیرامون خود است. شدت جزیره ی گرمایی در دی ماه بیشینه است و در تابستان ضعیف تر می شود. با توجه به رفتار زمانی و مکانی جزیره ی گرمایی کلانشهر اصفهان به نظر می رسد تغییراتی که شهر در رطوبت، سپیدایی و ترکیب جو ایجاد کرده نقش مهمی در پیدایش جزیره ی گرمایی داشته است. از آنجا که آب یکی از عوامل اثرگذار بر شدت جزیره گرمایی شهر اصفهان است زاینده رود در تعدیل دمای رویه ی زمین در محدوده ی کلانشهر اصفهان نقش بزرگی داشته است و خشکاندن آن پیامدهای زیست محیطی داشته است.

واژگان کلیدی: جزیره ی گرمایی، دمای رویه ی زمین، کلانشهر اصفهان.

[۱]- استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان s.a.masoodian@geo.ui.ac.ir

[۲]- استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان m.montazeri@geo.ui.ac.ir

مقدمه

در طی شصت سالی که از طرح مفهوم جزیره ی گرمایی گذشته پژوهشگران تعاریف گوناگونی از جزیره ی گرمایی ارائه داده اند. گر چه گوهر اصلی همه ی این تعاریف یکی است و بر اساس تفاوت دمای شهر و روستا استوار است اما با توجه به پیشرفت های فناوری و داده های نوین، تعاریف جزیره ی گرمایی از بُعد فنی دستخوش دگردیسی شده و گذشته از دما فراسنج های دیگری نیز در تعریف و شناسایی جزیره ی گرمایی به کار گرفته شده است (به نظر می‌رسد نیاز به منبع که این چنین تعریف داده اند می باشد.).

در واژه نامه ی تخصصی انجمن هواشناسی ایالات متحده آمریکا، جزیره ی گرمایی این گونه تعریف شده است: جزیره ی گرمایی شهری (جزیره ی گرمایی) در برگیرنده ی خطوط همدمای بسته ای است که نماینده ی پهنه ای گرم است، به ویژه پهنه ایی که بشر وضع طبیعی زمین را بر هم زده باشد (مانند شهرها و شهرک ها). دلیل این نامگذاری، شباهت خطوط همدما در این پهنه ها با خطوط تراز ارتفاعی جزایر بر روی نقشه های توپوگرافی بوده است. شیو دمای جزایر گرمایی در محل برخورد شهر – پیراشهر بسیار زیاد است و اوج دما در هسته ی متراکم شهر دیده می شود. میانگین دمای سالانه ی شهرهای بزرگ (با بیش از یک میلیون نفر جمعیت) یکی دو درجه ی سلسیوس بیش از دمای پیش از گسترش شهر است. در شب های آرام و صاف دمای شهر ممکن است تا دوازده درجه ی سلسیوس گرم تر باشد. گرما در راستای عمودی بر فراز شهر گسترش می یابد؛ آنگاه اگر هوا آرام باشد گنبد گرمایی و اگر باد بوزد زبانه ی گرمایی پدید می آید (واژه نامه ی هواشناسی انجمن هواشناسی ایالات متحده آمریکا،۲۰۱۵). در ادبیات آب و هوشناسی شهری نیز طیف گسترده‌ای از تعاریف برای جزیره‌ی گرمایی شهری ارائه شده است.

دگرگونی های چشمگیری که در چهره ی جغرافیای انسانی و طبیعی ایران در چند دهه ی گذشته رخ داده است جزایر گرمایی شهری را در فهرست بلندی از مخاطرات محیطی قرار داده که رسیدگی به آن ها در قلمرو دانش آب و هواشناسی است. میانگین دمای ایران (۱۸ درجه‌ی سلسیوس) سه درجه‌ی سلسیوس از میانگین جهانی دما بالاتر و آهنگ افزایش دمای ایران (۲ درجه‌ی سلسیوس در صدسال) دست کم دوبرابر آهنگ جهانی افزایش دما است (مسعودیان ۱۳۸۴). از این گذشته در طی شش دهه‌ی گذشته جمعیت ایران چهار برابر و نسبت شهرنشینی دو و نیم برابر شده است. جمعیت شهر اصفهان در شش دهه‌ی گذشته ده برابر شده است (گلستان نژاد و همکاران ۱۳۹۴). در این شرایط پرسش‌های زیادی سربرمی‌آورند: کدام شهرهای ایران جزیره‌ی گرمایی پیدا کرده‌اند؟ ویژگی‌های آب و هوایی این جزایر گرمایی چیست؟ پیامدهای این جزایر گرمایی شهری برای تندرستی شهروندان، الگوی مصرف آب و انرژی چیست؟ پیامدهای جزایر گرمایی برای مدیریت شهری چیست؟ آب و هواشناسان می‌توانند برخی از این پرسش‌ها را پاسخ دهند و از این راه به بهبودی شیوه‌ی زندگی شهروندان کمک کنند.

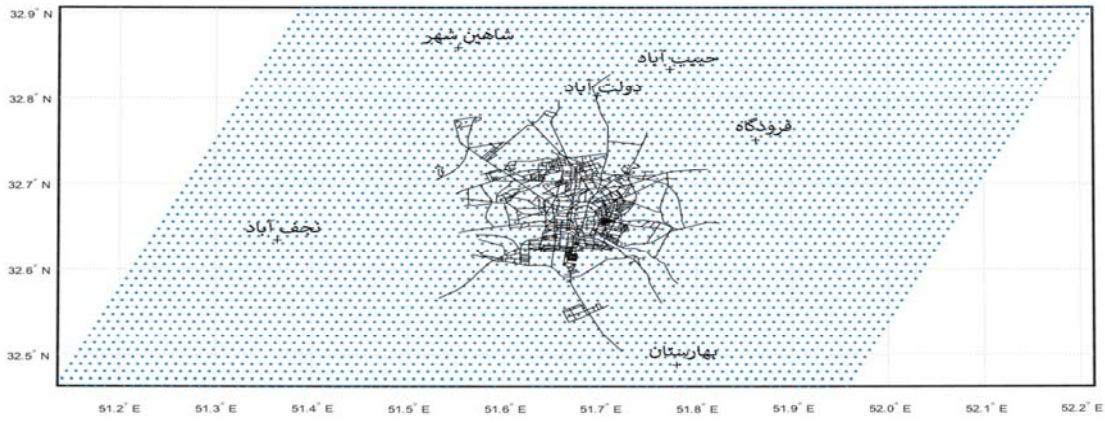
داده‌ها و روش‌ها

در این پژوهش از داده های دمای رویه ی زمین مودیس بهره بردیم. سنجنده ی مودیس بر روی دو ماهواره ی تررا و آکوا نصب است. ناسا ماهواره ی تررا را در تاریخ ۱۳۷۸/۹/۲۷ به فضا پرتاب کرد و از تاریخ ۱۳۷۸/۱۲/۵ برداشت داده

ها آغاز شد. سنجنده ی مودیس که بر روی این ماهواره نصب است فرآورده های گوناگونی در تفکیک های زمانی و مکانی مختلف دارد. این ماهواره یک بار بین ساعت ۱۰:۰۰ تا ۱۲:۰۰ (گذر روزهنگام) و یک بار بین ساعت ۲۱:۰۰ تا ۲۳:۳۰ (گذر شب-هنگام) از فراز ایران گذر می کند. ماهواره ی آکوا در تاریخ ۱۳۸۱/۲/۱۴ به فضا پرتاب شد و از تاریخ ۱۳۸۱/۴/۱ برداشت داده ها را آغاز کرد. سنجنده ی مودیس که بر روی این ماهواره نصب شده دارای فرآورده های گوناگونی در تفکیک های زمانی و مکانی مختلف می باشد. این ماهواره یک بار بین ساعت ۱۲:۰۰ تا ۱۴:۰۰ (گذر روزهنگام) و یک بار بین ساعت ۱:۰۰ تا ۳:۰۰ (گذر شب هنگام) از فراز ایران گذر می کند.

از میان فرآورده ی دمایی گوناگون مودیس فرآورده های MOD11A1 و MYD11A1 برای انجام این پژوهش برگزیده شدند. سیستم تصویر این فرآورده، سینوسی هم مساحت است. این داده ها به صورت کاشی هایی به ابعاد ۱۰ درجه ی قوسی (۱۲۰۰×۱۲۰۰ یاخته) با فرمت HDF فراهم شده اند. شش تا از این کاشی ها سراسر ایران را پوشش می دهند ($h21v05$ و $h22v05$ و$h23v05$ و$h21v06$ و$h22v06$ و$h23v06$). تفکیک مکانی اسمی این فرآورده ۱۰۰۰ متر و تفکیک مکانی واقعی آن ۹۲۶/۸۸۲۹ متر است (وان ۱۹۹۹).

چون هدف این پژوهش ارزیابی جزیره ی گرمایی کلانشهر اصفهان است از کل پایگاه داده محدوده ای به ابعاد ۵۴×۸۴ یاخته (۵۰۰۵۱/۶۸×۷۷۸۵۸/۱۶ متر) به مرکزیت کلانشهر اصفهان استخراج گردید (شکل ۱). با این حال هر جا لازم بوده بخش بزرگ تری از داده ها را هم به کار گرفته ایم.



شکل ۱: یاخته های قلمرو بررسی

بررسی جزیره‌ی گرمایی به کمک داده‌های دورسنجی تقریباً با پژوهش‌های رائو در سال ۱۳۵۱ خورشیدی آغاز شد. وی در مقاله‌ای (رائو،۱۹۷۲) با عنوان بررسی جزایر گرمایی به کمک داده‌های یک ماهواره‌ی محیطی، این باب را گشود(ماژکفسکا و همکاران،۲۰۱۶). پنج سال بعد متسون در پنجشنبه شب ششم امرداد ۱۳۵۶ به کمک تصویر فروسرخ ماهواره‌ی نوا پنج توانست جزیره‌ی گرمایی پنجاه شهر ایالات متحده را در شبی که آسمان صاف و بی‌ابر بود، بنمایاند. در این شب دمای این شهرها بین ۲/۶ تا ۶/۵ درجه‌ی سلسیوس گرم‌تر از پیرامون آن‌ها بود (متسون و همکاران،۱۹۷۸). از این جا بود که کاربرد داده های ماهواره ای در بررسی جزیره ی گرمایی آشکار گردید. داده‌های ماهواره ای گستره‌های بزرگی را پوشش می‌دهند و تفکیک مکانی بسیار زیادتری هم دارند پس ابزار بهتری برای

تعریف شدت جزیره‌ی گرمایی شهری هستند (جین،۲۰۱۲). جزیره ی گرمایی که به کمک داده های دمای رویه ی زمین حاصل از دورسنجی تعریف شده باشد را جزیره ی گرمایی رویه پایه می نامیم. بر این اساس شدت جزیره‌ی گرمایی شهری عبارت است از تفاوت میانگین مکانی دمای پهنه‌های شهری و پهنه‌های پیرامون‌شهر یا پهنه‌های روستایی(رضوان و همکاران،۲۰۰۸). از آن جا که رفتار دمای هوا با رفتار دمای رویه ی زمین تفاوت دارد زمان برداشت دما و رویکردی که برای محاسبه ی نمایه‌ی جزیره ی گرمایی برمی‌گزینیم هر دو بر ویژگی‌های جزیره‌ی گرمایی حاصله مؤثرند(شوارتز و همکاران،۲۰۱۱). در این صورت جزیره‌ی گرمایی شهری رویه‌پایه بازتاب دهنده ی تفاوت الگوهای دمای رویه‌ی زمین در مناطق مختلف شهری است(شوارتز و همکاران،۲۰۱۱).

پیشرفت هایی که در دو دهه ی گذشته به دست آمده نشان می دهد که جزیره ی گرمایی شهری بسیار متنوع تر از آن است که پیش از این تصور می شد. بسته به این که دمای کجا (هوا یا رویه ی زمین) را و با چه ابزاری (سنجنده یا ایستگاه زمینی) اندازه می گیریم جزیره ی گرمایی حاصله ویژگی های متفاوتی را نشان خواهد داد (آرنفیلد،۲۰۰۳). در شرایط آسمان صاف هر چه دمای رویه بیش تر باشد دمای هوا هم بیش تر خواهد بود و لایه ی مرزی شهر ستبرتر می شود. از آنجا که دامنه ی نوسان روزانه ی دمای رویه بیش از دمای هوا است و بین آنها زمان تأخیر وجود دارد جزیره ی گرمایی رویه پایه از جزیره ی گرمایی هواپایه نیرومندتر و دامنه ی نوسان آن بیش تر است (پنگ و همکاران،۲۰۱۲). گرچه دمای رویه ی زمین که توسط ماهواره‌ها اندازه‌گیری می‌شود با دمای هوا که در ایستگاه‌های هواشناسی اندازه‌گیری می‌شود وابسته به یکدیگرند اما وردش‌های فصلی و روزانه‌ی آن‌ها الزاماً یکسان نیست؛ چرا که دمای رویه‌ی زمین به فرایندهای تبادل انرژی در رویه‌ی زمین گره خورده است و وابستگی چندانی به ستون هوای فراز خود ندارد. در نتیجه جزایر گرمایی متکی به دمای رویه‌ی زمین هم در شب و هم در روز نمود قوی تر دارند اما جزایر گرمایی متکی به دمای هوا تنها در هنگام شب، نیرومند ظاهر می‌شوند (جین،۲۰۰۵). با این حال جزیره ی گرمایی رویه پایه نیز همانند جزیره ی گرمایی هواپایه بر تفاوت دما در شهر و پیراشهر استوار است.

رشد شهرها در همسایگی یکدیگر که به پیدایش خوشه‌شهرها می‌انجامد یا رشد نواری شهرها و پیوستن آن‌ها به یکدیگر که دالانه های شهری را پدید می‌آورد سبب می‌شود اثر شهر بر آب و هوا از مقیاس محلی به مقیاس منطقه‌ای گسترش پیدا کند. همانندسازی جزیره‌ی گرمایی در دالانه ی شهری میان واشنگتن تا بالتیمور نشان می‌دهد ساخت و سازهایی که در پیش‌باد شهرها انجام می‌شود از راه فرایند فرارفت بر جزیره‌ی گرمایی شهری اثر می‌گذارد. اگر ساخت و سازهای بین بالتیمور تا واشنگتن نبود جزیره‌ی گرمایی بالتیمور ۲۵ درصد ضعیف‌تر و ستبرای لایه‌ی مرزی سیاره‌ای بر فراز شهر ۲۰۰ متر کم‌تر می‌بود (ژنگ و همکاران،۲۰۱۱). در چنین شرایطی جزیره‌ی گرمایی می‌تواند از همه سو در مکان گسترش یابد. بررسی جزیره‌ی گرمایی پورتوریکو آشکار ساخت که جزیره‌ی گرمایی می‌تواند خود را تا پای دامنه‌ی کوه نیز برساند (مورفی و همکاران،۲۰۱۱).

پیوند گرمایش جهانی با جزیره‌ی گرمایی از دو دیدگاه قابل بررسی است. یکی این که با گرمایش جهانی شدت جزیره‌ی گرمایی شهری نیز نیرومندتر خواهد شد یا خیر؛ و دیگری این که گسترش شهرها و پیدایش و تقویت جزیره‌ی گرمایی چه سهمی از روند افزایشی دما در شهرها را به خود اختصاص داده است. به بیان دیگر چه سهمی از گرمایش جهانی را باید به جای گرم شدن سراسری زمین به افزایش محلی دما به دلیل پیدایش و تقویت جزیره‌ی

گرمایی در شهرها نسبت داد. بررسی‌ها نشان داده است که اثر گسترش شهرنشینی بر سری زمانی دمای ایالات متحده به ۰/۰۵ درجه‌ی سلسیوس در صد سال نمی‌رسد(پترسون و اوون،۲۰۰۵). در این صورت اثر گسترش شهرنشینی بر سری زمانی دمای زمین بر خلاف ادعاهای پیشین ۰/۵ درجه‌ی سلسیوس در صد سال نیست بلکه دست بالا یک مرتبه‌ی بزرگی کوچک‌تر است(جونز و همکاران،۱۹۹۰). همانندسازی‌ها نشان می‌دهد که اثر گرمایش جهانی بر تقویت جزایر گـرمایی شهری در مناطق خشکی مانند خاورمیانه زیادتر خواهد بود(مک‌کارتی و همکاران،۲۰۱۰).

برای اندازه گیری جزیره ی گرمایی نمایه های گوناگونی پیشنهاد شده است. مثلاً نمایه ی جزیره ی گرمایی رویه پایه از تفاوت دمای رویه ی شهر با دمای رویه ی بیرون شهر، حاصل می شود (پنگ و همکاران،۲۰۱۲). جین شدت جزیره‌ی گرمایی شهری را به کمک داده‌های دمای رویه‌ی زمین این چنین تعریف می کند:

$$UHI_{LST} = LST_u - LST_r^{LC} \quad (۱)$$

در این تعریف داریم: UHI_{LST} جزیره‌ی گرمایی شهری رویه‌پایه، LST_u دمای رویه‌ی زمین پهنه‌های شهری، LST_r^{LC} دمای رویه‌ی زمین پهنه‌های روستایی که رویه‌ی آن از نوع LC باشد. چون پوشش رویه‌ی زمین در بیرون از شهر متنوع است برای هماهنگی با تعریف سنتی جزیره‌ی گرمایی دمای رویه‌ی زمین را برای کشتزار در نظر می‌گیرند. با این حال اگر چنین پوششی در بیرون شهر وجود نداشته باشد باید مشخص کرد که دمای پهنه‌ی روستایی برای چه نوع رویه‌ای محاسبه شده است (جین،۲۰۱۲). نمایه‌ای که به کمک داده‌های دمای رویه‌ی زمین مودیس برای شدت جزیره‌ی گرمایی تعریف شده وردش‌های روزانه و فصلی آشکاری دارد. این نمایه نشان می‌دهد که هنگام روز و در تابستان شدت جزیره‌ی گرمایی زیادتر است. گرچه این نمایه امکان محاسبه‌ی شدت جزیره‌ی گرمایی به روشی یکدست را برای سراسر جهان فراهم می‌آورد اما اعتبار این روش را در مورد شهرهای بیابانی باید بررسی نمود (جین،۲۰۱۲).

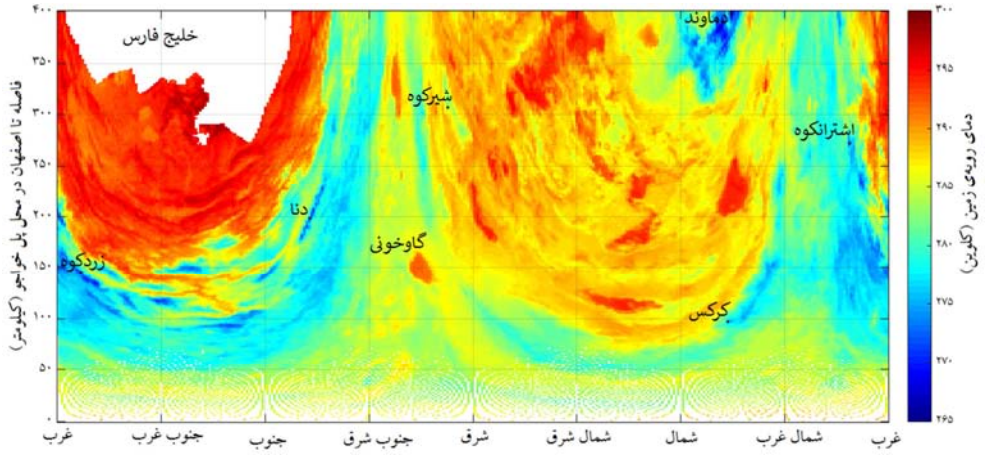
در این پژوهش نمایه ی جزیره ی گرمایی بر حسب تفاوت دمای یاخته ی نماینده ی شهر با یاخته ی نماینده ی منطقه (پس زمینه) تعریف شده است. برای شناسایی یاخته های نماینده روش همبستگی را به کار گرفته ایم.

یافته‌های تحقیق

شهر اصفهان در گرانیگاه آب و هوایی استان اصفهان جا گرفته است. به این معنا که شهر اصفهان معدل آب و هوایی کوهستان های سرد و بارشمند جنوب غربی و دشت های گرم و کم بارش شمال شرقی خود است. گر چه اصفهان بر دشت نهاده شده و اساساً باید آب و هوایی همچون دشت های شمال شرقی داشته باشد اما اثر تعدیلی رودخانه بر آب و هوا سبب شده تا آب و هوای آن حد واسط آب و هوای سرد و بارشمند کوهستانی و آب و هوای گرم و کم بارش دشتی باشد. از این رو شهر اصفهان بدون رودخانه و شهر اصفهان با رودخانه به دو گروه آب و هوایی متفاوت تعلق دارند.

ویژگی های جزیره ی گرمایی، وابسته به نوع آب و هوایی است که شهر در آن برپا شده است (آب و هوای پس زمینه). از این رو در اینجا شگردی برای شناسایی آب و هوای پس زمینه معرفی می کنیم. این شگرد بر سمت (سو) و فاصله (دوری و نزدیکی) تا شهر متکی است و از این رو آن را شگرد دورسو مینامیم. در این شگرد یک نقطه در درون شهر را مبنا قرار داده و میانگین دمای رویه ی زمین را برای همه ی نقاطی که در سمت جغرافیایی معین (مثلاً ۹۰ درجه که معادل جهت جغرافیایی شرق است) و فاصله ی معینی (مثلاً ۱۰ کیلومتر) از این نقطه ی مبنا قرار دارند را محاسبه می کنیم. در این مورد برای شهر اصفهان نقطه ی مبنا را مرکز پل خواجو در نظر گرفتیم. سمت را از صفر تا ۳۶۰ درجه با گام های یک درجه و فاصله را از صفر تا ۴۰۰ کیلومتر با گام یک کیلومتر در نظر گرفتیم.

بررسی دورسوی دمایی اصفهان دو گونه ی آب و هوایی را در پس زمینه نشان می دهد (شکل ۲). گونه ی غالب، آب و هوای گرمی است که با دمای ۲۹۰ کلوین تقریباً در همه ی سرزمین های هموار و کم ارتفاع پیرامون اصفهان گسترش یافته است. گونه ی دوم نوارهای باریک معتدلی است که کوهستان های برآمده از میان دشت ها را شامل می شود. آنچه از نمودار دورسوی اصفهان برمی آید این است که شهر اصفهان بر روی پهنه ای با آب و هوای پس زمینه ی گرم و خشک ساخته شده و نوارهایی کوهستانی از شمال غرب تا جنوب شرق یکدستی این آب و هوای پس زمینه را برهم می زند. دشتهای شرق اصفهان در هنگام شب از لحاظ دمایی با جلگه ی خوزستان برابری می کند.

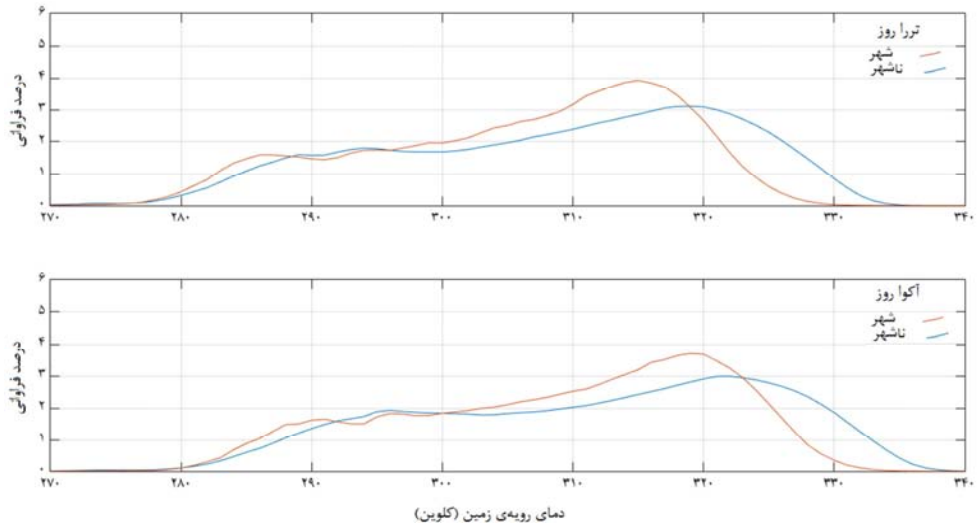


شکل ۲: دورسوی دمایی اصفهان بر پایه‌ی داده‌های میانگین بلندمدت دمای رویه‌ی زمین مودیس تررا برای گذر شبانه

در هنگام شب دست کم هشت لکه ی داغ در پیرامون اصفهان دیده می شود. این لکه های داغ در هنگام روز به اندازه ی پیرامون خود گرم نمی شوند و در هنگام شب از پیرامون خود گرمای بیش تری گسیل می کنند(شکل ۲). از این رو نقش آب های سطحی و زیرسطحی در پیدایش این لکه ها مطرح می شود. گرمای ویژه ی آب زیاد است و بخش بزرگی از انرژی تابشی دریافتی را در خود انباشته می کند بدون آن که دمای آن افزایش زیادی پیدا کند. بر این اساس پهنه هایی که دارای آب سطحی یا زیرسطحی هستند مانند پیل گرمایی انرژی تابشی روزهنگام را در خود انبار کرده و در هنگام شب انرژی گرمایی انبار شده را گسیل می کنند. هر چه مقدار آبی که در این سازوکار فعال است بیش تر باشد تفاوت دمای شب و روز کم تر می شود. در استان اصفهان سه پهنه ی متفاوت از این لحاظ

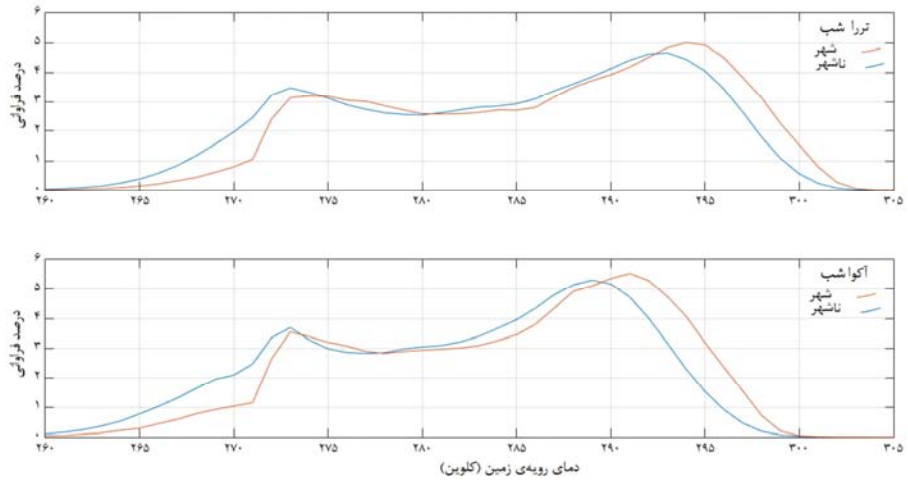
می‌توان شناسایی کرد. در بخش های غربی و ارتفاعات، پوشش برفی در فراهم آوردن رطوبت خاک و امکان انبارش گرما در هنگام روز نقش بازی می کند. در بخش های شرقی آب های زیرسطحی در کف چاله ها این نقش را بازی می کند و در سراسر مسیر زاینده رود، رودخانه نقش دارد. برخی از چاله‌هایی که نقش پیل‌های گرمایی استان اصفهان را بازی می‌کنند عبارتند از تالاب گاوخونی، دریاچه‌ی نمک در مرنجاب، ریگ جن، دق سرخ، کویر شتران و دشت کویر. در محل این پیل‌ها گرما در طی روز انبار و در طی شب آزاد می‌شود. از این رو تفاوت دمای شب و روز در این مناطق نسبت به پیرامون کم‌تر است.

در هنگام روز شهر از ناشهر خنک‌تر است(شکل ۳). از آنجا که آب و هوای پس‌زمینه در اصفهان گرم و خشک است و سرزمین‌های بیابانی و بی‌آب در پس‌زمینه غلبه دارند خنک‌تر بودن شهر در قیاس با ناشهر در هنگام روز نشانگر آن است که در شهر بخشی از انرژی خورشیدی دریافتی، به گرمای نهان تبدیل می‌شود و از سهم گرمای محسوس می کاهد. در مقابل در ناشهر یعنی سرزمین‌های خشک پیرامون شهر انرژی تابشی دریافتی عمدتاً به گرمای محسوس تبدیل می‌شود.



شکل۳: توزیع فراوانی دما در شهر و ناشهر در هنگام روز

در هنگام شب شهر از ناشهر گرم‌تر است(شکل ۳). صرف نظر از عواملی که سبب شده‌اند در اصفهان شب‌های شهر از پیرامون آن گرم‌تر و روزهای شهر از پیرامون آن خنک‌تر باشد به نظر می‌رسد تغییر کاربری زمین به دلیل ساخت شهر، توزیع فراوانی دمای رویه‌ی زمین را تغییر داده است. بر اثر ساخت شهر دمای روز هنگام آن اندازه که در سرزمین‌های خشک پیرامون شهر افزایش می‌یابد بالا نمی‌رود و در هنگام شب، شهر گرمای خود را نگه می‌دارد و آن اندازه که بیابان‌های پیرامون شهر سرد می‌شوند شهر سرد نمی‌شود. در نتیجه دامنه‌ی روزانه‌ی دما در شهر کوچک‌تر از ناشهر است(شکل ۴). این همان ویژگی است که در چاله‌های استان که مصب مسیل‌های بزرگ هستند هم دیده می‌شود(شکل ۲). از این رو باز باید بر نقش آب در رفتار دمای رویه‌ی زمین تأکید بورزیم.

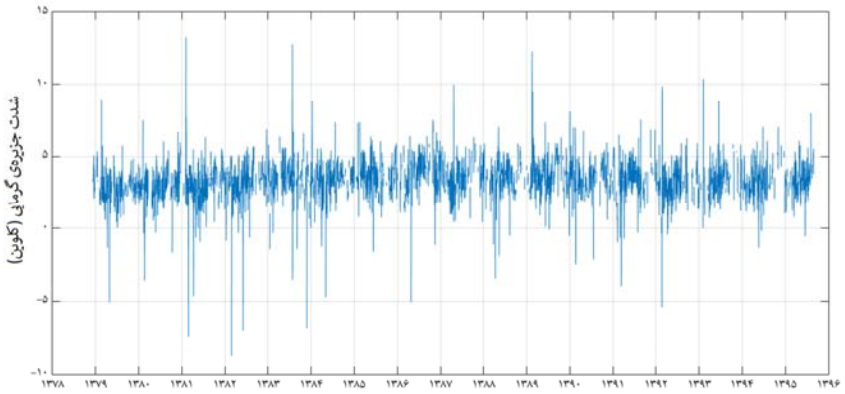


شکل ۴: توزیع فراوانی دما در شهر و ناشهر در هنگام شب

با توجه به آب و هوای پس‌زمینه در محدوده‌ی کلانشهر اصفهان که آب و هوایی گرم و خشک است و بدنبال آن اثر سرمایشی شهر در هنگام روز و اثر گرمایشی شهر در هنگام شب به نظر می‌رسد بررسی دامنه‌ی دمای روزانه (تفاوت دمای شب و روز) نمایانده‌ی شایسته‌ای برای شناخت اثرات آب و هوایی (دمایی) شهر باشد. تفاوت دمای شب و روز در شهر بسیار کم‌تر از ناشهر است.

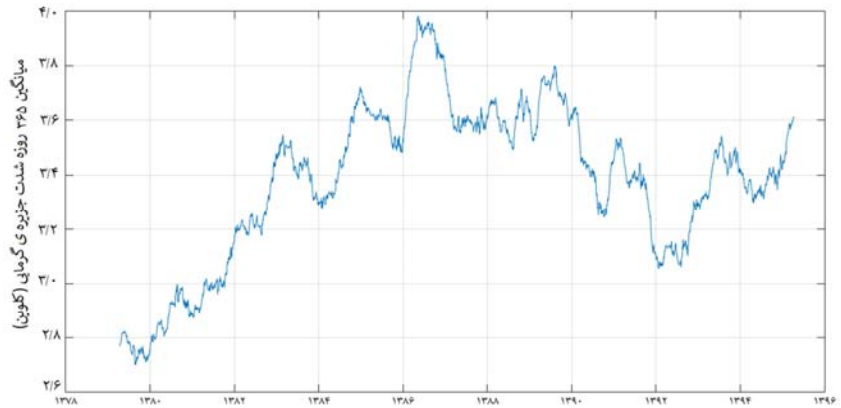
نتایج و بحث

نمایه های گوناگون جزیره ی گرمایی، هر یک وجهی از وجوه اختلافات ویژگی های دما بر روی شهر و پیراشهر را نمایندگی می کنند. تفاوت دما، تفاوت دامنه ی دما، تفاوت توزیع فراوانی دما، تفاوت توزیع فراوانی دامنه ی دما از جمله راه هایی هستند که می توانند برای نشان دادن اثر شهر بر آب و هوا در نظر گرفت. در مورد شهر اصفهان هر یک از این راه ها ارزش بررسی را دارند چون اصفهان بر هر یک از این ویژگی های دمایی اثر ویژه ای داشته است. اینک برای بررسی جزیره ی گرمایی شهر اصفهان نمایه ی جزیره ی گرمایی را چنین تعریف می کنیم. تفاوت دمای شب هنگام بین نقطه ی نماینده ی شهر و نقطه ی نماینده ی آب و هوای پس زمینه. هر چند گاه پیش می آید که دمای شهر در هنگام شب از دمای پس زمینه کم تر باشد اما جزیره ی گرمایی شبانه تقریباً ویژگی غالب کلانشهر اصفهان است. به بیان دیگر در بیش از ۹۸ درصد موارد دمای شهر در هنگام شب بیش از دمای پس زمینه است. در سال ۱۳۸۶ شدت جزیره ی گرمایی شبانه بیشینه بوده است. با توجه به این که زمستان سال ۱۳۸۶ سالی سرد و برفی بوده است (کیخسروی کیانی،۱۳۹۵) نیرومندتر شدن جزیره ی گرمایی شبانه در این سال از یک سو نقش سپیدایی و از سوی دیگر به صورت غیر مستقیم نقش چشمه های گرمایی مردمزاد در پیدایش جزیره ی گرمایی را آشکار می سازد.



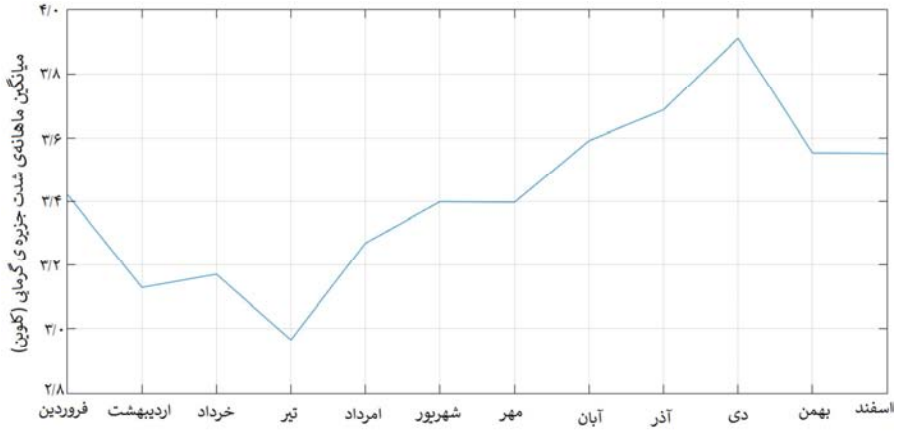
شکل ۵: نمایه‌ی جزیره‌ی گرمایی کلانشهر اصفهان

بررسی سری زمانی نمایه ی جزیره ی گرمایی شهر نشان می دهد که گذشته از رطوبت و ساختار شهر سپیدایی نیز در پیدایش جزیره ی گرمایی شبانه نقش دارد. بررسی سال ۱۳۸۶ که نمایه ی جزیره ی گرمایی در آن بیشینه بوده (شکل ۶) نمونه ای از اثر سپیدایی بر جزیره ی گرمایی شبانه است. چنان که پیداست در سال ۱۳۸۶ که پوشش برفی زیاد بوده است به سبب افزایش سپیدایی درصد بیش تری از تابش های خورشیدی در هنگام روز بازتاب شده و دمای رویه ی زمین کم تر شده است. در نتیجه دمای شب هنگام نیز در پیرامون شهر کمتر شده است. از سوی دیگر در مناطق شهری به دلیل ماندگاری کم تر پوشش برفی تفاوت چندانی در انرژی دریافتی ایجاد نشده است. از این رو دمای شهر نسبت به پیراشهر بیش از مقدار معمول بوده است. در طی دوره ی بررسی میانگین دمای رویه زمین کلانشهر اصفهان ۱۸/۲ درجه سلسیوس بوده است. در همین دوره میانگین شناور ۳۶۵ روزه ی نمایه ی جزیره ی گرمایی شبانه ی کلانشهر اصفهان بین ۲/۵ تا ۴/۰ کلوین در نوسان بوده است. از سوی دیگر اثر فصلی در سری زمانی جزیره ی گرمایی کاملاً آشکار است(شکل ۵). مشاهده ی اثر فصلی از یک سو و افزایش پراش نمایه در سال های اخیر از سوی دیگر نشانگر آن است که گذشته از متغیرهای شهری، متغیرهای آب و هوایی نیز نقش برجسته ای در پیدایش جزیره ی گرمایی شبانه بازی می کنند.



شکل ۶: میانگین شناور ۳۶۵ روزه‌ی نمایه‌ی جزیره‌ی گرمایی کلانشهر اصفهان

میانگین بلندمدت ماهانه ی نمایه ی جزیره ی گرمایی شبانه (شکل۷) نشان می دهد که اثر فصلی یاد شده به معنی تضعیف جزیره ی گرمایی شبانه در دوره ی گرم سال و نیرومند شدن آن در دوره ی سرد سال است. شاید بتوان گذشته از عوامل آب و هوایی افزایش مصرف انرژی در شهر را با این ویژگی فصلی در پیوند دانست.



شکل ۷: میانگین ماهانه‌ی نمایه‌ی جزیره‌ی گرمایی کلانشهر اصفهان

نتیجه‌گیری

گرمایش جهانی با نیرومندتر شدن جزایر گرمایی بر روی کلانشهرها همراه خواهد بود. اصفهان در طی چند دهه ی گذشته رشد شتابناکی را تجربه کرده است که همچنان نیز ادامه دارد. تغییرات کاربری زمین و بر هم خوردن ترازمندی آب در پهنه ی شهری به پیدایش جزیره ی گرمایی شبانه بر روی اصفهان انجامیده است. این بدان معنا است که متغیرهای اثرگذار بر تابش خروجی تغییر کرده اند. نتیجه آن که دمای شهر اصفهان در هنگام شب دو درجه سلسیوس از پیرامون خود گرم تر است. به نظر می رسد تغییر ترکیب جو و تغییر محتوای رطوبتی جو در پیدایش جزیره گرمایی شبانه بر روی شهر اصفهان اثرگذار بوده اند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان از معاونت شهرسازی شهرداری اصفهان برای پشتیبانی مالی از این پژوهش سپاسگزاری می نماییم. نویسنده اول از معاونت پژوهشی دانشگاه اصفهان برای پشتیبانی مالی و ستادی از انجام فرصت مطالعاتی در دانشگاه سسکچوان کانادا سپاسگزاری می نماید.

منابع

کیخسروی کیانی محمدصادق، آب و هواشناسی پوشش برف در ایران با بهره گیری از داده های دورسنجی، پایان نامه دکتری، گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه اصفهان، ۱۳۹۵، ص ۶۵.

گلستان نژاد ابوالقاسم، اعظم راشدی پور، عبدالمجید باباصفری، مائده خلیلیان، سیدرسول موسوی، اعظم نصری (۱۳۹۴). اطلس کلانشهر اصفهان، انتشارات همصدا، صص ۳۴۸-۱، ص ۷۸

مسعودیان سیدابوالفضل (۱۳۸۴). بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته ، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۵۴، صص ۴۵-۲۹، ص ۳۰.

Arnfield, A. J. (2003). Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. International journal of climatology, 23(1), 1-26. P 10.

Jin, M., Dickinson, R. E., & Zhang, D. A. (2005). The footprint of urban areas on global climate as characterized by MODIS. Journal of Climate, 18(10), 1551-1565. P 1570.

Jin, M. S. (2012). Developing an index to measure urban heat island effect using satellite land skin temperature and land cover observations. Journal of Climate, 25(18), 6193-6201. P 6195.

Jones, P. D., Groisman, P. Y., Coughlan, M., Plummer, N., Wang, W. C., & Karl, T. R. (1990). Assessment of urbanization effects in time series of surface air temperature over land. Nature, 347(6289), 169-172. P 170.

Majkowska, A., Kolendowicz, L., Półrolniczak, M., Hauke, J., & Czernecki, B. (2016). The urban heat island in the city of Poznań as derived from Landsat 5 TM. Theoretical and Applied Climatology, 1-15.P 12.

Matson, M., Mcclain, E. P., McGinnis Jr, D. F., & Pritchard, J. A. (1978). Satellite detection of urban heat islands. Monthly Weather Review, 106(12), 1725-1734.P 1730.

McCarthy, M. P., Best, M. J., & Betts, R. A. (2010). Climate change in cities due to global warming and urban effects. Geophysical Research Letters, 37(9).P 17.

Murphy, D. J., Hall, M. H., Hall, C. A., Heisler, G. M., Stehman, S. V., & Anselmi-Molina, C. (2011). The relationship between land cover and the urban heat island in northeastern Puerto Rico. International Journal of Climatology, 31(8), 1222-1239.P 1230.

Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Ottle, C., Bréon, F. M., & Myneni, R. B. (2012). Surface urban heat island across 419 global big cities. Environmental science & technology, 46(2), 696-703.P 698.

Peterson, T. C., & Owen, T. W. (2005). Urban heat island assessment: Metadata are important. Journal of Climate, 18(14), 2637-2646.P 2638.

Rao, P. K. (1972). Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite. Bulletin of the American meteorological society, 53(7), 647.P 15.

Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Chunho, L. I. U. (2008). A review on the generation, determination, and mitigation of Urban Heat Island. Journal of Environmental Sciences, 20(1), 120-128.P 122.

Schwarz, N., Lautenbach, S., & Seppelt, R. (2011). Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of European cities with MODIS land surface temperatures. Remote Sensing of Environment, 115(12), 3175-3186. P 3175.

Zhang, D. L., Shou, Y. X., Dickerson, R. R., & Chen, F. (2011). Impact of upstream urbanization on the urban heat island effects along the Washington-Baltimore corridor. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 50(10), 2012-2029. P 2015.

Wan, ZHENGMING (1999). MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD). NASA, pp. 1-77.P 36.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۲۸
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۰۴
صفحات: ۶۲ - ۴۷

شناسایی مناطق در معرض هجوم ماسه‌های روان با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS مطالعه موردی: شهرستان‌های ریگان، فهرج و نرماشیر، استان‌کرمان

علی مهرابی [۱*]

چکیده

پیشرفت تپه‌های شنی و ماسه‌ای تهدید بزرگی برای زمین‌های کشاورزی، مناطق مسکونی و ساکنان بخش‌های شرقی و جنوب‌شرقی استان کرمان است. به‌طوری‌که امروزه وقوع طوفان‌های مکرر شن و ماسه، از اساسی‌ترین معضل‌های زیست‌محیطی این مناطق به شمار می‌آید. هدف از این تحقیق، شناسایی و پتانسیل‌یابی محدوده شهرستان‌های ریگان، فهرج و نرماشیر به لحاظ هجوم ماسه‌های روان است. بدین منظور از شاخص آسیب‌پذیری گسترش تپه‌های ماسه‌ای (SDEVI)* استفاده شد. در این راستا از ۵ فاکتور و عامل در گسترش شن‌های روان شامل شدّت باد، رطوبت خاک، توپوگرافی، نوع لیتولوژی و پوشش گیاهی استفاده شد. بعد از تهیه نقشه‌های مربوطه، تمامی آنها به لحاظ میزان تأثیر در آسیب‌پذیری رتبه‌بندی و در محیط GIS باهم تلفیق‌شده و نقشه آسیب‌پذیری نهایی تهیه گردید. بر این اساس، منطقه‌ای به وسعت ۳۶۵۰ کیلومترمربع از محدوده موردمطالعه در بخش آسیب‌پذیری خیلی زیاد و زیاد قرار دارد. نیمه جنوبی شهر نرماشیر، تعداد ۶۸ روستا و بخش‌هایی از راه ارتباطی بین سه شهرستان فهرج، ریگان و نرماشیر در معرض خطر خیلی زیاد هجوم شن‌های روان قرار دارند. به منظور صحت سنجی نتایج حاصل از شاخص SDEVI از تصاویر سنجنده OLI مربوط به ماهواره‌ای لندست ۸ و تصاویر راداری SENTINEL 1 استفاده شد. با تقسیم باند مادون‌قرمز بر باند آبی، مناطق ماسه‌ای مشخص‌شده و با اعمال تکنیک بارزسازی تغییرهای همبستگی (CCD) ** بر روی تصاویر راداری، میزان پایداری و ثبات پهنه‌های ماسه‌ای مشخص شد. نتایج به‌دست‌آمده، صحت شاخص آسیب‌پذیری یادشده را مورد تأیید قرار می‌دهد.

واژگان کلیدی: گسترش تپه‌های ماسه‌ای، آسیب‌پذیری، شاخص SDEVI، پردازش تصاویر ماهواره‌ای، استان کرمان.

*Sand Dune Encroachment Vulnerability Index

**Coherency Change Detection

۱- استادیار بخش جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان(نویسنده مسئول) mehrabi@uk.ac.ir

مقدمه

وقوع و تداوم خشک‌سالی‌های پی‌درپی در ایران باعث افزایش بیابان‌زایی در بخش‌های وسیعی از کشور شده است (خسروی و همکاران، ۱۳۹۴). تأثیر خشک‌سالی برافزایش شدّت بیابان‌زایی روشن و مشخص است (جیانینی[1] و همکاران، ۲۰۰۸). طبق تعریف آمده در معاهده مبارزه با بیابان‌زایی سازمان ملل متحد (UNCCD[2])، بیابان‌زایی عبارت است از تخریب زمین در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان ناشی از عوامل مختلف مانند تغییرهای اقلیمی و فعالیت‌های انسانی. تخریب زمین باعث ایجاد مشکلات و مسائل متعددی ازجمله فقر و بیکاری، کاهش امنیت غذایی و دیگر مسائل اجتماعی اقتصادی می‌شود (هولدن و شیفرو[3]، ۲۰۰۴). طبق نظر پی و سوار[4] (۲۰۰۸)، ۶ درصد از سطح زمین پوشیده از تپه‌های ماسه‌ای بوده و ۹۷ درصد از این محدوده‌ها در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان که مستعد بیابان‌زایی و هجوم ماسه‌های روان هستند، قرار دارد. این مسأله می‌تواند در آینده نزدیک با توجّه به تغییرهای اقلیمی رخ‌داده اخیر در جهان، تشدید شود. کاهش و افزایش فزاینده دوره‌های بارندگی، باعث تأثیر در میزان آب قابل‌دسترس شده و درنتیجه باعث تخریب پوشش گیاهی و تحرک و گسترش تپه‌های ماسه‌ای می‌شود (شلنکر و لوبل[5]، ۲۰۱۰). با تخریب پوشش گیاهی زمین، هجوم شن‌های روان، یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی برای سکونتگاه‌های انسانی، راه‌ها و خطوط مواصلاتی و محصول‌های کشاورزی می‌باشد (عفت و همکاران[6]، ۲۰۱۱).

در حدود ۶۵ درصد از فلات ایران در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک قرارگرفته که ازنظر طول و عرض جغرافیایی با کمربند بیابانی جهان انطباق دارد. شرایط خشک و نیمه‌خشک حاکم بر بخش وسیعی از ایران با بارندگی کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر در سال، موجب شده است که حدود ۸۰ میلیون هکتار از مساحت ایران را مناطق کویری، تپه‌های ماسه‌ای و مناطقی با پوشش گیاهی ناچیز بپوشاند. از این مساحت، حدود ۱۲ میلیون هکتار را ریگ‌های روان اشغال کرده است که حدود ۶ میلیون هکتار آن تپه‌های شنی فعّال است و بخشی از آنها کانون‌های بحران و تهدیدکننده حریم شهرها و روستاها و مراکز اقتصادی، نظامی و خطوط مواصلاتی می‌باشد (رفاهی، ۱۳۸۳). مطالعه‌های انجام‌شده نشان می‌دهد ۱۴ استان کشور تحت تأثیر فرسایش بادی قرار دارند که استان کرمان دارای شرایط حادتری در این زمینه است (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۱). در حدود ۳۴ درصد از سطح استان کرمان را اراضی بیابانی تشکیل داده است که از این میزان ۳/۳ میلیون هکتار اراضی کویری و بیابانی و سه میلیون هکتار شنزارهای فعال و نیمه فعال هستند که بخش اعظم این شنزارها در بخش‌های غربی و جنوب‌غربی استان گسترش دارند. شن‌های روان این مناطق با وزش باد جابجا شده و با هجوم خود به اراضی کشاورزی، نهرها، راه‌های ارتباطی، شهرها و روستاها، تأسیسات اقتصادی و حیاتی منطقه مشکلات عدیده‌ای را برای زندگی مردم فراهم می‌کند و به فعالیت‌های زیربنایی منطقه

1 - Giannini et al.
2 - United Nations Convention to Combat Desertification
3 - Holden and Shiferaw
4 - Pye and Tsoar
5 - Schlenker and Lobell
6 - Effat et al

لطمه‌های جبران‌ناپذیری می‌زند. طی چند سال اخیر با تداوم خشک‌سالی‌ها این مسأله وارد مرحله حادتری گردیده و در حال تبدیل‌شدن به یک فاجعه انسانی است.

تاکنون مطالعه‌های زیادی در سطح بین‌المللی و ملی درزمینه‌ی شناخت مناطق تحت تأثیر هجوم ماسه‌های روان انجام‌گرفته است؛ به‌طوری‌که الحارثی[1] (۲۰۰۲) در تحقیقی با عنوان ارزیابی خطر تپه‌های ماسه‌ای بین جّده و البته در غرب عربستان سعودی، پس از بررسی جهت حرکت تپه‌های ماسه‌ای و بررسی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای منطقه، خطر این تپه‌های ماسه‌ای به جاده‌ها، ساختمان‌ها و روستاها را موردبررسی قرار داده است. همچنین ژائو و همکاران[2] (۲۰۰۶)، به بررسی اثرهای ماسه‌های روان بر روی خاک‌های اراضی کشاورزی هورگین مغولستان پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش حاکی از آن است که ماسه‌های روان و فرسایش بادی در طولانی‌مدت باعث ناباروری خاک می‌شود. هوجن هولتز و همکاران[3] (۲۰۱۰) نیز به بررسی پیامدهای زیست‌محیطی تثبیت تپه‌های ماسه‌های روان در دشت-های جنوب کانادا پرداخته‌اند. نتایج تحقیق نشان می‌دهد روند فعلی تثبیت ماسه‌های روان موجب کاهش فرسایش بادی شده است. همچنین اقدام‌های صورت گرفته به‌صورت غیرمستقیم منجر به ادامه حیات و تنوع زیستی بندپایان، مهره‌داران و گیاهان شده است. مقصودی و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیقی با عنوان پایش جابجایی ریگ و برخان‌های غرب لوت (پشوئیه)، میزان تحرک تپه‌های شنی را طی چندین دوره موردمطالعه قرار داده‌اند؛ نتایج مطالعه‌های ایشان نشان می‌دهد که تپه‌های ماسه‌ای به‌طور متوسط سالانه بین ۹۶ تا ۱۳۵ متر تحرک و جابجایی دارند. آتانیاکی و همکاران[4] (۲۰۱۸) بامطالعه تپه‌های شنی منطقه ساسکچوان کانادا، مراحل پیشرفت و نفوذ این توده‌های شنی را به مناطق مسکونی موردبررسی قرار داده و ضمن تعیین نرخ جابجایی آنها، میزان پیشرفت آنها را اندازه‌گیری کرده‌اند.

تاکنون شاخص‌های متفاوتی جهت ارزیابی جابجایی شن‌های روان ارائه‌شده است، که بیشتر نیاز به سوابق طولانی از داده‌های آب و هوایی و ثبت و اندازه‌گیری مداوم آنها دارد، درحالی‌که بسیاری از مواقع این امکان وجود ندارد (لنکاستر و هلم، ۲۰۰۰). علاوه بر آن روش‌های اعتبارسنجی نیز اغلب دشوار است؛ زیرا اندازه‌گیری‌های زمینی به-طورمعمول کوتاه‌مدت بوده و چندین سال را شامل نمی‌شود. بعضی از مطالعه‌ها بر کاهش آسیب‌پذیری مناطق تمرکز کرده (احمدی بیرگانی و همکاران[5]، ۲۰۱۷؛ میهی و همکاران[6]، ۲۰۱۷) و برخی بر پایش تحرک تپه‌های ماسه‌ای (الس و همکاران[7]، ۲۰۱۵). به‌منظور اطمینان از موفقیت این نوع پروژه‌ها، روش‌های سنجش‌از راه‌دور ماهواره‌ای مورداستفاده قرارگرفته‌اند تا بتوان مناطق وسیع و مشکل به جهت دسترسی را، به‌طور ویژه بررسی کرد (بودارت و اوزر[8]، ۲۰۰۷). علاوه بر اطلاعات ارائه‌شده توسط سنسورهای نوری پلتفرم ماهواره‌ای، سنجش‌ازدور رادار و تداخل

1 - Al-Harthi
2 - Zhao et al.
3 - Hugenholtz et al.
4 - Attanayake et al.
5 - Ahmadi Birgani et al.
6 - Mihi et al.
7 - Els et al.
8 - Bodart and Ozer

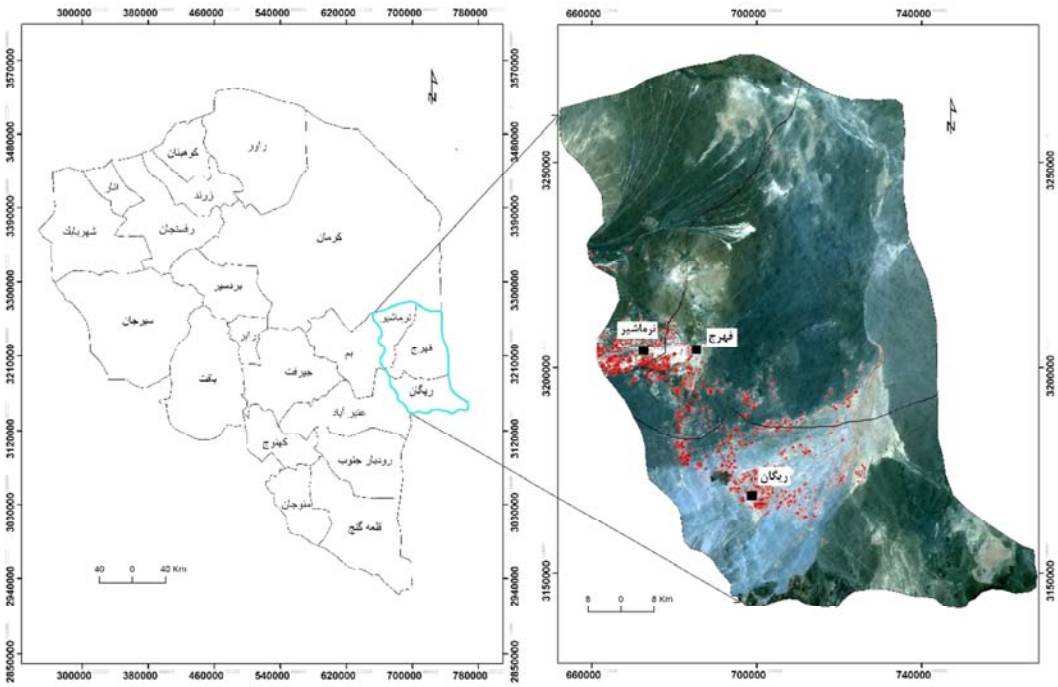
سنجی راداری دارای ظرفیت بسیار زیادی برای تشخیص تغییرهای سطح زمین و بیابان‌زایی دارد (گابر و همکاران[1]، ۲۰۱۸). محققان زیادی از این ظرفیت جهت بررسی و پایش جابجایی شن‌های روان استفاده کرده‌اند. به‌طوری‌که خسروی و همکاران (۱۳۹۴)، تغییرهای زمانی- مکانی تپه‌های ساحلی ماسه‌ای منطقه زرآباد استان سیستان و بلوچستان را با استفاده از سنجش‌ازدور موردبررسی قرار داده و ایشان میزان پیشرفت تپه‌های ماسه‌ای را طی ۲۰ سال در حدود ۱۷ کیلومترمربع برآورد کرده‌اند. فدهیل[2] (۲۰۱۳)، با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS، تپه‌های ماسه‌ای پراکنده در مناطق مختلف کشور عراق را مورد پایش قرار داده است، ایشان بر تأثیر میزان رطوبت خاک و شدّت باد در پیشروی تپه‌های ماسه‌ای تأکید دارد. وارما و همکاران[3] (۲۰۱۴)، ایشان با استفاده از روش‌های طبقه-بندی طیفی، میزان تغییرهای رخ‌داده بر روی تپه‌های شنی بیابان گوبی در آسیای میانه را مشخص کرده‌اند. افراسینی و همکاران[4] (۲۰۱۸)، با استفاده از آنالیز طیفی و شاخص پوشش گیاهی در جنوب کشور تونس، مناطق مستعد برای نفوذ و جای‌گیری شن‌های روان را مشخص کرده‌اند.

با توجّه به اینکه تاکنون هیچ‌گونه مطالعه‌ای بر روی گسترش توده‌های شن و ماسه در مناطق شرقی استان کرمان انجام نگرفته است و علاوه بر آن به دلیل اهمیت این موضوع در مناطق یادشده، در این تحقیق سعی بر آن شده است تا با استفاده از شاخص SDEVI مناطق در معرض هجوم و گسترش تپه‌های ماسه‌ای موردبررسی و شناسایی قرار گیرد. همچنین در این راستا از تصاویر راداری SENTINE 1 و تصاویر نوری OLI جهت ارزیابی دقت شاخص SDEVI استفاده‌شده است.

محدوده موردمطالعه

محدوده موردمطالعه شامل مناطق شرقی استان کرمان، شهرستان‌های ریگان، فهرج و نرماشیر است. مساحت منطقه در حدود۹۶۰۰ کیلومترمربع می‌باشد. منطقه موردمطالعه از سمت جنوب توسط ارتفاعات جبال بارز و از سمت شمال توسط بیابان لوت محصورشده است. اقلیم این منطقه گرم و خشک و کویری بوده و متوسط بارندگی کمتر از ۸۰ میلی‌متر در سال است. (امانداری و همکاران، ۱۳۸۳)

1 - Gaber et al.
2 - Fadhil
3 - Varma et al.
4 - Afrasinei et al.



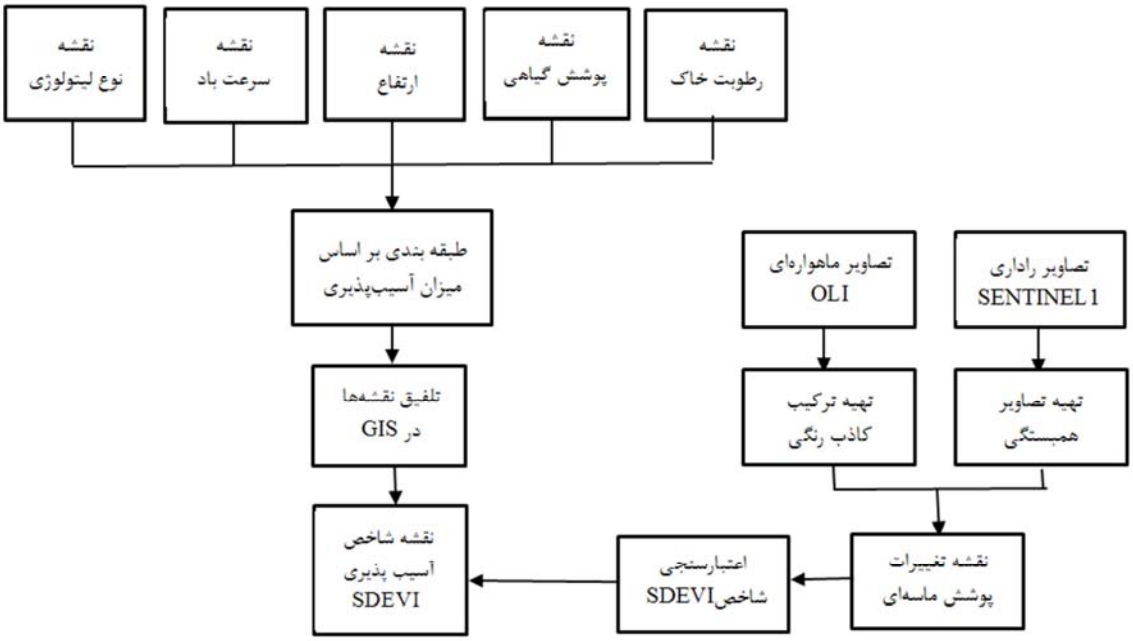
شکل ۱: محدوده موردمطالعه

داده‌ها و روش‌ها

تحلیل آسیب‌پذیری

مطالعه‌های قبلی نشان داده است که چه‌طور حرکت و هجوم شن و ماسه تحت تأثیر عوامل محیطی خاص مانند سرعت باد، در دسترس بودن شن و ماسه و یا مورفولوژی تپه‌های شن و ماسه، می‌باشد (حمدان و همکاران[1]، ۲۰۱۶؛ احمدی بیرگانی و همکاران، ۲۰۱۷). در این تحقیق از شاخص آسیب‌پذیری گسترش تپه‌های ماسه‌ای (SDEVI[2]) (گومز و همکاران[3]، ۲۰۱۸) استفاده‌شده است. این شاخص ۵ پارامتر مشخص و تأثیرگذار در گسترش شن و ماسه، شامل سرعت باد، ارتفاع، نوع لیتولوژی، پوشش گیاهی و رطوبت خاک را باهم ادغام می‌کند. میزان هر پارامتر با اعداد ۱ تا ۵ رتبه‌بندی می‌شود؛ به‌طوری‌که عدد ۱ نشانگر آسیب‌پذیری پایین و عدد ۵ معادل حداکثر آسیب‌پذیری می‌باشد. ارزیابی نهایی میزان آسیب‌پذیری گسترش شن و ماسه بر اساس شاخص یادشده در جدول شماره ۱ قابل‌مشاهده است. همچنین مراحل روش کار در شکل شماره ۲ ارائه‌شده است.

1 - Hemdan et al.
2 - Sand Dune Encroachment Vulnerability Index
3 - Gomez et al.



شکل ۲: فلوچارت روش تحقیق

جدول ۱: آسیب‌پذیری گسترش شن و ماسه بر اساس اندیس SDEVI

رتبه	درجه آسیب‌پذیری	اندیس آسیب‌پذیری SDEVI
۱	خیلی کم	<۱۱
۲	کم	۱۱ تا ۱۳
۳	متوسط	۱۳ تا ۱۵
۴	بالا	۱۵ تا ۱۷
۵	خیلی بالا	> ۱۷

پارامترهای یادشده بعد از به نقشه درآمدن در محیط GIS باهم تلفیق می‌شوند. قابل‌یادآوری است که به دلیل رزولوشن و اندازه پیکسل‌های متفاوت هر یک از نقشه‌ها (نقشه‌های رطوبت و سرعت باد، ۲۵۰ متری و بقیه ۳۰ متری هستند) قبل از تلفیق، با اعمال عملیات نمونه‌برداری مجدد[1] همه نقشه‌ها، هم مقیاس شدند. فاکتور شدّت باد، اطلاعاتی در مورد ظرفیت باد برای حمل شن و ماسه ارائه می‌دهد. داده‌های شدّت باد مربوط به پلتفرم جیوانی[2] و از سایت ناسا به آدرس (https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/) تهیه‌شده است. این پلتفرم یک نقشه میانگین متوسط سرعت باد نزدیک به سطح را بین مهروموم‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ تولید کرده است. فاکتور ارتفاع از روی مدل

1 - Resampling
2 - Giovanni

ارتفاع رقومی ۳۰ متری SRTM استخراج شد. مطالعه‌های قبلی رابطه بین میزان تحرک ماسه با افزایش میزان ارتفاع سطح زمین را نشان داده است (لیوینگستون[1]، ۲۰۱۴). به‌طوری‌که سطوح قرارگرفته در مناطق مرتفع‌تر بیشتر در معرض تحرک و نفوذ ماسه‌های روان قرار دارند. عامل نوع لیتولوژی زمین نیز یکی دیگر از عوامل مؤثر در آسیب-پذیری است که از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ استخراج شد. وزن دهی به این عامل بر اساس میزان استحکام و مقاومت سنگ در برابر هوازدگی و فرسایش و تأثیر هر یک از سازندهای زمین‌شناسی در تغذیه و تولید شن و ماسه، انجام می‌گیرد (الحارثی، ۲۰۰۲؛ پی و سوار، ۲۰۰۸؛ هوجن هولتز و همکاران، ۲۰۱۰). به‌طوری‌که تپه‌های ماسه‌ای به‌عنوان منابع اصلی تغذیه ماسه در بالاترین رتبه آسیب‌پذیری و سنگ‌های آذرین و آتش‌فشانی موجود در منطقه به دلیل کمترین تأثیر در گسترش شن‌های روان، پایین‌ترین رتبه آسیب‌پذیری را به خود اختصاص می‌دهند. فاکتور پوشش گیاهی یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در آسیب‌پذیری محسوب می‌شود. تحرک و ثبات تپه‌های ماسه‌ای به عوامل متعددی بستگی دارد که از مهم‌ترین آنها پوشش گیاهی است (یژق و همکاران[2]، ۲۰۰۹). نقشه پوشش گیاهی منطقه با اعمال شاخص NDVI بر روی تصویر ماهواره‌ای تهیه شد. آخرین فاکتور، عامل رطوبت خاک است که این فاکتور از طریق پلتفرم جیوانی سایت ناسا به آدرس (https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni) تهیه‌شده است.

داده‌های سنجش‌ازدور

برای اعتبارسنجی شاخص مورداستفاده در این تحقیق، از دو روش سنجش‌ازدور استفاده‌شده است. در اولین روش، از ۲ تصویر سنجنده نوری OLI از ماهواره لندست مربوط به زمان‌های ۱۳۹۵/۰۶/۲۳ و ۱۳۹۷/۰۶/۲۷ که از سایت USGS دانلود شد، استفاده شد. در این روش بعد از انجام تصحیح‌های هندسی، رادیو متریک و اتمسفری موردنیاز توسط نرم‌افزار ENVI 5.3، و ازآنجایی‌که بر اساس خواص بازتاب طیفی مواد، شن و ماسه بیابان در باند ۲ دارای کمترین بازتاب و در باند ۵ دارای بیشترین بازتاب می‌باشند (بولارد و وایت[3]، ۲۰۱۲)، ترکیب‌های رنگی کاذب شامل نسبت باند ۵ به باند ۲ در کانال قرمز، باند ۵ در کانال سبز و باند ۲ در کانال آبی، از هر دو تصویر تهیه شد. در این ترکیب رنگی توده‌های ماسه‌ای فعّال بهتر شناسایی می‌شوند. بدین منظور تصاویر ترکیب رنگی مربوط به هر تاریخ با تصاویر ترکیب رنگی مربوط به زمان‌های دیگر مقایسه شد.

روش دوم استفاده از تکنیک شناسایی تغییرهای همبستگی (CCD[4]) است. این روش پیش‌ازاین جهت پایش تغییرهای مورفودینامیک ساختارهای بادی با موفقیت به‌کاررفته است (لیو و همکاران[5]، ۲۰۰۱؛ حویوی و همکاران[6]، ۲۰۱۸). در این روش دو تصویر رادار از یک منطقه ولی مربوط به دو زمان مختلف جهت آشکارسازی تغییرها باهم

1 - Livingstone
2 - Yizhaq et al
3 - Bullard and White
4 - Coherence Change Detection
5 - Lio et al.
6 - Hvivi et al.

تلفیق می‌شوند. در محیط‌های خشک، تغییرهای تپه‌های ماسه‌ای تحت کنترل عواملی چون فرسایش، حمل و رسوب‌گذاری قرار دارند؛ درنتیجه باعث تأثیر در بازتابش طیفی[1] رسیده به سنسور ماهواره می‌شود (گابر و همکاران، ۲۰۱۸). بدین منظور تعداد ۳ تصویر راداری Sentinel 1 به فرمت slc با پولاریزاسیون VV و به تاریخ‌های ۱۳۹۵/۰۶/۱۲، ۱۳۹۵/۰۸/۲۳و ۱۳۹۷/۰۶/۰۲که تقریباً به زمان تصاویر نوری مطابقت دارد، از سایت داده‌های سازمان فضایی اروپا (https://scihub.copernicus.eu) دانلود شد. تحلیل‌های مربوط به تصاویر راداری در نرم‌افزار SNAP انجام گرفت. جهت انجام روش CCD، ابتدا با در نظر گرفتن اولین تصویر به‌عنوان تصویر پایه[2] و تصاویر دیگر به‌عنوان تصویر پیرو[3] اقدام به انجام روش تداخل‌سنجی راداری کرده و درنهایت تعداد ۲ تداخل نگار تهیه شد. کاربرد روش تداخل‌سنجی راداری علاوه بر تحلیل تغییرهای ارتفاعی سطح زمین (مهرابی، ۱۳۹۷) در تعیین میزان همبستگی[4] اطلاعات دو تصویر می‌باشد (بودارت، ۲۰۰۷). ارزش داده‌های همبستگی بین اعداد ۰ (کمترین همبستگی) و ۱ (بیشترین همبستگی) تغییر می‌کند. تغییرهای فیزیکی رخداده بر روی زمین باعث کاهش همبستگی می‌شود. درنتیجه محدوده‌های کشاورزی در مقایسه با مناطق شهری دارای ارزش همبستگی پایین‌تری می‌باشند (سریواستاوا وهمکاران[5]، ۲۰۰۶). تصاویر همبستگی نهایی به دو کلاس محدوده‌های تغییریافته و تغییرنکرده تقسیم‌بندی می‌شود.

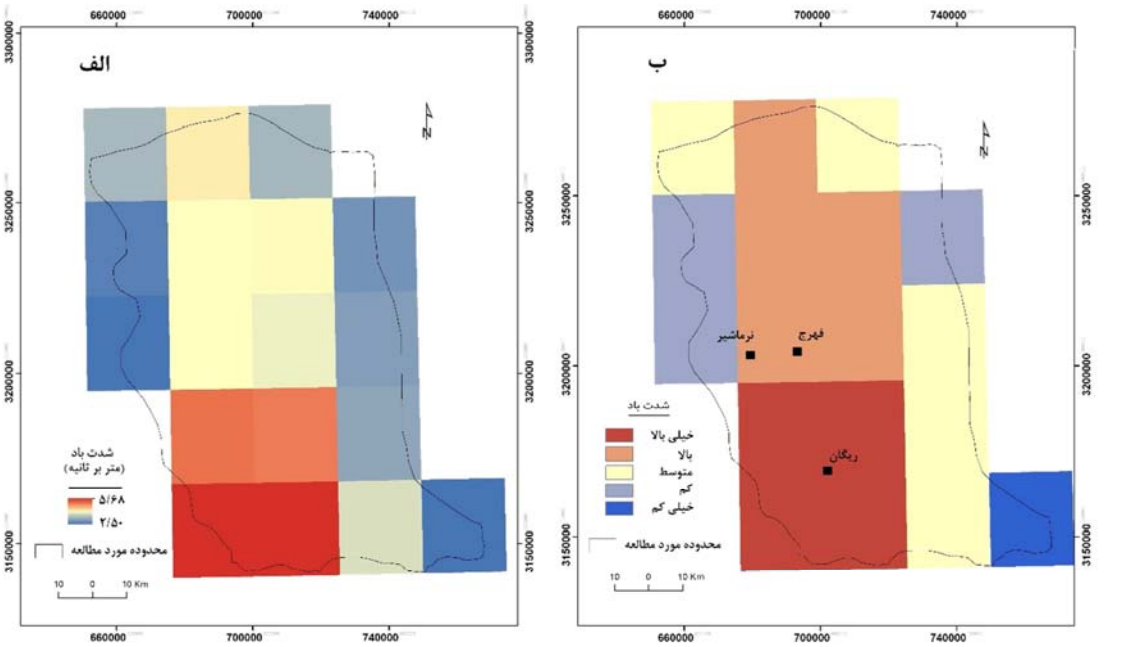
نتایج و بحث

عوامل مؤثر در تحرک و گسترش تپه‌های ماسه‌ای بر اساس میزان تأثیر هر یک در این امر، به ۵ طبقه تقسیم‌شده است؛ به‌طوری‌که طبقه ۱ دارای حداقل تأثیر و طبقه ۵ بیشترین تأثیر را دارد (جدول ۲). بر این اساس نقشه مربوط به هر یک از این عوامل تهیه شد (اشکال ۳ تا ۷).

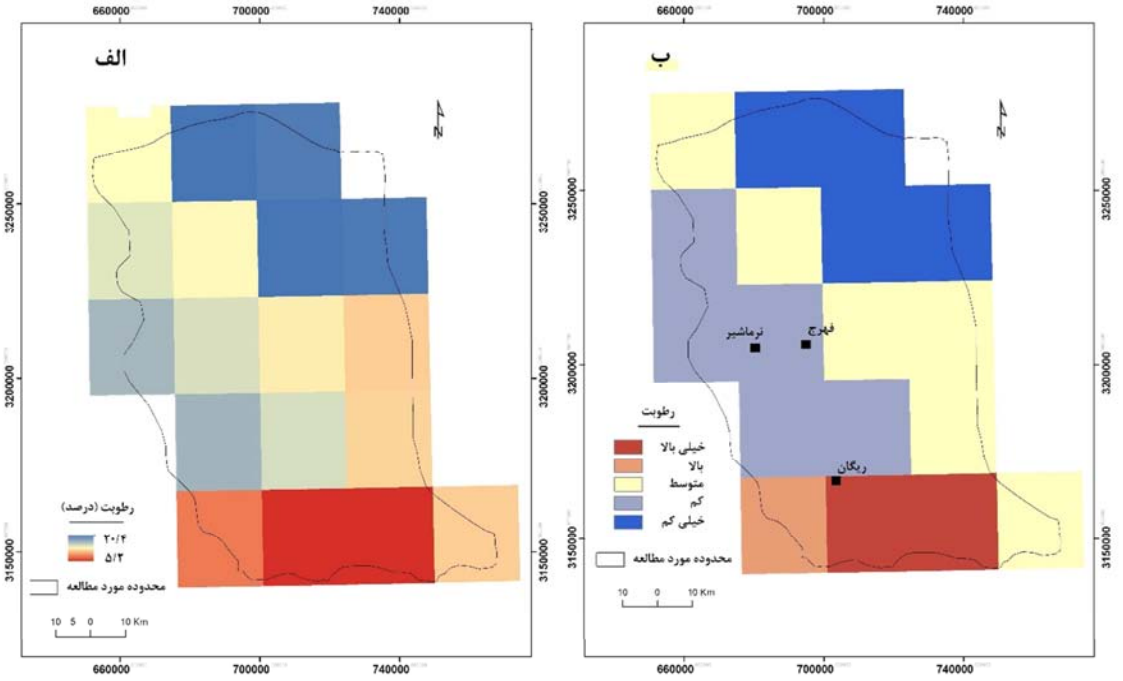
جدول ۲: طبقه‌بندی عوامل مؤثر در تحرک و گسترش تپه‌های ماسه‌ای

فاکتورها	طبقه ۱	طبقه ۲	طبقه ۳	طبقه ۴	طبقه ۵
شدّت باد (متر بر ثانیه)	۲/۵ -۲/۸	۲/۸ -۳/۵	۳/۵ -۴/۲	۴/۲ – ۵	۵ <
رطوبت (درصد)	۱۷ <	۱۴ -۱۷	۱۱ -۱۴	۸ – ۱۱	۸-۵
ارتفاع (متر)	۳۰۴ - ۴۰۰	۵۰۰-۴۰۰	۷۰۰-۵۰۰	۸۰۰-۷۰۰	۸۰۰ <
پوشش گیاهی	مزرعه و چمنزار	مرتع	پوشش درختچه‌ای	پوشش گیاهی ضعیف	زمین بایر
لیتولوژی	سازندهای آتشفشانی و آذرین	رسوبات آبرفتی	پهنه‌های رسی- شنی	مارن و ماسه‌سنگ	تپه‌های ماسه‌ای

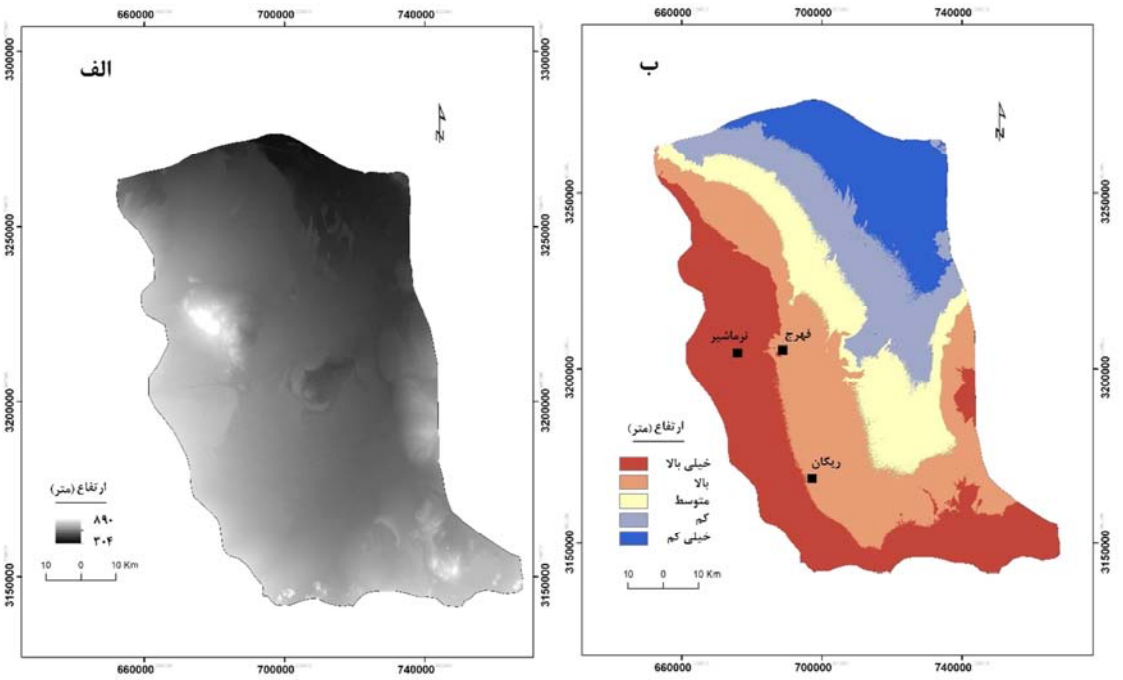
1 - Backscatter
2 - Master
3 - Slave
4 - Coherency
5 - Srivastava et al



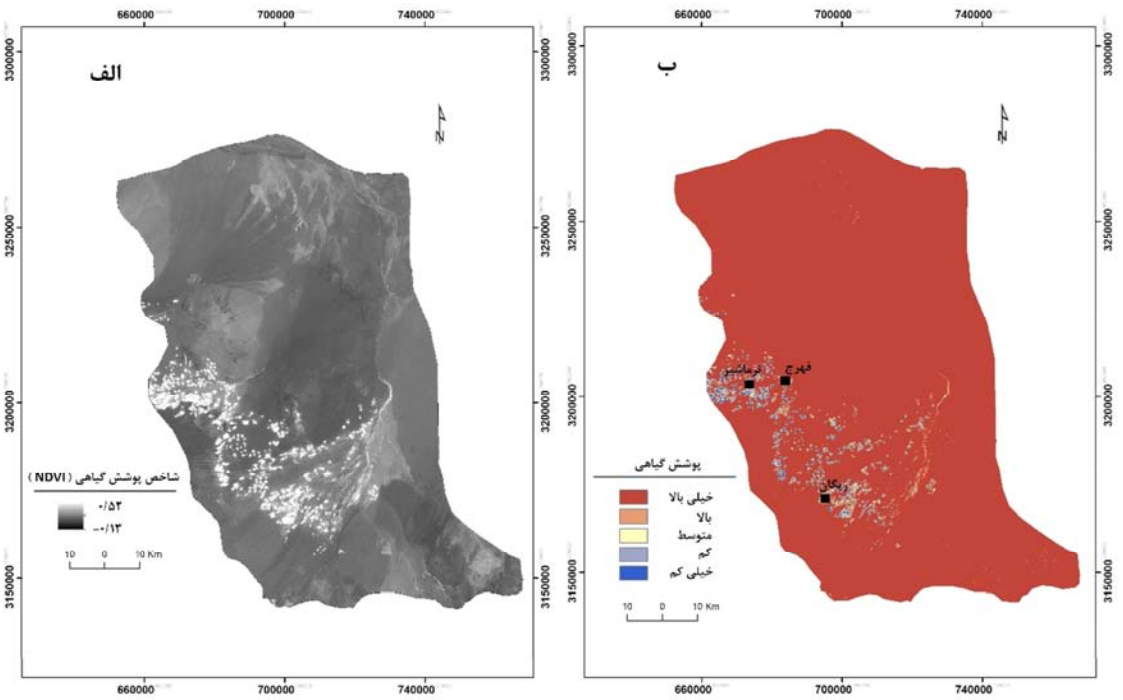
شکل۳: الف- نقشه شدّت باد، ب- نقشه میزان آسیب‌پذیری بر اساس عامل شدّت باد



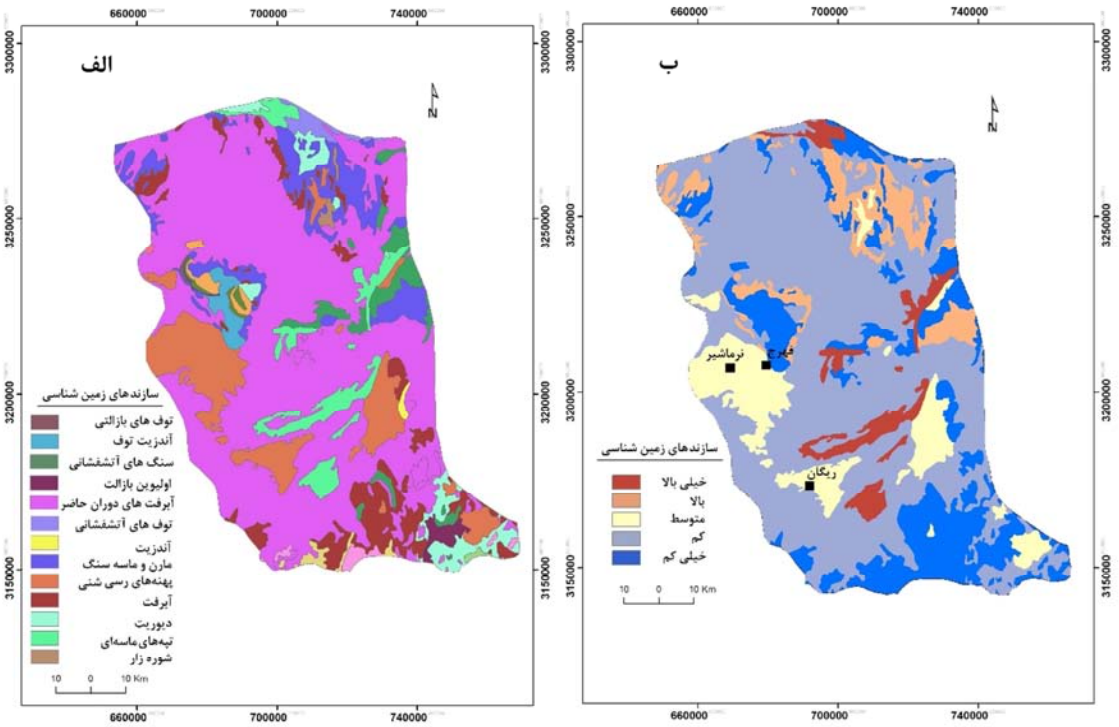
شکل۴: الف- نقشه رطوبت خاک، ب- نقشه میزان آسیب‌پذیری بر اساس عامل رطوبت



شکل۵: الف- نقشه ارتفاع، ب- نقشه میزان آسیب‌پذیری بر اساس عامل ارتفاع



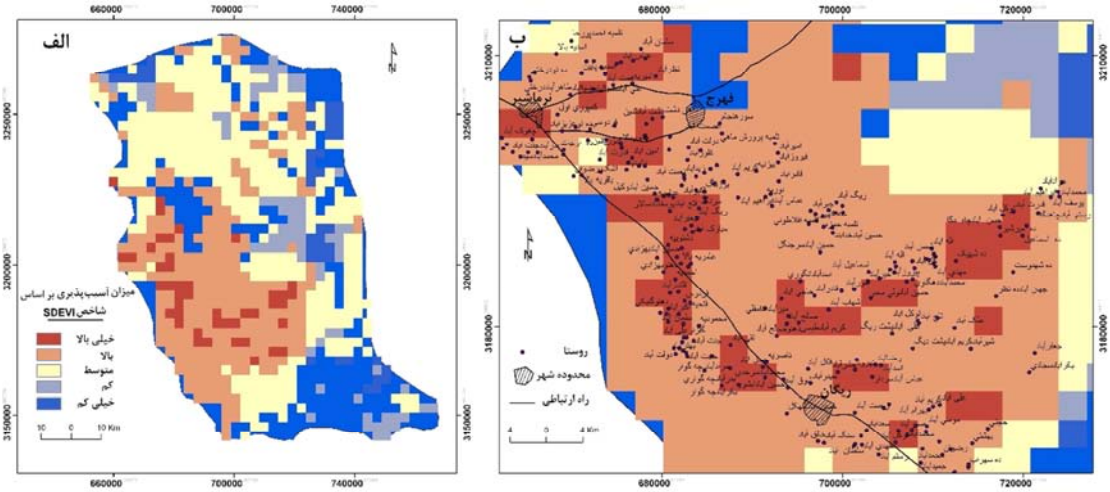
شکل۶: الف- نقشه پوشش گیاهی، ب- نقشه میزان آسیب‌پذیری بر اساس عامل پوشش گیاهی



شکل۷: الف- نقشه لیتولوژی، ب- نقشه میزان آسیب‌پذیری بر اساس عامل لیتولوژی

با انجام عملیات تلفیق در محیط GIS، نقشه‌ها و لایه‌های آسیب‌پذیری مختلف با ارزش‌های درون لایه‌ای متفاوت با یکدیگر جمع شده و درنهایت بر مبنای جدول شماره یک، نقشه جدیدی با ارزش‌گذاری و طبقه‌های جدید به نام نقشه نهایی شاخص SDEVI تهیه شد (شکل ۸)، در نقشه نهایی آسیب‌پذیری تهیه‌شده، مناطق باارزش عددی بیشتر از ۱۷ در طبقه با آسیب‌پذیری خیلی بالا و محدوده‌های دارای ارزش کمتر از ۱۱ جزء مناطق با کمترین آسیب‌پذیری قرار می‌گیرند. چنان‌که در شکل شماره ۸ مشاهده می‌شود، محدوده موردمطالعه به لحاظ آسیب‌پذیری در مقابل هجوم و پیشروی ماسه‌های روان به ۵ منطقه خیلی زیاد تا کم تقسیم‌شده است. بر این اساس مساحتی بالغبر ۷۵۰ کیلومترمربع از محدوده موردمطالعه در طبقه با آسیب‌پذیری خیلی بالا، ۲۹۰۰ کیلومترمربع جزء طبقه با آسیب-پذیری بالا، ۲۸۰۰ کیلومترمربع جزء طبقه با آسیب‌پذیری متوسط، و مابقی مساحت منطقه موردمطالعه در طبقه‌های با آسیب‌پذیری کم و خیلی کم قرار می‌گیرد. مناطق با آسیب‌پذیری خیلی بالا در بخش‌های مرکزی و جنوبی محدوده موردمطالعه واقع‌شده‌اند، به‌طوری‌که بخش‌های جنوبی شهر نرماشیر و تعداد ۶۸ روستا از روستاهای قرارگرفته در محدوده موردمطالعه در طبقه با آسیب‌پذیری خیلی بالا قرارگرفته است. همچنین شهرهای فهرج و ریگان و بسیاری از روستاهای این شهرستان‌ها در طبقه با آسیب‌پذیری بالا قرار دارند. علاوه بر آن بخش‌هایی از راه ارتباطی بین شهرهای فهرج به نرماشیر و نرماشیر به ریگان در محدوده آسیب‌پذیری خیلی بالا قرارگرفته است.

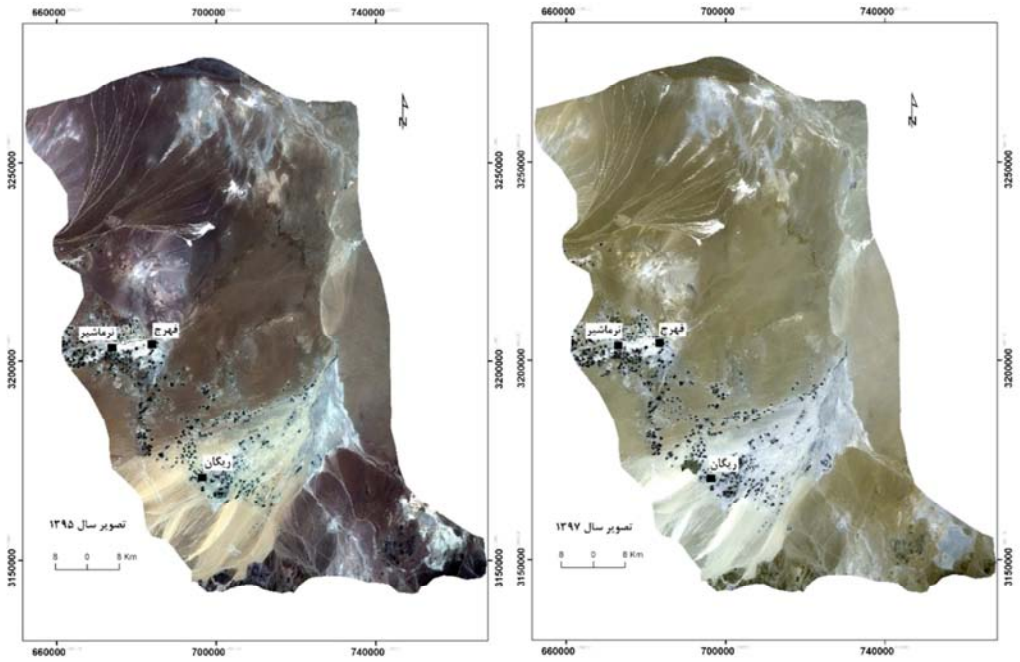
به‌طوری‌که در حدود ۱۲ کیلومتر از جاده ارتباطی بین شهرهای ریگان و نرماشیر و ۸ کیلومتر از راه ارتباطی بین شهرهای فهرج و نرماشیر در معرض خطر خیلی بالای نفوذ شن‌های روان قرار دارد.



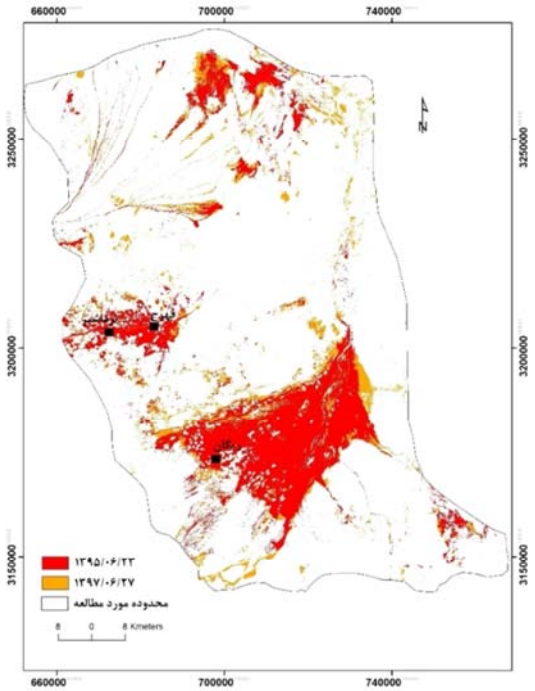
شکل۸: نقشه شاخص آسیب‌پذیری SDEVI

به منظور تعیین مناطق تحت پوشش شن‌های روان و تعیین میزان دقّت و کارایی شاخص SDEVI از تصاویر ماهواره‌ای OLI استفاده شد. ازآنجایی‌که رفتار بازتابش طیف الکترومغناطیس توسط شن و ماسه در باندهای مادون‌قرمز و سبز (در مادون‌قرمز بیشترین بازتاب و در باند سبز بیشترین جذب را دارد) متفاوت است. نسبت این دو باند می‌تواند به‌خوبی پهنه‌های ماسه‌ای را مشخص سازد. بنابراین از نسبت این دو باند در ایجاد ترکیب رنگی کاذب استفاده شد؛ به‌طوری‌که با تهیه ترکیب رنگی کاذب (باند۵/باند۲، ۵ و ۲) (شکل ۹) مناطق و سطوح پوشیده شده از شن و ماسه به رنگ روشن و اراضی عاری از شن و ماسه به رنگ قهوه‌ای روشن تا تیره بارز سازی می‌شود.

به‌منظور جداسازی مناطق تحت پوشش شن و ماسه و تعیین میزان تغییرهای آن، حد آستانه ۲/۵۱ اعمال شد. شکل شماره ۱۰ میزان تغییرهای پوشش شن و ماسه و نحوه گسترش آنها بین سال‌های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۷را نشان می‌دهد. مناطق تحت پوشش ماسه‌های روان در سال ۱۳۹۷ به رنگ نارنجی نشان داده‌شده است و محدوده‌های تحت پوشش ماسه سال ۱۳۹۵ به رنگ قرمز و روی مناطق نارنجی‌رنگ قرارگرفته تا میزان تغییرها مشخص شود. همان‌طور که در شکل شماره ۱۰ مشاهده می‌شود، طی این دو سال بر وسعت ماسه‌های روان اضافه‌شده است. علاوه بر آن مقایسه نقشه آسیب‌پذیری تهیه‌شده (شکل ۸) با محدوده‌های پوشیده شده از شن و ماسه، به‌دست‌آمده از روش دورسنجی (شکل ۱۰)، نشان می‌دهد که روند کلی محدوده‌های با آسیب‌پذیری بالا و خیلی بالا تطابق خوبی با پهنه‌های تحت پوشش شن و ماسه کنونی دارد که این هماهنگی می‌تواند دال بر دقّت و کارایی شاخص یادشده در شناسایی محدوده‌های در معرض هجوم و تجاوز ماسه‌های روان باشد.

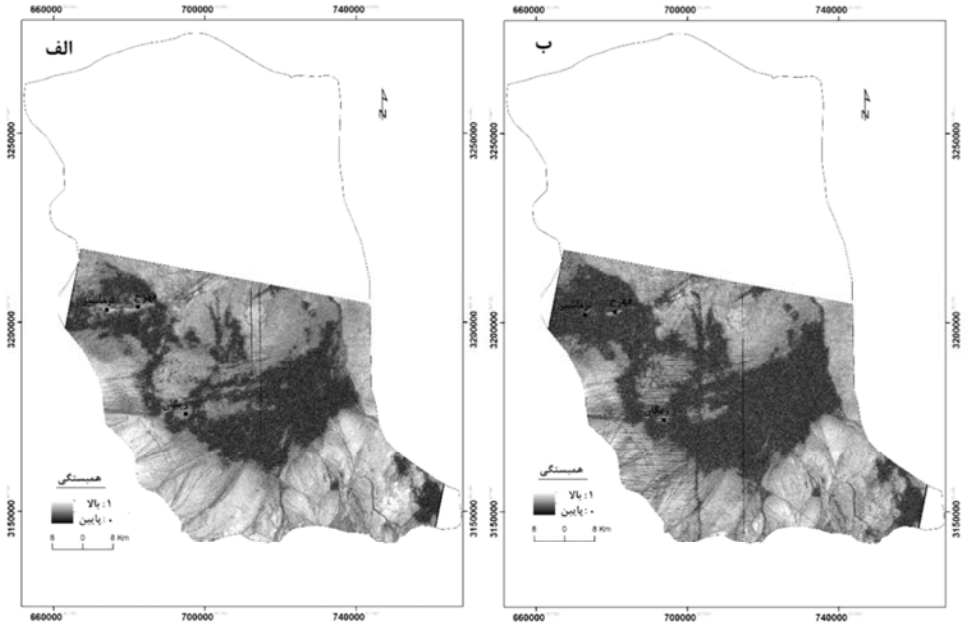


شکل ۹: ترکیب رنگی کاذب شامل نسبت باند ۵ به باند ۲ در کانال قرمز، باند ۵ در کانال سبز و باند ۲ در کانال آبی، مربوط به دو سال ۱۳۹۵ و ۱۳۹۷



شکل ۱۰: تغییرات پوشش شن و ماسه طی سال‌های ۹۵و ۹۷

علاوه بر آن در این تحقیق از تصاویر راداری SENTINEL 1 جهت صحت سنجی شاخص یادشده استفاده می‌شود. تکنیک CCD جهت تعیین میزان تغییرهای رخداده طی زمان در جفت تصاویر مربوط به منطقه موردمطالعه استفاده‌شده است. تصویر راداری مربوط به تاریخ ۹۵/۰۶/۱۲ به‌عنوان تصویر پایه و تصاویر مربوط به تاریخ ۹۵/۰۸/۲۳ و ۹۷/۰۶/۰۲ به‌عنوان تصاویر پیرو استفاده شد. درنتیجه تصاویر همبستگی که نشانگر میزان تغییرهای سطح زمین است، تهیه شد (شکل۱۱). در این تصاویر مناطق با همبستگی بالا (پیکسل‌های روشن) نشانگر مناطق مسکونی و زمین‌هایی که دچار تغییر نشده‌اند، است. و مناطق با همبستگی پایین‌تر از ۰/۶ نشان‌دهنده تغییر در بازتاب امواج راداری و درنتیجه تغییرهای فیزیکی سطح می‌شود. این تغییرهای رخداده می‌تواند تغییرها در زمین‌های کشاورزی و تغییر در نوع پوشش خاک باشد (بودارت و اوزر، ۲۰۰۷؛ گابر و همکاران، ۲۰۱۸). با توجّه به اینکه از دلایل اصلی تغییر در نوع پوشش خاک در منطقه موردمطالعه، گسترش تپه‌های شنی و سطوح ماسه‌ای است، بنابراین همان‌طور که در شکل شماره ۱۱ مشاهده می‌شود، اول اینکه محدوده‌های تغییریافته با موقعیت مناطق تحت پوشش شن و ماسه (شکل ۱۰) مطابقت دارد، دوم سطح پوشش شن و ماسه طی سال‌های ۹۵ تا ۹۷ گسترش‌یافته است، و روند گسترش نیز با روند گسترش به‌دست‌آمده از تصاویر نوری هم‌خوانی دارد. علاوه بر این، آن‌طور که از مقایسه شکل شماره ۱۱ با شکل شماره ۸ مشخص است، نتایج به‌دست‌آمده از تکنیک CCD به‌مانند نتایج حاصل از پردازش تصاویر نوری، بر انطباق آنها با نقشه آسیب‌پذیری حاصل از شاخص SDEVI دلالت دارد. مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعه‌های مشابه (وارما و همکاران، ۲۰۱۴؛ حمدان و همکاران، ۲۰۱۶؛ حویوی و همکاران، ۲۰۱۸؛ گومز و همکاران، ۲۰۱۸) ضمن تائید روش کار، نشانگر کاربردی بودن شاخص یادشده در پتانسیل‌یابی مناطق مستعد هجوم ماسه‌های روان است.



شکل ۱۱: تصاویر همبستگی الف- مربوط به دوره زمانی ۹۵/۰۶/۱۲ -۹۵/۰۸/۲۳ ب- مربوط به دوره زمانی ۹۵/۰۶/۱۲ -۹۷/۰۶/۰۲

نتیجه‌گیری

گسترش و نفوذ شن‌های روان یکی از مخاطرات طبیعی عمده در قسمت‌های شرقی استان کرمان محسوب می‌شود؛ به‌طوری‌که تهدیدکننده جدی سکونتگاه‌ها، مزارع کشاورزی و راه‌های ارتباطی منطقه است. در این پژوهش به‌منظور شناسایی مناطق مستعد هجوم شن و ماسه، از شاخص SDEVI استفاده شد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که تمامی شهرهای ریگان، فهرج و نرماشیر و اکثر روستاهای محدوده موردمطالعه در معرض آسیب‌پذیری زیاد ناشی از گسترش و نفوذ شن‌های روان قرار دارند. علاوه بر بخش‌های جنوبی محدوده شهر نرماشیر، تعداد ۶۸ روستا و بخش-هایی از راه ارتباطی بین سه شهرستان فهرج، ریگان و نرماشیر در معرض خطر خیلی زیاد قرار دارد؛ که بایستی در این مناطق تمهیدات ویژه‌ای جهت مقابله با این معضل اندیشیده شود. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش‌ازدور می‌تواند به‌خوبی در پایش و گسترش شن و ماسه مفید و سودمند باشد. به‌طوری‌که از نسبت باند مادون‌قرمز به آبی می‌توان به‌خوبی در شناسایی پهنه‌های ماسه‌ای استفاده کرد. علاوه بر آن تکنیک CCD تصاویر راداری، نیز باعث شناسایی مناطق پوشیده از شن و ماسه می‌شود. ضمن اینکه تکنیک‌های سنجش‌ازدور اعمال‌شده بر روی هر دو نوع تصویر ماهواره‌ای مورداستفاده در این تحقیق، اعتبار و کارایی شاخص SDEVI را مورد تأیید قرار می‌دهند.

منابع

امانادی روح الله (۱۳۸۳). بررسی و مطالعه رسوب‌شناسی نهشته‌های رسوبی تلماسه‌ای منطقه فهرج و ریگان بم. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شاهرود.

خسروی محمود.، فتوحی صمد.، پیروزاده سلیمان (۱۳۹۴). بررسی تغییرات زمانی- مکانی تپه‌های ساحلی ماسه‌ای با استفاده از سنجش‌ازدور موردمطالعه: منطقه غرب زرآباد. نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دوم، شماره ۴،صص. ۱-۱۴.

رفاهی حسینقلی (۱۳۸۳). فرسایش بادی و کنترل آن. چاپ سوم. تهران، انتشارات دانشگاه تهران.

مقصودی مهران.، محمدی ابوطالب.، خانبابائی زهرا.، محبوبی صدیقه.، بهاروند مهدی.، حاجی‌زاده عبدالحسین (۱۳۹۶). پایش جابجایی ریگ و بر خان‌های غرب لوت (پشوئیه). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال ۵، شماره ۴، صص. ۱۷۶-۱۸۹.

مهرابی علی (۱۳۹۷). شناسایی شواهدی بر وجود گنبد نمکی مدفون و جدید در ناحیه زاگرس با استفاده از روش تداخل‌سنجی تصاویر راداری سنتینل-۱ و ایسار. نشریه سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۹، شماره ۴، صص. ۹۰-۱۰۱.

Afrasinei, G., Melis, M., Claudio Arras, C., Pistis, M., Buttau, C., Ghiglieri, G., (2018), Spatiotemporal and spectral analysis of sand encroachment dynamics in southern Tunisia, European Journal of Remote Sensing, 51(1): 352–374

Ahmady-Birgani, H., McQueen, K.G., Moeinaddini, M., Naseri, H., (2017), Sand dune encroachment and desertification processes of the Rigboland Sand Sea, Central Iran. Sci. Rep. 2017, 7, 1523

Al-Harthi, A.A., (2002), Geohazard Assesment of Sand Dunes between Jeddah and Al-lith, Western Saudi Arabia, Environmental geology.

Attanayake, A., Xu, D., Guo, X., Lamb, E., (2018), Long-term sand dune spatiotemporal dynamics and endemic plant habitat extent in the Athabasca sand dunes of northern Saskatchewan, Remote Sensing in Ecology and Conservation, 9(3): 1-17.

Bodart, C., Ozer, A., (2007), The use of SAR interferometric coherence images to study sandy desertification in southeast Niger: Preliminary results, In Proceedings of the Envisat Symposium, Montreux, Switzerland, 23–27 April

Bullard, J.E., White, K., (2012), Quantifying iron oxide coatings on dune sands using spectrometric measurements: An example from the Simpson-Strzelecki Desert, Australia. J. Geophys. Res. Solid Earth 107. ECV 5-1–ECV 5-11.

Effat, H.A., Hegazy, M.N., Haack, B., (2011), Mapping sand dunes risk related to their terrain characteristics using SRTM data and cartographic modeling, J. Land Use Sci. 23(6): 231–243.
Fadhil, A., (2013), Sand dunes monitoring using remote sensing and GIS techniques for some sites in Iraq, Intelligent Information, Control, and Communication Technology for Agricultural Engineering, PIAGENG.
Gaber, A., Abdelkareem, M., Abdelsadek, I.S., Koch, M., El-Baz, F., (2018), Using InSAR Coherence for Investigating the Interplay of Fluvial and Aeolian Features in Arid Lands: Implications for Groundwater Potential in Egypt, Remote Sens. 2018(10): 832-845.
Giannini, A., Biasutti, M., Verstraete, M.M., (2008), A climate model-based review of drought in the Sahel: Desertification, the re-greening, and climate change. Glob. Planet. Chang. 24(64): 119–128.
Gomez, D., Salvador, P., Sanz, J., Casanova, C., Casanova J., (2018), Detecting Areas Vulnerable to Sand Encroachment Using Remote Sensing and GIS Techniques in Nouakchott, Mauritania, Remote Sens. 24(10): 541-564.
Hamdan, M.A., Refaat, A.A., Abdel Wahed, M., (2016), Morphologic characteristics and migration rate assessment of barchan dunes in the Southeastern Western Desert of Egypt, Geomorphology 16(257): 57–74.
Havivi, S., Amir, D., Schvartzman, I., August, Y., Maman, S., Rotman, S.R., Blumberg, D.G., (2018), Mapping dune dynamics by InSAR coherence, Earth Surf. Process. Landf. 2018(43): 1229–1240.
Holden, S., Shiferaw, B., (2004), Land degradation, drought and food security in a less-favored area in the Ethiopian highlands: A bioeconomic model with market imperfections. Agric. Econ. 20(30): 31–49.
Hugenholtz, C.H., Bender, D., Wolfe, C.A., (2010), Declining sand dune activity in the southern Canadian prairies: Historical. context, controls, and ecosystem implications, Journal of Aeolian Research, 21(12): 71–82.
Lancaster, N., Helm, P. A., (2000), a test of a climatic index of dune mobility using measurements from the southwestern United States. Earth Surf. Process. Landf. J. Br. Geomorphol. Res. Group 20(25): 197–207.
Livingstone, I., Warren, A., (2014), Aeolian Geomorphology: An Introduction; Longman: Harlow, UK.
Liu, J.G., Black, A., Lee, H., Hanaizumi, H., Moore, J.M., (2001), Land surface change detection in a desert area in Algeria using multi-temporal ERS SAR coherence images, Int. J. Remote Sens., 22(31): 2463–2477.
Mehrabi, A., Dastanpour, M., Radfar, Sh., Vaziri, MR., Derakhshani, R., (2015), Detection of fault lineaments of the Zagros fold-thrust belt based on Landsat imagery interpretation and their spatial relationship with Hormoz Series salt dome locations using GIS analysis, Geosciences, 24 (95): 17-32.
Mehrabi, A., Derakhshani, R., Rahnama-Rad, J., (2009), Spatial Association of Mineralization and Fractures in Meiduk Porphyry Copper Mine, Journal of Geotechnical Geology (Applied Geology), 5(2): 148-155.
Mehrabi, A., Derakhshani, R., (2010), Generation of an integrated geochemical-geological predictive model of porphyry-Cu potential, Chahargonbad District, Iran, Geochimica et Cosmochimica Acta, 74(12): A694-A694.
Mihi, A., Tarai, N., Chenchouni, H., (2017), Can palm date plantations and oasification be used as a proxy to fight sustainably against desertification and sand encroachment in hot drylands? Ecol. Indic. 12(2): 23-41.
Pye, K., Tsoar, H., (2008), Aeolian Sand and Sand Dunes; Springer: Berlin, Germany.
Schlenker, W., Lobell, D.B., (2010), Robust negative impacts of climate change on African agriculture, Environ. Res. Lett. 2010(5): 10-23.
United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD)., (2004), Preserving Our Common Ground: UNCCD 10 Years on; United Nations Convention to Combat Desertification: Bonn, Germany.
Varma, S., Shah, V., Banerjee, B., Buddhiraju, K., (2014), Change Detection of Desert Sand Dunes: A Remote Sensing Approach, Advances in Remote Sensing, 2014(3): 10-22.
Yizhaq, H., Ashkenazy, Y., Tsoar, H., (2009), Sand dune dynamics and climate change: A modeling approach. J. Geophys. Res. Earth Surf, 9(12):103-114.
Zhao, H., Yi. Y., Zhou. R., Zhao. X., Zhang, T., Drake, S., (2006), Wind erosion and sand accumulation effects on soil properties in Horqin Sandy Farmland, Inner Mongolia, Journal of Catena, 6(2): 71-79.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۱۷
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۱۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۶/۲۶
صفحات: ۷۸ - ۶۳

اثرات تغییر اقلیم بر میزان ریسک تنش سرما در الگوی کشت پاییزه سیب زمینی (مطالعه موردی: مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری استان کرمان)

فاطمه بیاتانی[۱]، غلامعباس فلاح قالهری[۲*]، مختار کرمی[۳]، جواد طایی سمیرمی[۴]

چکیده

گرمایش جهانی موجب تغییر در الگوهای بارش، دما و سایر متغیرهای اقلیمی شده است. این تغییرها ریسک وقوع تنش‌های حرارتی را نیز در نظام‌های کشت گیاهان زراعی تحت تأثیر قرار داده است. این پژوهش به‌منظور ارزیابی اثرهای تغییر اقلیم بر تغییرهای وقوع تنش سرما روی گیاه سیب‌زمینی در مناطق گرمسیری استان کرمان انجام شد. به همین منظور، در این پژوهش تغییرهای وقوع تنش سرما در داده‌های دیدبانی سه ایستگاه جیرفت، کهنوج و منوجان طی دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۱ و دوره آینده ۲۱۰۰-۲۰۱۱ بررسی شد. داده‌های دوره آینده، با استفاده از برونداد مدل گردش کلی CanESM2، تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5، با به‌کارگیری نرم‌افزار SDSM ریزمقیاس و تولید شدند. شاخص‌های اقلیمی مورداستفاده برای ارزیابی تغییرهای وقوع تنش سرما در سیب‌زمینی از طریق آستانه‌های بردباری سیب‌زمینی و بر اساس میانگین آمار بلندمدت اقلیمی تعیین و احتمال وقوع آن در طول دوره رشد ارزیابی گردید. در ایستگاه جیرفت، احتمال وقوع دماهای زودرس و دیررس زیر ۵ درجه به ترتیب تا ۸۳ درصد و ۶۳ کاهش‌یافته است. در ایستگاه کهنوج و منوجان احتمال وقوع دماهای زودرس و دیررس زیر ۵ درجه در دوره‌ی آینده به ترتیب، کاهش و افزایش یافت. تاریخ شروع و پایان وقوع تنش سرما به ترتیب به ابتدای و انتهای فصل سرد سال جابه‌جا شده است. نتایج آماری حاکی از افزایش روزهای با تنش سرمازدگی ($T\leq0\geq5$)، در ایستگاه جیرفت در دوره‌های ۲۰۴۰-۲۰۱۱ و ایستگاه منوجان در دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۱ است؛ اما تنش سرمازدگی در ایستگاه کهنوج کاهش می‌یابد. این در حالی است که روزهای با تنش یخزدگی در ایستگاه‌های جیرفت، کهنوج و منوجان در دوره اقلیمی آینده افزایش‌یافته است. نتایج نشان می‌دهند به‌طور متوسط تاریخ وقوع سرماهای زودرس ۱۰ روز زودتر و سرماهای دیررس ۱۴ روز دیرتر از میانگین بلندمدت اقلیمی در منطقه موردمطالعه رخ می‌دهند.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم، مدل گردش عمومی، ریزمقیاس نمایی، سیب‌زمینی، کرمان.

[۱]- دانشجوی دکتری اقلیم شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری bayatanifateme@gmail.com
[۲]- دانشیار جغرافیای طبیعی، دانشگاه حکیم سبزواری (نویسنده مسئول) g.fallah@hsu.ac.ir
[۳]- استادیار جغرافیای طبیعی، دانشگاه حکیم سبزواری M.karamio8@yahoo.co.uk
[۴]- استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه جیرفت Jtaei@ujir.ac.ir

مقدمه

تغییرهای آب و هوایی یا تغییر اقلیم یعنی هر تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب و هوایی که در طولانی‌مدت در یک منطقه خاص یا برای کل اقلیم جهانی رخ بدهد. پدیده تغییر اقلیم و تأثیرهای آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های پیش‌رو در بخش‌های کشاورزی و منابع آب است. هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC[1]) در سال ۲۰۰۱ گزارش داد که اقلیم در حال تغییر و گرمایش جهانی در حال وقوع است. میانگین درجه حرارت جهان از سال ۱۸۶۱ میلادی روندی افزایشی داشته و حتی در قرن بیستم میلادی نیز این افزایش بین (۰/۶ ±۰/۲) درجه سانتی‌گراد بوده است (IPCC، ۲۰۰۱).

عملکرد گیاهان زراعی و سازگاری آنها تحت تأثیر تغییرهای اقلیمی قرار دارد. اگر روند این تغییرها سریع باشد، چون گیاهان نسبت به سایر موجودات زنده امکان گریز از شرایط نامساعد را ندارند، بنابراین زیان بیشتری را متحمل خواهند شد (کوچکی و خواجه حسینی، ۱۳۸۷)؛ بنابراین تغییرها در پارامترهای اقلیمی به‌نوبه خود، تغییر در تولید محصول‌های کشاورزی را به ارمغان می‌آورد. کاهش میزان تولید محصول‌های کشاورزی در اثر سرمازدگی، تگرگ و یخزدگی ازجمله اثرهای گرمایش جهانی در بخش کشاورزی و در سطح منطقه‌ای می‌باشد. بنابراین دمای هوا یکی از مهم‌ترین فاکتورهای اقلیمی مؤثر بر رشد گیاهان و تولیدهای کشاورزی محسوب می‌شود. پروتوپلاسم گیاه فقط در یک دامنه محدود از درجه حرارت قادر به ادامه فعالیت‌های خود می‌باشد (علیزاده، ۱۳۸۹)، گیاه در شرایط خارج از این محدوده دمایی، با تنش روبرو شده و ممکن است خسارت ببیند. تنش عبارت از مواجه‌شدن گیاه با شرایط نامساعد محیطی در طول فصل رشد یا مرحله‌ای از رشد است که عامل ایجاد آن بتواند تغییرهای فیزیولوژیک قابل‌توجهی را بر رشد یا تولید محصول باعث گردد.

با توجه به اهمیت وضع هوا و اقلیم بر بخش کشاورزی، دستیابی به پیش‌بینی‌های بلندمدت اقلیمی در این بخش ضروری است. پیدایش مدل‌های اقلیم جهانی (GCM[2]) و منطقه‌ای (RCM[3]) این امکان را به وجود آورده است تا محققان بتوانند تأثیر وضع هوا و اقلیم را در مقیاس‌های زمانی بلندمدت بر محصول‌های مختلف کشاورزی بررسی نمایند (اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۰). برخی از تغییرهای رخداده در دوره رشد گیاهی در مقابل تغییر شرایط اقلیمی، در مقیاس محلی و منطقه‌ای قابل‌مشاهده است. به‌طور مثال در ایرلند (هولدن و همکاران، ۲۰۰۳) با استفاده از خروجی مدل گردش عمومی HADCM3Gal اثرهای تغییرهای اقلیمی را بر روی عملکرد گیاه جو و سیب‌زمینی ارزیابی کردند. نتایج بررسی‌ها نشان داد که تغییرهای اندکی در عملکرد جو رخ خواهد داد. در مقابل عملکرد سیب‌زمینی در هر دو دوره کاهش می‌یابد و تقاضا برای آبیاری سیب‌زمینی به‌ویژه در شرق ایرلند در فصل تابستان بسیار قابل‌توجه خواهد بود. (لوبل و همکاران، ۲۰۰۵) با ترکیب مدل‌های آماری و دینامیکی (مدل CERES-Rice) نشان دادند که بخش اعظمی از روند رو به رشد عملکرد گندم در ایالات شمال غربی مکزیک به دلیل تغییرهای

1- International Panel on Climate Change
2- General circulation model.
3- Regional climate model.

اقلیمی، به‌ویژه کاهش درجه حرارت شب در طی فصل رشد است. همچنین در آینده نزدیک روند این افزایش کند خواهد شد. (داکاچی و همکاران، ۲۰۱۱) اثرهای تغییر اقلیم بر نیاز آبی و عملکرد گیاه سیب‌زمینی را با استفاده از ترکیب خروجی‌های مدل‌های چرخشی عمومی (GCM) و مدل رشد سیب‌زمینی (SUBSTOR-Potato) موردبررسی قراردادند. نتایج نشان داد با فرض اینکه عوامل مؤثر در زراعت سیب‌زمینی تغییر نکند، عملکرد محصول به میزان ۶-۳ درصد افزایش می‌یابد. در مقابل عملکرد پتانسیل در آینده بدون محدودیت آب و کود حدود ۱۶-۱۳ درصد قابل‌افزایش است و با توجه به افزایش عملکرد پیش‌بینی‌شده حدود ۳۰-۱۴ درصد نیاز آب قابل آبیاری افزایش خواهد یافت. (وانگ و همکاران، ۲۰۱۴) تغییرهای عملکرد برنج را با استفاده از خروجی مدل گردش عمومی جو HADCM3[1] تحت سناریوهای انتشار A2 و B2 با روش ریزمقیاس نمایی آماری SDSM[2] در چین موردمطالعه قراردادند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه عملکرد برنج کاهش قابل‌توجه و دوره رشد برنج کوتاه‌تر می‌شود. (نارش کومار و همکاران ۲۰۱۵) از دو مدل گردش عمومی جو MIROCHI.3.2 و PRECIS[3] برای ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم بر روی گیاه سیب‌زمینی استفاده نمودند. آنها نشان دادند که دوره رشد محصول و راندمان آب قابل آبیاری کاهش، تبخیر و تعرق افزایش و موجب کاهش ۱۱ درصدی عملکرد سیب‌زمینی خواهد شد. بنابراین مهم‌ترین گزینه در سازگاری با شرایط آینده، تغییر زمان کاشت در آینده خواهد بود. (پولاتو و همکاران، ۲۰۱۵) با به‌کارگیری سناریوهای RCP[4] برای دوره ۲۰۰۰-۱۹۹۱ به مطالعه اثرهای بالقوه گرم شدن آب‌وهوا بر روی فنولوژی محصول سیب‌زمینی و استرس دمایی پرداختند. نتایج شبیه‌سازی نشان داد با کشت زودتر سیب‌زمینی می‌توان سیب‌زمینی را یک ماه زودتر برداشت کرد. ولی بااین‌حال ظهور اولیه سیب‌زمینی با افزایش ریسک خطر سرمازدگی در بیشتر نقاط شمال اروپا همراه خواهد بود. اثرهای تغییرهای آب‌وهوا بر روی آب موردنیاز گندم زمستانه و گوجه‌فرنگی در منطقه مدیترانه توسط (سادی و همکاران، ۲۰۱۵) شبیه‌سازی شد. با توجه به نتایج حاصل شده بارش کاهش و دما (به میزان ۰/۲۷±۱/۵)، تبخیر و تعرق سالیانه به میزان ۶/۷ درصد افزایش نشان می‌دهند. میانگین طول فصل رشد در دوره ۲۰۵۰ برای گندم و گوجه‌فرنگی کوتاه‌تر خواهد شد. در داخل کشور اکثر تحقیق‌ها با موضوع تغییر اقلیم بر اساس آشکارسازی تغییرهای دو متغیر اصلی دما و بارش تمرکز داشته و در محدوده مطالعاتی که با استفاده از داده‌های خروجی مدل‌های اقلیمی صورت گرفته، کمتر به جنبه کاربردی میزان تغییرهای پیش‌بینی‌شده بر بخش‌های مختلف پرداخته‌شده است. در همین ارتباط (اشرف و همکاران، ۱۳۹۰) با به‌کارگیری داده‌های مدل گردش عمومی جو HADCM3 و سناریوهای B1,A2 و A1B اثرهای تغییرهای اقلیمی را بر گیاه چغندرقند و گندم در مقیاس ماهانه در استان خراسان رضوی مورد ارزیابی قرارداد. نتایج نشان داد نیاز آبی هر دو گیاه در تربت‌جام افزایش و در سرخس کاهش خواهد یافت. در مطالعه‌ای دیگر با کارگیری مدل ریزمقیاس آماری ASD[5] اثرهای تغییر

1- Hadley Center for Climate Prediction and Research's HadCM3.
2 - Statistical Downscaling Model.
3 - Providing Regional Climate for Impact Study.
4 - Representative Concentration Pathway.
5- Automated Statistical Downscaling.

اقلیم بر نیاز آبی گیاهان حوضه کشف رود مورد ارزیابی قرار گرفت. برآورد میزان تبخیر و تعرق با استفاده از معادله هارگریوز-سامانی در دوره‌های مختلف محاسبه و نتایج حاکی از افزایش میزان تبخیر و تعرق در دوره‌های آینده می-باشد. همچنین با توجه به بررسی شاخص‌های خشکسالی PNPI[1], ARI[2] و SPI[3] تعداد وقوع دوره‌های خشک افزایش، اما از شدت آنها کاسته می‌شود (سیاری و همکاران، ۱۳۹۰). (دلقندی و همکاران، ۱۳۹۳) باهدف ارزیابی پتانسیل تأثیرهای تغییر اقلیم بر عملکرد گندم در محدوده شهرستان اهواز، از ۱۳ مدل AOGCM استفاده نمود. با توجه به واسنجی و ارزیابی رشد گندم توسط مدل گیاهی CERES-Wheat، نتایج حاکی از کوتاه‌تر شدن دوره رشد گندم می‌باشد. (رضایی زمان و افروزی ۱۳۹۴) در مطالعه‌ای از مدل ریزمقیاس نمایی SDSM برای شبیه‌سازی و ارزیابی اثرهای تغییر اقلیم بر محصول‌ها در حوضه سیمینه‌رود استفاده نمودند و راهبرد تغییر الگوی کشت را به‌عنوان یک راهکار تطبیقی مورد ارزیابی قراردادند. نتایج حاکی از افزایش تنش آبی و دمایی و کاهش عملکرد محصول‌ها در این حوضه است. (محمدی و گزل‌خو، ۱۳۸۹) تأثیرهای یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره را بر کشت غلات در ایستگاه کرج موردمطالعه قراردادند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه، یخبندان دیررس بهاره بر عملکرد محصول گندم تأثیر بسزایی دارد؛ اما یخبندان‌های زودرس پاییزه باوجود تأخیر در رشد گیاه تأثیر چندانی بر عملکرد گیاه نداشته و آسیب گیاه در این فصل بیشتر، حساس به تاریخ کشت و شدت یخبندان و هم‌زمانی مرحله‌ی جوانه-زنی با این سرما می‌باشد. (طایی‌سمیرمی و همکاران، ۱۳۹۵) در پژوهشی به ارزیابی تناسب اقلیمی-کشاورزی نظام کشت زمستانه سیب‌زمینی باهدف بررسی احتمال وقوع تنش‌های حرارتی گرما، سرما و یخزدگی در طول دوره رشد در استان کرمان پرداختند. نتایج نشان داد که قسمتی از مناطق جنوبی و شرقی استان ازلحاظ اقلیمی برای نظام کشت زمستانه مناسب و مناطق مرتفع غربی و مرکزی ضعیف تا نامناسب است. مناطق شرقی استان شامل دشت لوت به دلایل خاص اکولوژیک از توان لازم برای کاربری کشاورزی برخوردار نیست.

تنش سرما یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی است که باعث کاهش عملکرد محصول‌ها درکشت پاییزه در مناطق نیمه گرمسیری و گرمسیری می‌شود. طبق گزارش‌های سازمان جهاد کشاورزی جنوب استان کرمان، افت شدید دما در مهروموم‌های ۱۳۶۰، ۱۳۶۹، ۱۳۷۲، ۱۳۷۳، ۱۳۷۴، ۱۳۷۷، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۱ موجب وارد شدن خسارت شدید به محصول‌های زراعی (سیب‌زمینی) در اثر پدیده سرمازدگی و یخبندان شده است. بنابراین با توجه به مطالعه‌های اسنادی و همچنین مطابقت میزان تولید سیب‌زمینی در جنوب استان کرمان با سال‌های وقوع یخبندان‌های پاییزه، مهم‌ترین عامل خسارت‌زا و محدودکننده تولید و توسعه سیب‌زمینی، وقوع دماهای بحرانی به‌خصوص بروز دماهای کمتر از دمای پایه سیب‌زمینی است. همچنین طول دوره سرما و یخبندان و تعداد وقوع آن‌ها نیز می‌تواند در تصمیم گیری برای مناسب بودن الگوی کشت گیاهان زراعی با توجه به هزینه لازم برای کاهش و جبران خسارت‌ها مؤثر باشد. بنابراین مطالعه سرماها و یخبندان‌ها در بخش کشاورزی می‌تواند از بنیادی‌ترین مطالعه‌ها در بخش کشاورزی باشد.

1- Percent of Normal Precipitation Index.
2 - Rainfall Anomaly Index.
3 - Standardized Precipitation Index.

این تحقیق به‌منظور ارزیابی ریسک تنش سرما به‌عنوان مهم‌ترین عامل خسارت‌زا روی سیب‌زمینی در منطقه جنوب استان کرمان که یکی از نواحی مهم کشت و تأمین‌کننده‌ی سیب‌زمینی فصل زمستان است، با استفاده از ریزمقیاس نمایی برونداد مدل گردش کلی جو CanEMS2 تحت سناریوهای RCP موردبررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این تحقیق می‌تواند جهت اتخاذ روش‌های سازگاری با تغییر اقلیم مورداستفاده مسئولان سازمان جهاد کشاورزی قرار گیرد.

داده‌ها و روش‌ها

۱- داده‌ها و منطقه موردمطالعه

در این تحقیق از داده‌های ایستگاه‌های سینوپتیک، جیرفت، کهنوج و منوجان (ایستگاه کلیماتولوژی) (جدول ۱)، با طول دوره آماری ۲۵ ساله استفاده شده است. سه نوع داده در این تحقیق برای ریزمقیاس نمایی دمای حداقل مورداستفاده قرار گرفت که عبارت‌اند از: فراسنج‌های بزرگ‌مقیاس در دوره آینده (۲۱۰۰-۲۰۱۱) حاصل از مدل گردش کلی CanESM2، فراسنج‌های بزرگ‌مقیاس باز تحلیل از مرکز پیش‌بینی‌های محیطی آمریکا[1] NCEP در دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۱ و داده‌های دیدبانی دمای حداقل روزانه ایستگاه‌های هواشناسی منطقه. متدولوژی بررسی آینده شرایط اقلیمی بر اساس سناریوهای RCP در دو بخش وضعیت موجود و آینده انجام شد که هرکدام شامل مراحل مختلفی می‌باشند.

جدول ۱: موقعیت ایستگاه‌های موردمطالعه

ایستگاه	عرض جغرافیای	طول جغرافیایی	ارتفاع (متر)
جیرفت	۲۸,۳۵	۵۷,۴۸	۶۰۱
کهنوج	۲۷,۵۸	۵۷,۴۲	۴۶۹,۷
منوجان	۲۷,۲۶	۵۷,۳۰	۳۴۰

۲-مدل تولید داده SDSM

یکی از مهم‌ترین مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری، مدل SDSM است که مولد مصنوعی داده‌های هواشناسی می‌باشد. در این تحقیق، از داده‌های خروجی مدل گردش عمومی جو CanESM2 تحت سه سناریوی rcp26، rcp45 و rcp85 استفاده‌شده است. مدل SDSM در سال ۲۰۰۲ در انگلستان تهیه‌شده است. مدل SDSM روابط آماری را بر مبنای روش رگرسیون خطی چندگانه بین متغیرهای اقلیمی بزرگ‌مقیاس (پیش‌بینی کننده‌ها) و محلی (پیش‌بینی شونده‌ها) محاسبه می‌کند (ویلبی و همکاران، ۲۰۰۲). در این مدل، اقلیم محلی توسط اقلیم بزرگ‌مقیاس منطقه در فرم R=F(X) بیان می‌شود. که در اینجا R نشان‌دهنده متغیر محلی است که کوچک‌مقیاس شده است، X

1- National Center Environment Prediction.

مجموعه‌ای از متغیرهای اقلیمی بزرگ‌مقیاس است و F یک تابع تعیین مشروط به X است که بر اساس آموزش و اعتبارسنجی داده‌های تاریخی به دست می‌آید.

در این تحقیق، ابتدا به‌منظور واسنجی و صحت یابی مدل SDSM، متغیرهای بزرگ‌مقیاس مشاهداتی منطقه مورد مطالعاتی در مقیاس روزانه در دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۱ (متغیرهای استخراج‌شده از NCEP) به‌عنوان متغیر مستقل و دمای حداقل روزانه مشاهداتی منطقه در همین دوره، به‌عنوان متغیر وابسته به‌طور جداگانه وارد مدل شدند. پس از واسنجی مدل SDSM، در ادامه به‌منظور بررسی توانایی مدل گردش کلی CanESM2 در شبیه‌سازی دمای حداقل منطقه، متغیرهای بزرگ‌مقیاس مدل CanESM2 در دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۱ به مدل SDSM (واسنجی شده در مرحله قبل) وارد گردیده و متغیر دمای حداقل منطقه برای این دوره کوچک‌مقیاس شد. درنهایت متغیرهای کوچک‌مقیاس شده منطقه با متغیر مشاهداتی مورد مقایسه قرارگرفته و پس از کسب اطمینان از توانایی مدل CanESM2 در کوچک‌مقیاس کردن متغیر دمای حداقل منطقه، سری زمانی متغیر با معرفی متغیرهای بزرگ‌مقیاس مدل CanEMS2 در دوره‌های (۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱، ۲۱۰۰-۲۰۷۱) به مدل SDSM (واسنجی شده از مرحله قبل) برای دوره‌های آتی شبیه‌سازی شد.

سپس با توجه به موضوع تحقیق، محاسبه‌های آماری لازم انجام و نقشه‌های پهنه‌بندی بر اساس متغیر دمای حداقل صورت گرفت. برای انجام فرایند پهنه‌بندی، از سه ایستگاه جیرفت، کهنوج و منوجان (جنوب استان کرمان) با دوره آماری ۲۵ ساله استفاده‌شده است. جدول ۱ مشخصات ایستگاه‌های استفاده‌شده را نشان می‌دهد.

یافته‌های تحقیق

۱-تعیین آستانه‌های دمایی و تاریخ‌های شروع، پایان و طول دوره یخبندان و سرما

در این مطالعه داده‌ها در دو دوره آماری، یکی دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۸۱ بر اساس داده‌های موجود به‌عنوان دوره گذشته و دیگری داده‌های تولیدشده توسط مدل SDSM به‌عنوان دوره آینده تقسیم و سری زمانی دماهای حداقل برای هر یک از روزهای سال طی هر دوره برای هر یک از ایستگاه‌های موردمطالعه تشکیل شد. برای تبدیل تاریخ به عدد از ۱۵ اکتبر (۲۳ مهرماه) شماره مسلسل روزها به‌عنوان شماره روز در نظر گرفته شد. با توجه به جدول ۲، دمای پایه سیب‌زمینی ۷-۳ درجه سانتی‌گراد است (اوینگ، ۱۹۸۱؛ هاورکت و مکرون، ۱۹۹۵؛ نادلر، ۲۰۰۷؛ سندس و همکاران، ۱۹۷۹؛ سرپرست و مشایخی، ۲۰۱۴). به همین خاطر دمای پایه سیب‌زمینی به‌طور میانگین ۵ درجه سلسیوس انتخاب شد. بنابراین اولین تاریخی که حداقل دمای هوا به زیر ۵ درجه سانتی‌گراد نزول می‌کند، تاریخ اولین سرمای زودرس پاییزه در نظر گرفته شد. در این پژوهش، تنش دمایی در گیاه سیب‌زمینی در دو بخش تنش سرمازدگی (بازه دمایی بین ۵ و صفر درجه سانتی‌گراد) و تنش یخزدگی (کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد) مورد ارزیابی قرار گرفت. بر این اساس، تاریخ وقوع و اتمام هر دو نوع تنش دمایی برای سه ایستگاه جیرفت، کهنوج و منوجان بر اساس تاریخ ژولیوسی محاسبه گردید. همچنین در هرسال فاصله بین شماره اولین و آخرین روزهایی که دما از این آستانه‌ها پایین‌تر بودند، به‌عنوان طول دوره سرما و یخبندان به‌حساب آمد. پس از تشکیل سری زمانی

شماره روز و طول دوره سرماها و یخبندان‌ها، بهترین توزیع آماری بر آن‌ها برازش داده شد و بر اساس آن، مقادیر با احتمال ۵۰ درصد یا احتمال میانگین برآورد و نتایج آن مورد تحلیل قرار گرفت. نمودار توزیع تجمعی PDF سرماهای زودرس و دیررس برای دوره‌ی دیدبانی و آینده و هم‌چنین نمودار باکس پلات برای دوره آینده رسم گردید و نتایج آنها مورد تحلیل قرار گرفت.

در مرحله بعد، جهت تعمیم داده‌های نقطه‌ای به داده‌های منطقه‌ای و ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی، از روش رگرسیون چند متغیره استفاده شد. بر اساس روابط موجود بین تاریخ اولین سرمای زودرس (آخرین سرمای دیررس) با دمای حداقل دوره سرد سال و ارتفاع معادله رگرسیون مربوطه به‌دست آورده شد. این معادله‌ها در محیط نرم‌افزار ArcGis10.3 اعمال و نقشه‌های پهنه‌بندی تهیه شد. بر اساس این نقشه‌ها، تاریخ وقوع اولین سرمای زودرس و آخرین سرمای دیررس در دوره‌های اقلیمی آینده در منطقه مشخص شد. جدول ۲ دماهای بحرانی گیاه سیب‌زمینی در مراحل مختلف فنولوژی را نشان می‌دهد.

جدول ۲: پارامترهای مرتبط با نیاز دمایی سیب‌زمینی

پارامتر	دامنه (سانتی‌گراد)
دمای پایه	۳-۷
دمای بهینه	۳۰
حد پایینی دمای بهینه	۱۵
حد بالایی دمای بهینه	۳۵
حداکثر دمای قابل‌تحمل	۴۰

۲-تغییرهای شروع و پایان و طول دوره سرما

تاریخ رخداد اولین سرمای زودرس، از سالی به سال دیگر متغیر است و تعیین آن به‌طور مطلق تقریباً ممکن نیست، اما با استفاده از علم آمار و احتمالات و با توجه به آمار بلندمدت می‌توان با احتمال‌های مختلف تاریخ شروع سرماهای زودرس و دیررس را تعیین کرد. بدین منظور با توجه به تعیین آستانه ۵ درجه و با بررسی داده‌های روزانه برای هرسال زراعی، تاریخ عبور حداقل دما به زیر آستانه ۵ درجه سانتی‌گراد، طی دوره دیدبانی ۲۰۰۵-۱۹۸۱ و سه دوره آینده ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱، توزیع‌های آماری بر روی آن‌ها برازش شد. آزمون‌های نکویی برازش مشخص کرد توزیع آماری نرمال، بهترین برازش را بر تاریخ وقوع دماهای زیر ۵ درجه سانتی‌گراد دارد. بر اساس تابع چگالی احتمالاتی، توزیع نرمال شماره روز با مقادیر احتمالاتی ۵۰ درصد تعیین شد. خلاصه پارامترهای آماری تاریخ اولین سرمای زودرس پاییزه در جدول ۳ ارائه‌شده است.

جدول ۳: خلاصه پارامترهای آماری تاریخ اولین و آخرین تنش سرمایی (واحد روز ژولیوسی)

ایستگاه			جیرفت	کهنوج	منوجان
دوره مشاهداتی	۱۹۸۱-۲۰۰۵	اولین تنش سرما	۶۰	۷۱	۷۶
		آخرین تنش سرما	۱۲۹	۱۱۵	۱۰۷
		طول سرما (روز)	۶۹	۴۴	۳۱
دوره آینده	۲۰۱۱-۲۰۴۰	اولین تنش سرما	۵۰	۵۹	۶۳
		آخرین تنش سرما	۱۴۱	۱۲۷	۱۲۴
		طول سرما (روز)	۹۱	۶۸	۶۱
	۲۰۴۱-۲۰۷۰	اولین تنش سرما	۵۵	۶۰	۶۶
		آخرین تنش سرما	۱۴۰	۱۲۷	۱۲۷
		طول سرما (روز)	۸۵	۶۷	۶۱
	۲۰۷۱-۲۱۰۰	اولین تنش سرما	۵۴	۶۰	۶۳
		آخرین تنش سرما	۱۴۲	۱۲۹	۱۲۵
		طول سرما (روز)	۸۸	۶۹	۶۲

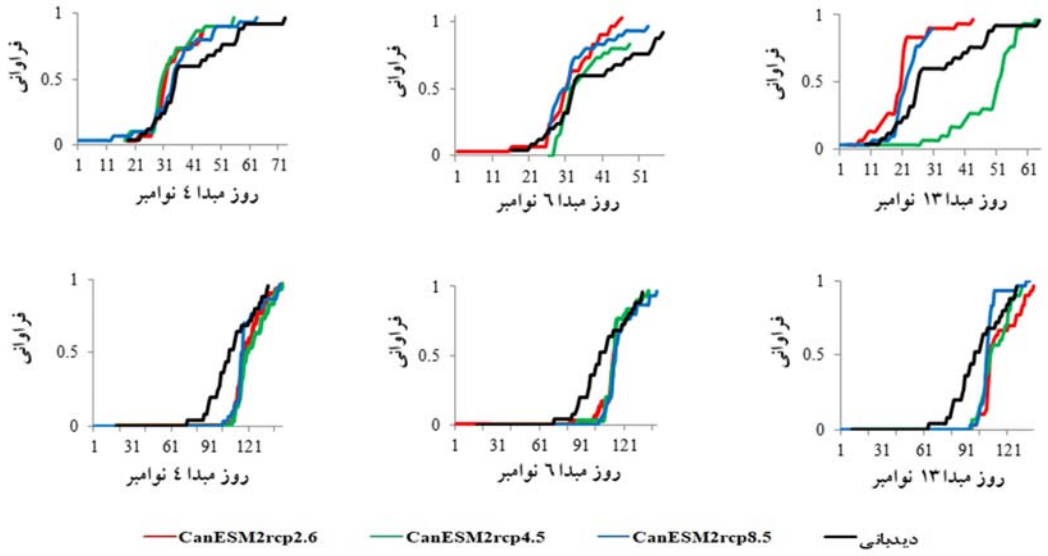
بررسی این مقادیر احتمالی نشان می‌دهد در ایستگاه جیرفت تنش‌های سرمایی بین ۱۰-۵ روز زودتر شروع‌شده و ۱۳-۱۱ روز دیرتر به پایان می‌رسد. در ایستگاه کهنوج اولین تنش‌های سرمایی بین ۱۳-۱۱ روز زودتر از دوره دیدبانی شروع و ۱۴-۱۲ روز آخرین تنش‌های سرمایی خاتمه می‌یابد. در ایستگاه منوجان تنش‌های سرمایی در دوره آینده ۱۳-۱۰ روز زودتر از دوره دیدبانی و ۲۰-۱۷ روز دیرتر به پایان می‌رسد.

نتایج و بحث

۱- احتمال وقوع تنش سرما

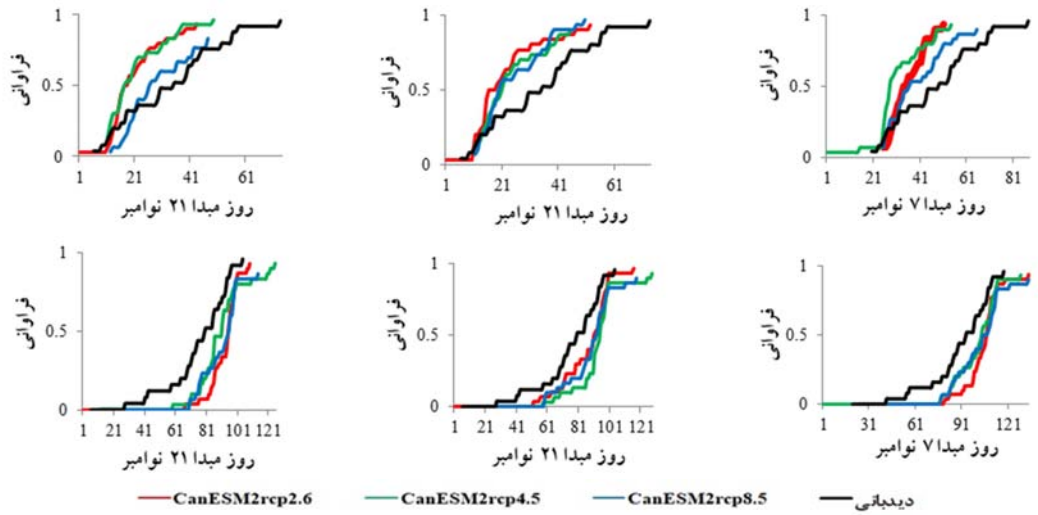
شکل ۱ احتمال وقوع دمای زودرس زیر ۵ درجه سلسیوس ایستگاه جیرفت را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود حداکثر احتمال وقوع دمای زیر ۵ درجه در این منطقه بر اساس داده‌های دیدبانی بالای ۹۰ درصد است؛ یعنی به‌طور متوسط هر یک سال یک‌بار (دوره‌ی برگشت ۱ سال) احتمال وقوع سرمای زیر ۵ درجه وجود دارد؛ به‌عبارت‌دیگر در کمتر از ۱۰ درصد سال‌ها دمای هوا به زیر ۵ درجه سلسیوس نمی‌رسد. سناریوهای مختلف در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ نشان می‌دهند که در اثر تغیر اقلیم، آستانه دوره برگشت دوره دیدبانی یک‌ساله است. تنها در سناریوی rcp8.5 احتمال وقوع دمای زیر ۵ درجه ۹۰ درصداست و در دو سناریوی rcp2.6 و rcp4.5 آستانه دوره برگشت بالای ۹۰ است. شکل منحنی نشان می‌دهد که توزیع احتمال وقوع در سناریوهای مختلف نسبت به دوره دیدبانی به سمت ابتدای پاییز جابجا شده است. این امر نشان‌دهنده این مطلب است که تاریخ وقوع اولین سرمای زیر ۵ درجه سلسیوس در دوره برگشت‌های مختلف به سمت ابتدای فصل سرد منطقه جابجا می‌شود. در دوره ۲۰۷۰-۲۰۴۱

احتمال وقوع دمای زیر ۵ درجه در سناریوی rcp2.6 به یک افزایش و در سناریوی rcp4.5 به ۸۳ درصد کاهش‌یافته است. در دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۱ نیز تنها در سناریوی rcp2.6، احتمال وقوع به ۸۶ درصد کاهش‌یافته است. در دو سناریوی rcp4.5 و rcp8.5، تغییرهایی نسبت به دوره دیدبانی نشان نمی‌دهند. در شکل ۱ منحنی احتمال وقوع دمای دیررس تنها در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ در سناریوی rcp8.5، به یک افزایش و در دوره ۲۰۷۰-۲۰۴۱ در سناریوی rcp2.6، به ۶۳ درصد کاهش‌یافته است. شکل منحنی نیز نشان می‌دهد که توزیع احتمال وقوع به سمت انتهای فصل سرد کشیده شده است.



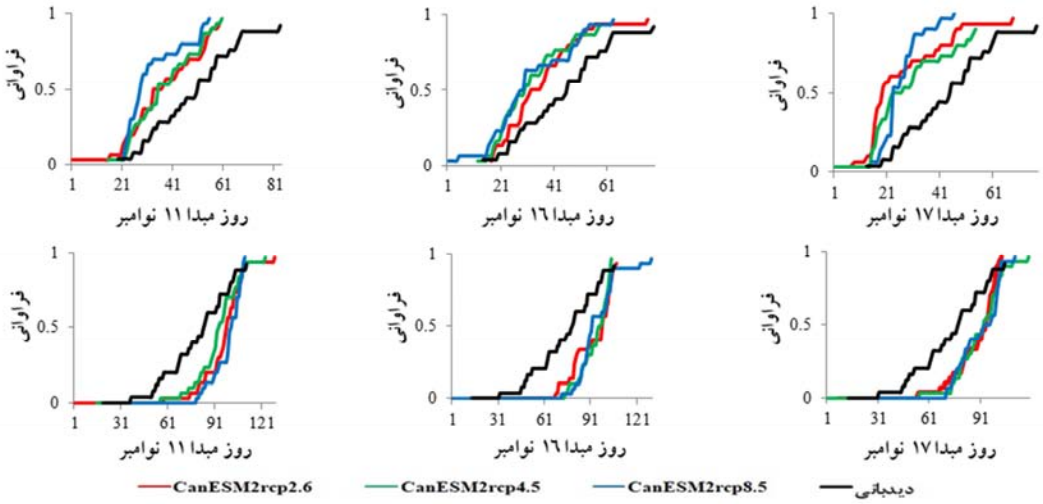
شکل ۱: توزیع تجمعی احتمال وقوع سرمای زودرس (بالا) و دیررس (پایین) زیر ۵ درجه سلسیوس برای دوره ۲۰۲۰(راست)، ۲۰۵۰(وسط) و ۲۰۸۰(چپ) در ایستگاه جیرفت.

شکل ۲ توزیع تجمعی احتمال وقوع سرمای زودرس و دیررس زیر ۵ درجه سلسیوس را در ایستگاه کهنوج را نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در هر سه دوره احتمال وقوع سناریوهای مختلف نسبت به دوره دیدبانی تاریخ وقوع اولین سرمای زودرس به سمت ابتدای فصل پاییز کشیده شده است. در مقابل تاریخ آخرین سرمای زودرس به ابتدای فصل زمستان محدودشده است. این در حالی است که تاریخ وقوع آخرین سرمای زودرس تا انتهای فصل زمستان ادامه دارد. شکل توزیع تجمعی سرمای دیررس در ایستگاه کهنوج نشان می‌دهد، تاریخ رخ داد آخرین سرمای دیررس به انتهای فصل سرد کشیده شده است. بنابراین به‌طورکلی با توجه به تاریخ اولین سرمای زودرس و آخرین سرمای دیررس می‌توان این نتیجه را گرفت که طول دوره سرما در این ایستگاه طولانی‌تر می‌شود.



شکل ۲: توزیع تجمعی احتمال وقوع سرمای زودرس (بالا) و دیررس (پایین) زیر ۵ درجه سلسیوس برای دوره ۲۰۲۰(راست)، ۲۰۵۰(وسط) و ۲۰۸۰(چپ) در ایستگاه کهنوج.

شکل ۳ توزیع تجمعی احتمال وقوع سرماهای زودرس و دیررس زیر ۵ درجه را در ایستگاه منوجان نشان می‌دهد. احتمال وقوع سرمای زودرس در دوره ۲۰۲۰، در هر سه سناریو بالای ۹۰ درصد می‌باشد. سناریوی rcp8.5 احتمال وقوع سرمای زودرس به یک افزایش‌یافته است. در دو دوره بعدی نیز با توجه به نتایج سناریوها، احتمال وقوع بیشتر از ۹۰ درصد است. در ایستگاه منوجان نیز احتمال وقوع سرمای دیررس همانند ایستگاه جیرفت و کهنوج نسبت به دوره دیدبانی تغییری نشان نمی‌دهد.



شکل ۳: توزیع تجمعی احتمال وقوع سرمای زودرس (بالا) و دیررس (پایین) زیر ۵ درجه سلسیوس برای دوره ۲۰۲۰(راست)، ۲۰۵۰(وسط) و ۲۰۸۰(چپ) در ایستگاه منوجان

به‌طورکلی از نمودار توزیع تجمعی در هر سه ایستگاه مطالعاتی می‌توان این نتیجه را گرفت که احتمال وقوع دمای زودرس و دیررس زیر ۵ درجه تغییر قابل‌توجهی را نسبت به دوره دیدبانی نشان نمی‌دهند. اما تاریخ شروع و پایان سرمای زودرس و دیررس در بازه زمانی گسترده‌تری رخ می‌دهد. به‌طوری‌که تاریخ رخداد اولین سرمای زودرس به ابتدای فصل پاییز و رخداد آخرین سرمای دیررس به انتهای فصل زمستان جابه‌جاشده است و این به معنای افزایش طول دوره سرد سال در منطقه مطالعاتی می‌باشد.

۲- فراوانی تعداد روزهای همراه با تنش سرما

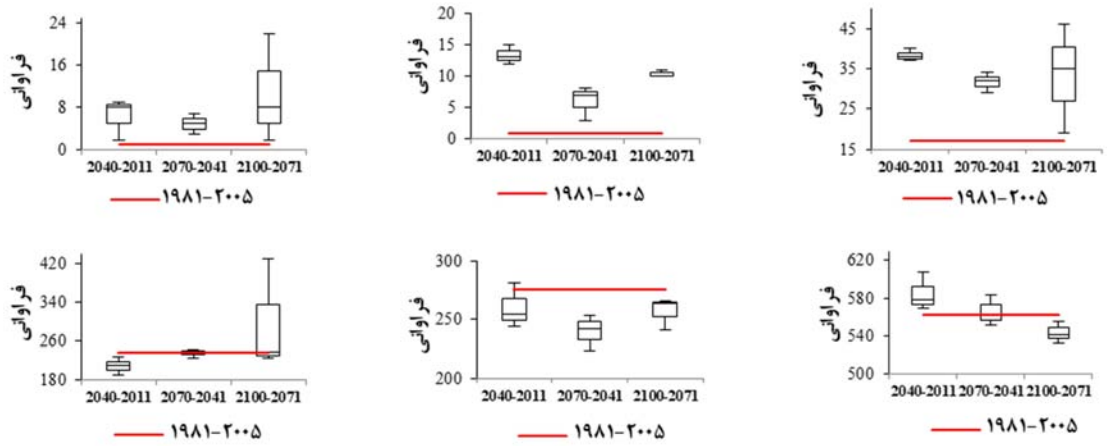
به نظر می‌رسد عامل محدودکننده گیاهان مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری، تنش سرما می‌باشد. وقوع دماهای پایین نتیجه‌ی موازنه‌ی گرمایی منفی در سطح زمین است. واکنش گیاه بسته به‌شدت و مدت‌زمان قرار گرفتن در معرض تنش متفاوت است. رشد و عملکرد گیاهان زراعی تابعی از کلیه‌ی عوامل محیطی و اثرهای متقابل آن می‌باشد. جدول شماره ۴ فراوانی روزهای وقوع تنش سرمایی ($۰\leq T\leq ۵$) و تنش یخزدگی ($T<۰$) را در سه ایستگاه مطالعاتی جیرفت، کهنوج و منوجان در دوره دیدبانی و دوره‌های آینده نشان می‌دهد.

جدول ۴: فراوانی روزهای تنش سرمایی ($۰\leq T\leq ۵$) و تنش یخزدگی ($T<۰$). (واحد: روز)

دوره‌های اقلیمی		منوجان		کهنوج		جیرفت	
		$T<۰$	$۰\leq T\leq ۵$	$T<۰$	$۰\leq T\leq ۵$	$T<۰$	$۰\leq T\leq ۵$
دوره دیدبانی		۱	۲۳۶	۴	۲۷۶	۱۷	۵۶۲
۲۰۱۱-۲۰۴۰	RCP2.6	۹	۲۲۸	۱۲	۲۵۵	۳۸	۶۰۸
	RCP4.5	۲	۲۱۱	۱۵	۲۸۱	۳۷	۵۷۸
	RCP8.5	۸	۱۹۱	۱۳	۲۴۴	۴۰	۵۶۹
۲۰۴۱-۲۰۷۰	RCP2.6	۷	۲۲۶	۷	۲۴۲	۳۴	۵۶۳
	RCP4.5	۳	۲۴۳	۳	۲۵۴	۲۹	۵۸۳
	RCP8.5	۵	۲۳۹	۸	۲۲۴	۳۲	۵۵۱
۲۰۷۱-۲۱۰۰	RCP2.6	۲	۲۳۸	۱۰	۲۶۴	۱۹	۵۵۶
	RCP4.5	۸	۲۲۵	۱۰	۲۶۶	۳۵	۵۳۳
	RCP8.5	۲۲	۴۳۱	۱۲	۲۴۰	۴۶	۵۴۱

جدول ۵: فراوانی روزهای پی‌درپی تنش سرمایی (۰≤T≤۵) و تنش یخزدگی (T<۰). (واحد: روز)

دوره‌های اقلیمی		منوجان		کهنوج		جیرفت	
		T<۰	۰≤T≤۵	T<۰	۰≤T≤۵	T<۰	۰≤T≤۵
دوره دیدبانی		۱	۴۲	۳	۵۵	۱۱	۹۳
۲۰۴۰-۲۰۱۱	RCP2.6	۱	۱۸	۴	۲۴	۱۴	۹۹
	RCP4.5	۱	۱۵	۱	۲۹	۱۶	۸۸
	RCP8.5	۳	۱۳	۱	۱۴	۱۷	۷۹
۲۰۷۰-۲۰۴۱	RCP2.6	۱	۲۰	۱	۲۳	۱۴	۸۸
	RCP4.5	۲	۲۰	۰	۱۸	۱۰	۱۰۱
	RCP8.5	۳	۱۷	۲	۱۷	۱۴	۸۳
۲۱۰۰-۲۰۷۱	RCP2.6	۱	۲۵	۱	۲۲	۸	۷۳
	RCP4.5	۱	۲۰	۱	۲۸	۱۶	۸۲
	RCP8.5	۱۴	۶۴	۴	۲۵	۲۴	۸۱



شکل ۴: فراوانی روزهای با دمای T<۰ (بالا)، روزهای با دمای ۰≤T≤۵ (پایین)، ایستگاه جیرفت (راست)، ایستگاه کهنوج (وسط) و ایستگاه منوجان (چپ).

شکل ۴ فراوانی روزهای با دمای T<۰ و ۰≤T≤۵ را در هر سه ایستگاه مطالعاتی نشان می‌دهد. در ایستگاه جیرفت در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ روزهای با دمای ۰≤T≤۵ افزایش را نشان می‌دهد؛ ولی در دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۱ این تعداد روز نسبت به دوره دیدبانی کاهش را نشان می‌دهد. در ایستگاه کهنوج در هر سه دوره در بازه دمایی ۰≤T≤۵ فراوانی تعداد روزها کاهش را نشان می‌دهد. ایستگاه منوجان ابتدا در دوره اول کاهش و سپس در دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۱ افزایش چشمگیری در تعداد روزهای با دمای ۰≤T≤۵ مشاهده می‌شود. فراوانی روزهای با دمای زیر صفر درجه در هر سه ایستگاه مطالعاتی نسبت به دوره دیدبانی افزایش را نشان می‌دهند. در ایستگاه جیرفت دوره اول بیشترین فراوانی روزهای با دمای کمتر از صفر درجه سانتی‌گراد را به خود اختصاص داده و در دو دوره بعد این تعداد کاهش می‌یابد. در ایستگاه کهنوج دوره ۲۰۷۰-۲۰۴۱ نسبت به دوره اول تعداد روزهای با دمای صفر درجه کاهش و در دوره

سوم افزایش می‌یابد. بیشترین میزان افزایش روزهای زیر صفر درجه در ایستگاه منوجان مربوط به دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۱ می‌باشد.

۳- نقشه‌های پهنه‌بندی سرمای زودرس و دیررس در دوره‌های آینده

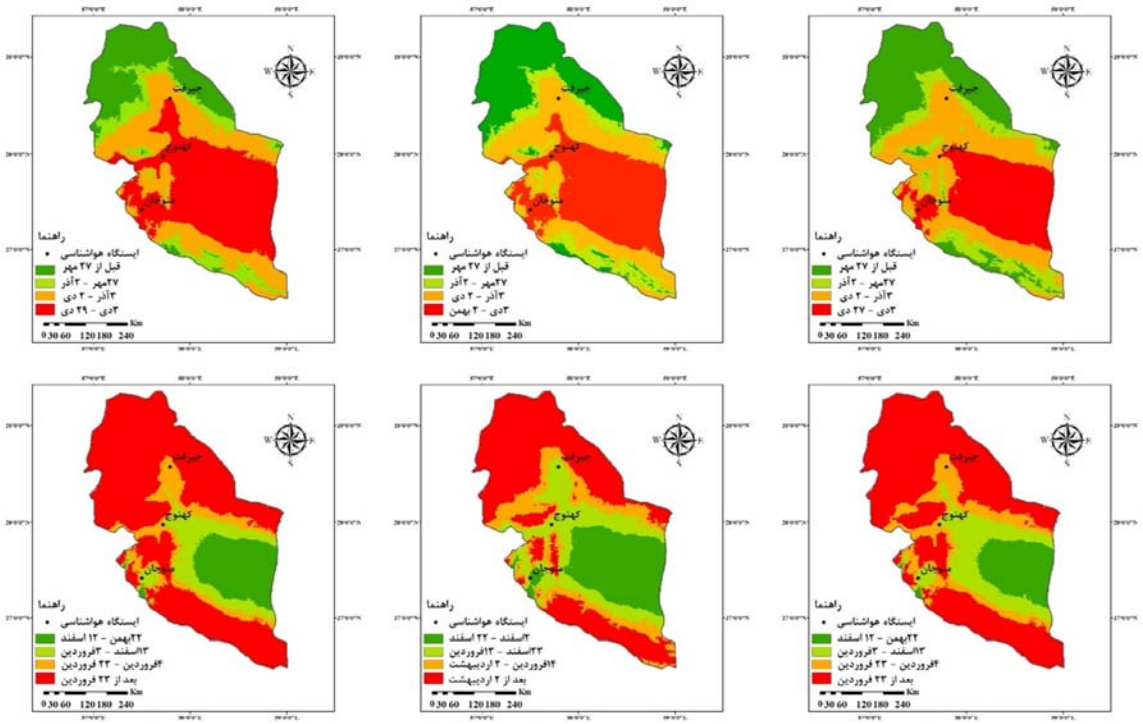
در نواحی بسیار گرم کشور، دمای پاییز و زمستان آنقدر ملایم می‌باشد که تولید سیب‌زمینی در آنها امکان‌پذیر است. برای کشت سیب‌زمینی میانگین دمای روزانه بایستی بین ۱۰ تا ۲۵ درجه قرار گیرد. با توجه به این میزان دما و با توجه به پژوهش‌هایی که در مرکز تحقیقات جیرفت صورت گرفته، بهترین زمان شروع کشت از اوایل آبان شروع و تاریخ برداشت آن با توجه به کاشت نوع سیب‌زمینی ازنظر طول دوره رشد مشخص می‌شود. نوع سیب‌زمینی که در منطقه جنوب کرمان کشت می‌شود از نوع میان‌رس و دیررس می‌باشد. بنابراین تاریخ برداشت سیب‌زمینی به فروردین می‌رسد. درحالی‌که طبق طرح استمرار کشت سیب‌زمینی (کشت اول) در جنوب کرمان از اواخر شهریور تا نیمه اول مهر انجام می‌شود و برداشت آن نیمه دوم دی به بعد می‌باشد. بنابراین در کشت پاییزه، سیب‌زمینی در زمان کاشت مشکل گرما و از نیمه دوم آذرماه خطر سرمازدگی پاییزه و وارد آمدن خسارت را افزایش می‌دهد. طبق آمار ثبت‌شده در طی دوره آماری گذشته، منطقه جنوب کرمان شاهد یخبندان‌های زودرس پاییزه و فراگیر در سال‌های ۱۹۸۲، ۱۹۹۰، ۱۹۹۴، ۱۹۹۶، ۲۰۰۱،۱۹۹۹ و ۲۰۰۳، بوده است که این مسأله به‌طور بارزی بر میزان تولید و عملکرد سیب‌زمینی تأثیر گذاشته است. البته بروز سرمازدگی و شدت اثرهای آن به عواملی همچون نوع رقم، ویژگی‌های فیزیولوژی و ناهنجاری‌های دمایی در اواخر پاییز بستگی دارد. ارقام متفاوت سیب‌زمینی، دارای تقویم زراعی متفاوت و آستانه‌های بحرانی متفاوت می‌باشند. بنابراین همان‌طور که پیش‌ازاین یاد شد یکی از مشکلات مهم کشت پاییزه سیب‌زمینی در هنگام غده بندی و حجیم شدن غده‌ها، روزها سرد و کوتاه می‌شوند؛ درنتیجه غده‌ها نمی توانند به حداکثر وزن و اندازه خود برسند و میزان عملکرد کاهش خواهد یافت. علاوه بر این درکشت پاییزه احتمال از بین رفتن کل محصول یا افت عملکرد بسته به زمان وقوع و مدت یخبندان وجود دارد (دهدار ۱۳۸۷). در این پژوهش از روش رگرسیون چند متغیره برای ترسیم نقشه‌های پهنه‌بندی استفاده شد. معادله‌های زیر نتایج رگرسیون چند متغیره را که از طریق محاسبه همبستگی بین متغیرهای مورداستفاده به‌دست‌آمده است، نشان می‌دهد. این معادله‌ها در محیط نرم‌افزار Arc GIS 10.3 جهت تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی اعمال‌شده‌اند.

جدول ۶: معادله‌های رگرسیون چند متغیره دوره آینده

دوره‌های اقلیمی	سرمای دیررس	R^2	سرمای زودرس	R^2
۲۰۱۱-۲۰۴۰	Y_2=۵۱۲۸,۵٤+۰,۱۵۳H-۸۷,۵۵۶T	۰,۸۹	Y_1=۸۰,۷٤۲-۰,۰۷۸H+۲,۵۵۲T	۰,۹۵
۲۰۴۱-۲۰۷۰	Y_2=۳۱۱۰,۹۸٤+۰,۱۱H-۵۲,۲۲T	۰,۹۴	Y_1=۱۱٦,٦۷۵-۰,۰۸۸H-۰,۲۵T	۰,۹۴
۲۰۷۱-۲۱۰۰	Y_2=٦٤٦۳,۳۸+۰,۱۸۸H-۱۱۰,۹۹T	۰,۸۷	Y_1=۱۳۷,٤۱-۰,۰۸٤H-۱,۶۶۱T	۰,۸۹

در معادله‌های بالا Y_1 اولین سرمای زودرس پاییزه Y_2 آخرین سرمای دیررس زمستانه، H معرف ارتفاع و T معرف دما است. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌نمایید با توجه به مقادیر بالای ضریب تبیین به‌دست‌آمده، می‌توان از این معادله‌ها برای پهنه‌بندی تاریخ وقوع سرمازدگی استفاده نمود. شکل ۶ نقشه‌های پهنه‌بندی وقوع اولین سرمای

زودرس و وقوع آخرین سرمای دیررس را برای دوره‌های ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ با احتمال ۹۵ درصد نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، وقوع دماهای بحرانی از الگوی ناهمواری‌های منطقه تبعیت می‌کند و وقوع اولین سرمای زودرس منطقه، بر نواحی مرتفع رشته‌کوه‌های جبال‌بارز، اسفندقه و ساردوییه منطبق است. اولین سرمای زودرس در مناطق کوهستانی و مرتفع از اوایل مهرماه شروع می‌شود؛ درحالی‌که در مناطق پست و کم ارتفاع منطقه از آذرماه شروع می‌شود. سرمای دیررس نیز در دهه دوم اسفند در مناطق پست و کم ارتفاع خاتمه می‌یابد و در ارتفاعات تا اوایل اردیبهشت ادامه دارد.



شکل ۶: نقشه‌های پهنه‌بندی وقوع اولین سرمای زودرس (بالا) و آخرین سرمای دیررس (پایین) با احتمال وقوع ۹۵ درصد. در دوره‌های اقلیمی ۲۰۴۰-۲۰۱۱ (راست)، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ (وسط) و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ (چپ). *منبع: (نگارندگان، ۱۳۹۷)*

نتیجه‌گیری

دستگاه اقلیم یک سیستم بسیار پیچیده است. بنابراین نتایج آماری استخراج‌شده از داده‌های مدل گردش کلی CanESM2 (جدول شماره ۴) افزایش روزهای با تنش سرمازدگی (۰≤T≤۵) در ایستگاه جیرفت در دوره‌های ۲۰۴۰-۲۰۱۱ و ایستگاه منوجان در دوره ۲۱۰۰-۲۰۷۱ نسبت به دوره گذشته را نشان می‌دهد. در ایستگاه کهنوج فراوانی روزهای با تنش سرمازدگی کاهش می‌یابد. این در حالی است که روزهای با تنش یخزدگی در ایستگاه‌های جیرفت، کهنوج و منوجان در هر سه دوره اقلیمی آینده، افزایش قابل‌توجهی را نشان می‌دهند. با افزایش تعداد روزهای با تنش یخزدگی، به‌تبع آن میزان خسارت‌ها در دوره‌های اقلیمی آینده افزایش خواهد یافت. طبق

محاسبه‌های صورت گرفته تاریخ وقوع اولین سرمای زودرس نسبت به دوره دیدبانی زودتر اتفاق می‌افتد و تاریخ وقوع آخرین سرمای دیررس نیز به سمت انتهای فصل سرد سال جابه‌جاشده است. به‌طور متوسط تاریخ وقوع سرمای زودرس ۷، ۱۲ و ۱۲ روز به ترتیب در ایستگاه جیرفت، کهنوج و منوجان زودتر از میانگین دوره دیدبانی اتفاق می‌افتد و سرمای دیررس به‌طور متوسط با تأخیر ۱۲، ۱۳ و ۱۸ روزه به ترتیب در ایستگاه جیرفت، کهنوج و منوجان نسبت به میانگین دوره دیدبانی اتمام می‌یابد. بنابراین طول دوره سرما و یخبندان در منطقه کرمان جنوبی روبه افزایش است. با افزایش طول دوره سرما ریسک تنش سرمازدگی و تنش یخزدگی در طول دوره رشد گیاه سیب‌زمینی در منطقه موردمطالعه افزایش می‌یابد.

منابع

اسماعیلی، رضا؛ عطایی، هوشمند؛ فلاح قالهری غلامعباس (۱۳۹۰). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر امکان توسعه دو گونه هسته‌دار بادام و زردآلو (مطالعه موردی: خراسان رضوی)، نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار، سال بیست و یکم، شماره ۱، صص ۱۶۲-۱۴۵.

اشرف، بتول؛ موسوی بایگی، محمد؛ کمالی، غلامعلی؛ داوری، کامران (۱۳۹۰). پیش‌بینی نیاز آبی چغندرقند در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ با استفاده از داده‌های اقلیمی شبیه‌سازی‌شده توسط مدل ریزمقیاس کننده LARS-WG (مطالعه موردی: استان خراسان رضوی)، نشریه آب‌وخاک (علوم و صنایع کشاورزی)، سال بیست و پنجم، شماره ۵، صص ۱۱۹۶-۱۱۸۴.

رضایی زمان، مصطفی؛ افروزی، علی (۱۳۹۴). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر عملکرد و ارائه راهبرد تغییر الگوی کشت (مطالعه موردی: حوضه سیمینه‌رود)، سال چهارم، شماره ۴، صص ۶۲-۵۱.

دلقندی، مهدی؛ مساح بوانی، علیرضا؛ آجورلو، محمد جعفر؛ برومند نسب، سعید؛ اندرزیان، بهرام (۱۳۹۳). ارزیابی ریسک تأثیرات تغییر اقلیم بر عملکرد و فنولوژی رشد گندم (مطالعه موردی: شهرستان اهواز)، سال چهارم، شماره ۲، صص ۱۷۵-۱۶۱.

سیاری، نسرین؛ علیزاده، امین؛ بنایان اول، محمد؛ فرید حسینی، علیرضا؛ حسامی کرمانی، مسعود رضا (۱۳۹۰). بررسی روند خشکسالی تحت شرایط تغییر اقلیم در حوضه کشف رود، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، دوره دوم، شماره ۷، صص ۴۲-۲۱.

علیزاده، امین. (۱۳۸۹). اقلیم و هواشناسی کشاورزی. مشهد. انتشارات دانشگاه امام رضا. چاپ اول. ۵۰۲.

فلاح قالهری، غلامعباس. (۱۳۹۳). ریزمقیاس نمایی آماری داده‌های اقلیمی. مشهد. انتشارات سخن گستر. چاپ اول. ۲۶۳.

قربانی، خلیل؛ ولیزاده، اسماعیل (۱۳۹۳). بررسی تاریخ یخبندان‌ها و سرماهای مؤثر در کشاورزی تحت تأثیر تغییر اقلیم (مطالعه موردی: مشهد، تبریز و قزوین)، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک، سال بیست و یکم، شماره ۴، صص ۲۱۴-۱۹۷.

کوچکی، علیرضا؛ خواجه حسینی، محمد. (۱۳۸۷). زراعت نوین. مشهد. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ اول. ۷۰۴.

طایی سمیرمی، جواد؛ میرباقری، وهاب؛ امیری، ایرج؛ اعظمی، ذبیح‌اله (۱۳۹۶). ارزیابی تناسب اقلیمی کشاورزی نظام کشت زمستان سیب‌زمینی در استان کرمان، نشریه تولید گیاهان زراعی، سال دهم، شماره ۱، صص ۱۱۳-۹۵.

محمدی، حسین؛ گزل‌خو مجید (۱۳۸۹). تأثیر یخبندان‌های زودرس پاییزه و دیررس بهاره بر کشت غلات در شهرستان کرج، فصلنامه جغرافیایی سرزمین، سال هفتم، شماره ۲۷، صص ۱۰۹-۹۳.

Charron, I., (2014), A Guidebook on Climate Scenarios: Using Climate Information to Guide Adaptation Research and Decisions, Ouranos, pp. 86.

Ewing, E. E., (1981), Heat stress and the tuberization stimulus, Amer, Potato, Vol.1, No.58.

Haverkort A.J., and MacKerron D.K.L., (1995), Potato Ecology and Modelling of crops under Conditions Limiting Growth, Springer-Science Business Media, B.V. p371.

Holden, N. M., Brereton, A. J., Fealy, R., Sweeney, J., (2002), Possible change in Irish climate and its impact on barley and potato yields, Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 116. No.3. pp.181–196.

IPCC., (2001), Climate change 2001: The Scientific Basis, Contribution of Working Group to the Third Assessment Report of the intergovernmental Panell on climate change, Cambridge Univ, Press, New York, NY, USA. pp. 881.

Naresh Kumar, S., Govindakrishnan, P. M., Swarooparani, D. N., Nitin, CH., Surabhi, J., Aggarwal, P. K., (2015), Assessment of the impact of climate change on potato and potential adaptation gains in the Indo-Gangetic Plains of India. International Journal of Plant Production, Vol. 9, No.1, pp. 151-169.

Nadler, A. J., (2007), An agro-climatic risk assessment of crop production on the Canada Prairies, A Thesis Submitted for the Degree of MSc, Department of Soil Science, University of Manitoba, Winnipeg Manitoba, pp. 251.

Pulatov, B., Linderson, M. L., Hall, K., Jönsson, A. M., (2015), Modeling climate change impact on potato crop phenology, and risk of frost damage and heat stress in northern Europe, Agricultural and Forest Meteorology, Vol.214, No.215. pp. 281–292.

Rosenzwig, C., Liverman. D., (2006), Predicated effects of climate change on agriculture: A comparison of temperature and tropical regions in global climate change, pp. 342-61.

Shock, C. C., Feibert. E. B. G., (2002), Deficit irrigation on a potato. In deficit irrigation practices, FAO Rome, pp. 47-56.

Saadi, S., Todorovic, M., Tanasijevic, L., Pereira, L. S., Pizzigalli, C., Lionello, P., (2015), Climate change and Mediterranean agriculture: Impacts on winter wheat and tomato crop evapotranspiration, irrigation requirements and yield, Agricultural Water Management, Vol. 147. pp.103–115.

Sands, P. J., Hackett, C., Nix, H. A., (1979), A model of the development and bulking of potato (Solanumtuberosum) derivation from a well-managed crop, Field Crop Res, Vol. 2, pp. 309-331.

Sarparast, R., and Mashayekhi, K., (2014), Heat unit evaluation of potato genotypes for determining different maturity groups in Gorgan region, EJCP., Vol.7, No.3. pp. 123-143. (In Persian)

Tanasijevic, L., Todorovic, M., Pereira, L. S., Pizzigalli, C., Lionello, P., (2014), Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region, Agricultural Water Management, pp. 144.54–68.

Van Keulen, H., Van Diepen, C. A., (1994), Crop growth models and agroecological characterization.Proceedings of the first congress of the European Society of Agronomy, 5-7 December 1990, Session 2, pp. 1-16.

Van Laar, H. H., Goudriaan, J., Van Keulen H., (1992), simulation of crop growth for potential and water-limited production situations (as applied to spring wheat), simulation Report CABOTT 27.CABO-DLO, WAU TPE, Wageningen.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۰۲
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۰۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۲۳
صفحات: ۹۸ - ۷۹

برآورد مقادیر ارتفاع رواناب و دبی حداکثر سیلاب با استفاده از تلفیق مدل‌های اتومات سلولی و SCS (مطالعه موردی: حوضه آبخیز لاویج‌رود)

حسن شعبانی‌نیا[۱]، صدرالدین متولی[۲*]، غلامرضا جانباز قبادی[۳]، شهریار خالدی[۴]

چکیده

حوضه آبخیز لاویج‌رود بیشتر به دلیل وضعیت توپوگرافی و فیزیوگرافی، موقعیت اقلیمی، عدم رعایت مشخصه‌های فنی در ساخت راه و بناهای فنی و تجاوز به حریم رودخانه، زمین‌شناسی و دیگر عوامل مؤثر در ایجاد رواناب، دارای پتانسیل تولید سیل در برخی از مواقع سال می‌باشد. در این پژوهش، کارایی مدل‌های اتومات سلولی و SCS، به منزله روش‌های نوین و امکان تلفیق آن‌ها با برنامه‌های GIS برای شبیه‌سازی خطر سیلاب و هیدروگراف جریان، برای لاویج‌رود مطالعه شد. از داده‌های کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، DEM، داده‌های بارش و ضریب زبری استفاده شد که همه لایه‌ها در قالب رسترهایی با اندازه سلول ۳۰×۳۰ تهیه شدند. بخش زیادی از حوضه دارای گروه هیدرولوژیکی C و D است که نفوذپذیری کم و خیلی کم دارند؛ بدین‌معنی که حجم زیادی از بارش در این قسمت‌ها می‌تواند تبدیل به رواناب شود. نیمه شمالی به‌ویژه شمال غربی حوضه، به‌دلیل قابلیت نفوذ کم و نیز نزدیکی به خروجی حوضه، دارای ارتفاع و عمق رواناب بسیار زیادی است. همچنین، خطر سیلاب در مسیر رودخانه لاویج و در اراضی اطراف آن (دشت سیلابی رودخانه) به‌ویژه در پایین‌دست رودخانه بالا است. شبیه‌سازی سیلاب در حوضه لاویج‌رود نشان داد که علاوه بر کاربری اراضی، خاک، نفوذپذیری و شیب، پراکنش مکانی مقدار بارش عامل مهمی در تجمع رواناب به یک سمت از جریان پایین‌دست حوضه و تولید سیلاب است.

واژگان کلیدی: خطر سیلاب، اتومات سلولی، SCS، GIS، حوضه آبخیز لاویج‌رود.

[۱]- دانشجوی دکتری اقلیم¬شناسی، گروه جغرافیا طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور shabaniniah@gmail.com
[۲]- دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور (نویسنده مسئول) s_motevalli@iaunour.ac.ir
[۳]- استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور j_ghobadi@iaunour.ac.ir
[۴]- استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه شهید بهشتی تهران shahriar_khaledi6@yahoo.com

مقدمه

با توجه به فقدان ایستگاه‌های هیدرومتری در بیشتر حوضه‌های آبخیز، توسعه روش‌های تخمین رواناب برای این حوضه‌ها ضروری است (خالقی و ملکانی، ۱۳۹۵). روش‌های گوناگونی برای تخمین رواناب در حوضه‌های فاقد آمار وجود دارد. یکی از روش‌های نوین، اتومات سلولی است؛ این روش در تحقیق‌های مربوط به آب و محیط زیست تلفیق خوبی با GIS پیدا کرده است (Zhan and Huang, 2004؛ Dewan et al., 2007؛ Kopp and Noman, 2008؛ Abou Elkhrachy, 2015 و Kopp and Noman, 2008؛ Haq et al., 2012؛ El-Magd et al., 2010). اتومات سلولی روشی ساده برای بررسی سیستم‌های دینامیکی است و می‌تواند ویژگی‌های طبیعی سیستم را در سطوح مختلف توصیف کند. به عبارتی دیگر، رویکرد اتومات سلولی روشی قوی برای توصیف، فهم و شبیه‌سازی رفتار سیستم‌های پیچیده است. در اتومات سلولی دسته‌ای از قوانین ویژه برای نمایش ارتباط بین یک سلول و همسایگانش تعریف می‌شود (خالقی و ملکانی، ۱۳۹۵). از جمله ویژگی‌های اتومات سلولی این است که فضا و زمان به‌صورت گسسته پیش می‌روند. اتومات همگن است و عمل به‌روزرسانی به صورت همگام انجام می‌شود. قوانین بر اساس همسایه‌های هر سلول تعریف می‌شوند و می‌توانند فرم قطعی و احتمالی داشته باشند (Van et al., 2007). فهیمی‌فر و همکاران (۱۳۸۵) بیان کردند که مزایای اتومات سلولی شامل سرعت، فضای گسسته، محلی بودن و موازی بودن است. از مهم‌ترین کارهای پژوهشی و کاربردی در زمینه شبیه‌سازی سیلاب با استفاده از مدل اتومات سلولی می‌توان به کار ثانی‌خانی و همکاران در سال ۱۳۹۱ با عنوان شبیه‌سازی رواناب و فرسایش خاک با استفاده از روش اتوماتای سلولی، اعلمی و همکاران در سال ۱۳۹۴ با عنوان مدل‌سازی بارش - رواناب با استفاده از مدل اتومای سلولی و خالقی و ملکانی در سال ۱۳۹۵ با عنوان شبیه‌سازی خطر سیلاب با استفاده از مدل اتومات سلولی بر پایه GIS (مطالعه موردی: حوضه آبریز چرچر) اشاره نمود.

روش‌های گوناگونی هم برای تخمین رواناب در حوضه‌های فاقد آمار وجود دارد؛ که یکی از این روش‌ها SCS است. روش سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) که به شماره منحنی (CN) معروف است، با در نظر گرفتن ویژگی‌های خاک، وضعیت هیدرولوژیکی زمین و نیز کاربری اراضی و شرایط رطوبت قبلی خاک، مقدار رواناب حاصل از یک بارش را در بخش‌های مختلف حوضه برآورد می‌کند و نیاز به تعیین شماره منحنی دارد. گروه هیدرولوژیکی خاک، نوع کاربری اراضی، پوشش گیاهی، اندازه‌گیری‌های حفاظت خاک و وضعیت رطوبت خاک پیشین، خصوصیت‌های اصلی مورد استفاده حوضه آبخیز برای به‌دست آوردن شماره منحنی رواناب می‌باشند. در زمینه تعیین شماره منحنی و برآورد ارتفاع رواناب یک حوضه آبخیز، پژوهش‌های مختلفی صورت گرفته است (Lewis et al., 2000؛ June et al., 2001؛ Foodi et al., 2008؛ Inci et al., 2006؛ Xiao et al., 2011؛ Soulis and Valiantzas, 2012؛ Saravanan and Manjula, 2015؛ Vinithra and Yeshodha, 2016؛ Satheeshkumar et al., 2017؛ حجازی و مزبانی، ۱۳۹۶؛ مصطفی‌زاده و هکاران، ۱۳۹۶؛ حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷).

وقوع سیلاب در حوضه آبخیز لاویج‌رود، باعث آسیب رساندن به شبکه آبرسانی، پل‌ها و آب بندان‌ها، اراضی و نهرهای کشاورزی و باغی، شکسته شدن تیرهای برق، ریزش سنگ و رانش زمین، آبگرفتگی معابر، منازل و مغازه‌ها در مناطق شهری و روستایی، تخریب راه‌های ارتباطی و آسیب‌های جانی می‌شود. بر اثر بارندگی‌های شدید و مداوم و جاری

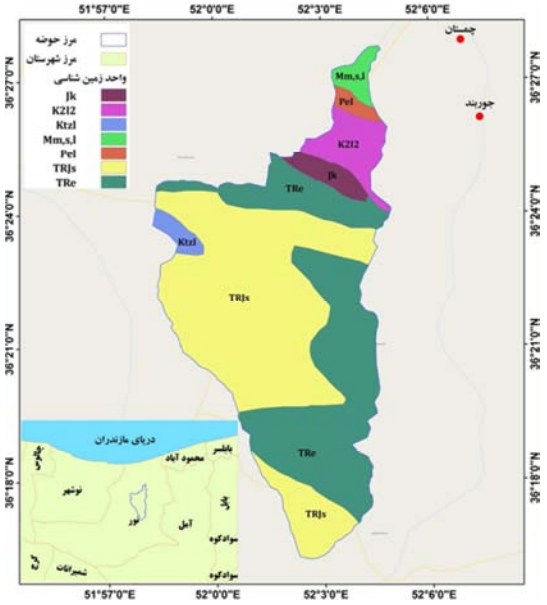
شدن سیل در حوضه لاویج‌رود طی سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۸، برخی از معابر و راه‌های ارتباطی، دیواره‌های رودخانه، زمین‌های کشاورزی و واحدهای مسکونی دچار تخریب شده‌اند. علاوه بر آثار ملموس و مستقیم سیلاب در سطح حوضه مورد بررسی، هر ساله به‌واسطه وقوع سیلاب‌های بزرگ، فرسایش کناره‌ای قابل‌ملاحظه‌ای در رودخانه لاویج اتفاق می‌افتد که خود می‌تواند باعث از دسترس خارج شدن بخش قابل توجهی از خاک حاصلخیز سطح حوضه شود. با توجه با موارد یادشده، شبیه‌سازی خطر سیلاب این حوضه به‌منظور کاهش خسارت‌های ناشی از وقوع سیلاب ضروری می‌نماید و مدل اتومات سلولی روشی مناسب برای تخمین رواناب و سیلاب است. با توجه به قابلیت رویکرد اتومات سلولی، می‌توان با داده‌های ورودی ساده همانند مدل ارتفاعی رقومی و دبی رخداد سیلاب و میزان گسترش آن را تخمین زد و میزان ارتفاع آب ناشی از سیلاب را ارائه داد. آگاهی این مسأله می‌تواند در کاهش اثرهای سیل و مدیریت بهینه این پدیده مخرب مؤثر واقع شود. بنابراین هدف اصلی این پژوهش، شبیه‌سازی خطر سیلاب با استفاده از مدل‌های اتومات سلولی و SCS بر پایه GIS و RS در حوضه آبخیز لاویج‌رود است تا مشخص شود که چه بخش-هایی از سطح حوضه خطر سیلاب بیشتری داشته و از خسارت‌های جانی و مالی ناشی از سیل تا حد امکان کاسته شود. با اجرای این مدل، مناطق پر خطر به‌لحاظ سیل در گستره حوضه آبخیز لاویج‌رود مشخص شده و مقدار دبی سیلابی رودخانه در بازه‌های مختلف آن در طی زمان محاسبه خواهد شد.

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز لاویج در دامنه‌های شمالی رشته‌کوه البرز در جنوب شهر چمستان واقع شده است. حوضه آبخیز لاویج-رود بین عرض‌های جغرافیایی ´۱۶ °۳۶ تا ´´۳۰ ´۲۷ °۳۶ شمالی و طول جغرافیایی ´۵۸ °۵۱ تا ´۵ °۵۲ شرقی واقع شده است (شکل ۱). این حوضه با مساحتی معادل ۱۱۶ کیلومتر مربع از غرب به حوضه گلندرود، از شرق به حوضه واز و از جنوب به حوضه آبخیز هراز منتهی می‌شود. آبادی‌های رئیس‌کلا، کیاکلا، ملاکلا، سادات محله، کرچی، به بنک و دیزین کلا در این حوضه آبریز قرار گرفته‌اند. لاویج در حدود بیست کیلومتری غرب شهر چمستان واقع شده و جزئی از شهرستان نور، استان مازندران محسوب می‌شود. لاویج منطقه‌ای نیمه مرتفع و نیمه کوهستانی و ییلاقی و یا به‌عبارتی بهتر و دقیق‌تر و به اصطلاح معروف، میان‌بند است. از نظر زمین‌شناختی و شکل سرزمینی به‌صورت یک فرورفتگی و گسله و شکست بزرگ در میان کوه‌های مرتفع و بلند و یک سطح چاله ناودیسی عظیم به نظر می‌رسد. از نظر طبیعی و شکل ظاهری به نظر می‌رسد که در دوران‌های بسیار دور احتمالاً یک دریاچه بزرگ ناودیسی، سطح منطقه‌ی لاویج فعلی را فرا گرفته و سرزمینی مسطح و مرتفع در زیر آب دریاچه مزبور بوده است (اسماعیلی و حسین‌زاده، ۱۳۸۹).

لاویج از اطراف به‌وسیله کوه‌های زیر احاطه شده است: از شمال ارتفاعات کوه طارم یا نسالو و پیش آمدگی کوه سیلم، از جنوب به‌وسیله‌ی ارتفاعات پوشیده از جنگل نومه، میله‌بن و نیسم، از شرق ادامه نسالو و از غرب به‌وسیله‌ی ارتفاعات جنگلی نارمک، اسپی سنگ، کوه سیلم و سوردار. ناهمواری‌های داخلی آن شامل پستی و بلندی‌هایی نامنظم و پراکنده به شکل تپه‌های بزرگ و تاحدودی مرتفع با دره‌های عمیق و نسبتاً باز است. این تپه‌ها در سه

جهت مهم شرقی و غربی و جنوبی واقع شده‌اند و با شیب‌هایی تند به دره‌ها منتهی می‌شوند (اسماعیلی و حسین‌زاده، ۱۳۸۹). رود مهم حوضه آبخیز، لاویج‌رود نام دارد. سه رود کوچک‌تر به نام‌های نومه هراز، تیلن‌رود و کرچی‌رود در قسمت داخلی منطقه لاویج جریان دارند که در پای ارتفاعات شمالی و در مدخل تنگه لاویج، رودخانه لاویج‌رود را بوجود می‌آورند. مهم‌ترین شاخه لاویج‌رود، نومه هراز است. رودخانه کرچی‌رود از کنار روستاهای بهبنک و کرچی عبور می‌کند و رودخانه تیلن‌رود از کنار روستاهای خطیب کلا و وسط روستای رئیس کلا می‌گذرد. رودخانه نومه هراز از میان روستاهای کیاکلا، ملا کلا، سادات محله و ملا محله عبور می‌کند. نقشه واحدهای زمین‌شناسی حوضه مورد بررسی در شکل ۱ آورده شده است و جدول ۱ نیز مساحت و ویژگی این واحدها را نشان می‌دهد.



شکل ۱: نقشه واحدهای زمین‌شناسی و موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز لاویج‌رود

جدول ۱: مساحت واحدهای سنگ‌شناسی حوضه آبخیز لاویج‌رود

نام دوره	واحد	لیتولوژی	مساحت (Km^2)	%
کواترنر	Q	رسوب‌های آبرفتی و پادگانه‌های آبرفتی اطراف رودخانه	-	-
ژوراسیک میانی	Jk	کنگلومرا، ماسه سنگ، سیلت سنگ، مارن سیلت‌دار (سری قاره‌ای)	۰/۴۵	۰/۴
میوسن	Mm,s,l	مارن، ماسه سنگ آهکی، سنگ آهک ماسه‌ای دوکفه‌ای	۴	۳/۴
تریاس آغازین و میانی	Ktzl	سنگ آهک اربیتولین‌دار، شیل آهکی (سازند تیزکوه)	۲/۸	۲/۳
کرتاسه پایانی	K2l2	آهک‌های ضخیم لایه تا توده‌ای به رنگ کرم تا سفید	۲/۳۵	۲
تریاس - ژوراسیک	TRJs	شیل، ماسه سنگ، سیلت سنگ، شیل کربن‌دار، رس سنگ، کوارتزیت، کنگلومرا، رگه‌ها و عدسی‌های زغال سنگ (سازند شمشک)	۴۹/۱	۴۲/۳
تریاس آغازین و میانی	TRe	سنگ آهک دولومیتی ضخیم لایه تا توده‌ای شکل، دولومیت، سنگ آهک (سازند الیکا)	۴۵/۴۵	۳۹/۲
پرمین	Pel	سنگ‌آهک باچرت، شیل‌های مارنی و ماسه‌ای (سازند نسن)	۱/۴	۱/۲

داده‌ها و روش‌ها

شبیه‌سازی سیلاب با استفاده از مدل‌های اتومات سلولی و SCS نیاز به داده‌های کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، DEM، داده‌های بارش و ضریب زبری حوضه داشت که همه این لایه‌ها در قالب رستر و با اندازه سلول ۳۰×۳۰ متر تهیه شدند. بر اساس روش SCS، ارتفاع رواناب و خطر سیلاب در حوضه آبریز به‌دست آمد. یاد این نکته ضروری است که برای برآورد ارتفاع رواناب در مدل SCS از داده‌های حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته منطقه مورد مطالعه طی دوره آماری ۳۵ ساله (۱۳۶۲-۱۳۹۶) و همچنین اطلاعات کاربری اراضی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۵ در کنار اطلاعات مربوط به بافت خاک و گروه‌های هیدرولوژیک آن، گروه رطوبتی خاک، شیب و پوشش اراضی استفاده شد. در نهایت، بر اساس مدل موج سینماتیک، عمق جریان و بر طبق معادله مانینگ و عمق جریان رواناب در سلول‌ها، سرعت جریان محاسبه شد و از روی سرعت جریان، هیدروگراف سیل ترسیم گردید.

روش SCS

بهترین روش برای محاسبه بارش اضافی سلول استفاده از رابطه SCS است؛ بدین‌منظور لازم است نقشه CN به‌دست آید. سازمان حفاظت خاک آمریکا (SCS) در سال ۱۹۷۲ برای تخمین رواناب از روی رگبارها، ویژگی‌های نفوذپذیری خاک، پوشش گیاهی و مدیریت کشت حوضه‌های آبخیز روشی ارائه کرده است (قهرودی، ۱۳۸۵). این سازمان پس از مطالعه‌های فراوان، روی رگبارها (P) و جریان سطحی ناشی از آن‌ها (Q)، رابطه بین این دو را تقریباً خط فرض کرد و به شکل رابطه ۱ ارائه نمود.

$$Q = \frac{(P-0.2S)^2}{(P+0.8s)} \quad (۱)$$

در این رابطه، Q ارتفاع رواناب به میلی‌متر، P حداکثر بارش ۲۴ ساعته به میلی‌متر و S عامل مربط به نگهداشت آب در خاک بر حسب میلی‌متر است که از روی مشخصه‌های خاک، پوشش گیاهی، شیب و شرایط رطوبت پیشین خاک عدد بی‌بعدی به نام شماره منحنی (CN) تعیین می‌باشد که با استفاده از آن و به کمک رابطه ۲ می‌توان S را به‌دست آورد.

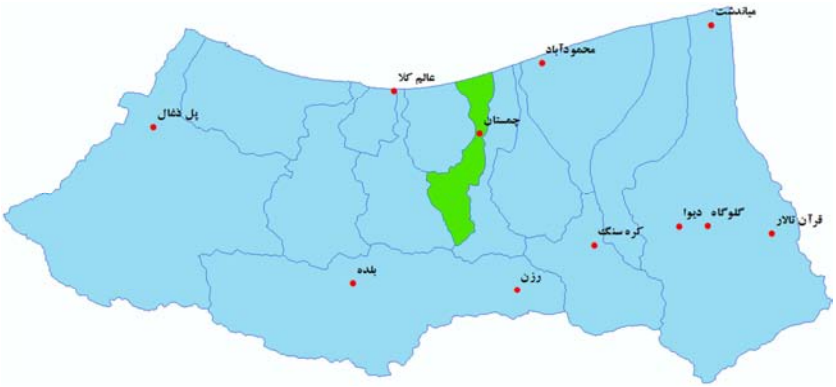
$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (۲)$$

بدین منظور، نخست با استفاده از نقشه بافت خاک اداره منابع طبیعی استان مازندران و نیز بازدیدهای میدانی با بهره‌گیری از جدول سازمان حفاظت خاک آمریکا، نقشه گروه‌های هیدرولوژیکی خاک (Hydrographic Soil Groups) حوضه آبخیز لاویج تعیین می‌شود. همچنین نقشه کاربری اراضی حوضه آبخیز لاویج با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ASTER و نیز از اداره منابع طبیعی استان مازندران تهیه می‌شود. سپس بر اساس تلفیق لایه HSG و کاربری اراضی در محیط GIS، نخست نقشه CN برای شرایط نرمال (خاک دارای رطوبت متوسط باشد و شیب بیشتر

از ۵ درصد نباشد) تهیه می‌شود و بر اساس روش شرودر و لارسن (۱۹۹۰)، پس از بررسی فراوانی وقوع AMSها (رطوبت پیشین خاک[1])، وضعیت ماه‌های سال بر اساس نوع AMC خشک شناخته می‌شود و با توجه به شیب‌دار بودن اراضی حوضه آبخیز لاویج و به دلیل برقرار نبودن شرایط نرمال، تصحیح‌ها بر روی CN با بهره‌گیری از روابط رایج انجام می‌گیرد. بنابراین، از رابطه ۳ برای تبدیل CN نرمال به CN خشک (CN_I) استفاده می‌شود.

$$CN_I = \frac{N_{II}}{2.3-0.013 \times CN_{II}} \quad (۳)$$

داده‌های حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته ۱۱ ایستگاه باران‌سنجی همجوار با موقعیت حوضه موردمطالعه از ابتدای ثبت آمار آن‌ها تا سال ۱۳۹۶ از شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران جمع‌آوری‌شده‌اند. شکل ۲ موقعیت این ایستگاه‌ها را نسبت به لاویج‌رود نشان می‌دهد. پس از بررسی این داده‌ها، رخدادهای حداکثر بارش ۲۴ ساعته طی دوره آماری مشترک ۳۵ ساله (۱۳۶۲ تا ۱۳۹۶) میان ۱۱ ایستگاه مورد استفاده شناسایی شدند. در ادامه، جهت تهیه لایه‌های حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته برای هرسال از دوره آماری ۳۵ ساله در سطح منطقه موردمطالعه، از روش‌های زمین‌آمار[2] درون‌یابی در محیط ArcMap استفاده شد.



شکل ۲: موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی اطراف لاویج‌رود که داده‌های رخدادهای حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته آن‌ها طی دوره آماری ۳۵ ساله (۱۳۶۲ تا ۱۳۹۶) با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ با تابع دایره‌ای برای شبیه‌سازی سیلاب در این حوضه استفاده‌شده است.

مقایسه مقادیر RMSE به‌دست‌آمده از سه روش درون‌یابی IDW، RBD و Kriging (دایره‌ای[3]، کروی[4] و گوسین[5])، نشان می‌دهد که روش کریجینگ با تابع دایره‌ای دارای کمترین خطا و بیشترین دقت در درون‌یابی داده‌های حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته در این پژوهش است (جدول ۲). یادآوری این نکته ضروری می‌نماید که دلیل استفاده از آمار ۳۵ ساله حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته ۱۱ ایستگاه نامبرده این است که داده‌های بارندگی از پراکنش مکانی مناسب در

1. Antecedent Moisture Condition
2. Geostatistical methods
3. Circular
4. Spherical
5. Gaussian

سطح منطقه موردمطالعه برخوردار بوده و تأثیر شرایط توپوگرافی را بر روی میزان بارش دریافتی در بخش‌های مختلف حوضه آبخیز لاویج (از مناطق مرتفع و کوهستانی گرفته تا مناطق دشتی و جلگه‌ای) به‌خوبی منعکس سازد.

جدول ۲: معیارهای آماری بررسی عملکرد و دقت روش‌های زمین‌آمار در درون‌یابی مقادیر حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته

روش / آماره	IDW	RBD	Kriging		
			Circular	Spherical	Gaussian
میانگین	۹	۲/۶	۳/۳	۱/۱	۱/۱
جذر میانگین مربعات	۳۶/۲	۳۳	۳۲	۳۲/۸	۳۲/۸
میانگین استاندارد	–	–	۰/۱	۰	۰
جذر میانگین مربعات استاندارد	–	–	۱	۱/۳	۱/۳
میانگین خطای استاندارد	–	–	۳۳/۶	۲۴/۴	۲۵/۳

شبیه‌سازی سیلاب با استفاده از روش SCS نیاز به داده‌های کاربری اراضی، گروه‌های هیدرولوژیک خاک، DEM، داده‌های بارش و ضریب زبری حوضه دارد که همه این لایه‌ها در قالب رستر و با اندازه سلول ۳۰×۳۰ متر تهیه می‌شوند. بر اساس روش SCS، ارتفاع رواناب و خطر سیلاب در حوضه آبریز به دست می‌آید. یادآوری این نکته ضروری است که برای برآورد ارتفاع رواناب در مدل SCS از داده‌های حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته منطقه موردمطالعه طی دوره آماری ۳۵ ساله (۱۳۶۲-۱۳۹۶) و همچنین اطلاعات کاربری اراضی استخراج‌شده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat سال‌های ۱۳۶۷ و ۱۳۸۵ در کنار اطلاعات مربوط به بافت خاک و گروه‌های هیدرولوژیک آن، گروه رطوبتی خاک، شیب و پوشش اراضی استفاده می‌شود. از آمار رگبار و سیلاب اخذشده از شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران (رویدادهای هم‌زمان ثبت‌شده) برای ارزیابی دقت روش SCS در شبیه‌سازی سیل حوضه لاویج بر اساس ضریب همبستگی میان دبی اوج و زمان آن (مشاهداتی و محاسباتی) استفاده می‌شود.

مهم‌ترین پارامتر موردنیاز جهت برآورد رواناب با استفاده از مدل SCS و در ادامه شبیه‌سازی سیلاب در حوضه آبخیز موردبررسی، گروه هیدرولوژیک خاک می‌باشد. به‌منظور تعیین گروه هیدرولوژیک خاک در حوضه آبخیز لاویج‌رود، نقشه بافت خاک از اداره منابع طبیعی استان مازندران اخذ شد. بر اساس بافت خاک و دو پارامتر نفوذپذیری[1] (جدول ۳) و آبگذری[2] (جدول ۴)، ویژگی‌های خاک مشخص و گروه هیدرولوژیک آن تعیین گردید. برای تهیه لایه شماره منحنی نیاز به داده‌های گروه هیدرولوژیک خاک، انواع پوشش اراضی، کاربری اراضی و شرایط رطوبتی اولیه خاک در سطح حوضه آبخیز وجود دارد. در ابتدا، نقشه CN برای شرایط نرمال (خاک دارای رطوبت متوسط بوده و شیب بیشتر از ۵ درصد نباشد)، از تلفیق نقشه‌های گروه هیدرولوژیک خاک (HSG) و کاربری اراضی و به کمک جدول‌های SCS (جدول ۵) تهیه گردید (Hjelmfelt and Mockus, 2004).

1. Permeability
2. Water flow/ Drainage

جدول ۳: میزان نفوذ جریان آب در عمق خاک بر اساس بافت خاک (نفوذپذیری) (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷)

بافت خاک	عمق نفوذ آب در خاک (اینچ/ ساعت)
شن، شن لومی	۰/۰۵
شن ریز لومی، لوم شنی درشت، بافت تقریباً شنی (گراول)	۰/۱
لوم شنی، لوم رسی و شنی، لوم شنی ریز، رس سیلتی، رس شنی، رس	۰/۱۵
لوم، لوم سیلتی، سیلت، لوم رسی و سیلتی، لوم رسی	۰/۲

جدول ۴: تعیین افق سطحی آبگذری خاک با توجه به نوع بافت خاک (آبگذری) (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷)

بافت خاک	نفوذپذیری
رس سیلتی، رس، رس شنی	خیلی آرام
رس، رس شنی، رس سیلتی	آرام
رس، رس سیلتی یا رس شنی، لوم رسی و سیلتی، لوم رسی	آرام متوسط
لوم سیلتی، لوم، لوم رسی و شنی، لوم رسی و سیلتی	متوسط
لوم شنی درشت تا متوسط، لوم شنی ریز، لوم شنی خیلی متغیر	سریع متوسط
شن ریز، شن ریز لومی، بافت ریز لومی	سریع
شن درشت یا متوسط، بافت تقریباً شنی (گراول)	خیلی سریع

جدول ۵: شماره منحنی گروه‌های هیدرولوژیک خاک بر اساس ویژگی‌های اراضی (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۷)

خصوصیات پوشش سطح حوضه	A	B	C	D
پوشش جنگلی متوسط	۳۶	۶۰	۷۳	۷۹
پوشش جنگلی خوب	۲۵	۵۵	۷۰	۷۷
مراتع طبیعی با پوشش متوسط	۴۹	۶۹	۷۹	۸۴
مراتع طبیعی با پوشش خوب	۳۹	۶۱	۷۴	۸۰
پشت بام‌ها، پارکینگ‌ها و دیگر جاده‌های آسفالتی	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸
مناطق مسکونی با ۶۵ درصد آسفالت	۷۷	۸۵	۹۰	۹۲
مناطق مسکونی با ۲۰ آسفالت	۵۱	۶۸	۷۹	۸۴
خیابان‌ها و جاده‌های آسفالتی	۹۸	۹۸	۹۸	۹۸
جاده‌های خاکی	۷۲	۸۲	۸۷	۸۹
جاده‌های شوسه	۷۶	۸۵	۸۹	۹۱

روش اتومات سلولی

در اتومات سلولی فضا به‌صورت یک شبکه تعریف می‌گردد که به هر خانه آن، یک سلول گفته می‌شود. شبکه سلول‌ها می‌تواند ابعاد متفاوتی داشته و یک، دو و یا سه‌بعدی باشد. همچنین اشکال مختلفی از شبکه وجود دارد که به طبیعت پدیده فیزیکی وابسته است. شبکه مربعی، رایج‌تر از دو نوع دیگر مثلثی و شش‌گوشه می‌باشد. در این پژوهش، مدل رقومی ارتفاع منطقه (DEM) و لایه‌های رستری حاصل از همه پارامترهای مؤثر، به‌صورت یک شبکه-بندی دوبعدی با ابعاد مشخص ۳۰×۳۰ متر، تشکیل‌دهنده فضای سلولی مدل اتومات سلولی پیشنهادی است. در CA

می‌توان از ساختارهای مختلفی برای همسایگی استفاده نمود. نوع همسایگی اهمیت بالایی در بروز نمودن حالت یک سلول دارد؛ زیرا تعیین‌کننده تعداد همسایگان شرکت‌کننده در قانون انتقال محلی بوده و بر روی شبکه انتقال مابین سلول‌ها تأثیرگذار است. معمول‌ترین آن‌ها همسایگی ون نیومن، مور، اسمیت و کول می‌باشد. با توجه به طبیعت پیکسلی داده‌های سنجش‌ازدور و دیگر منابع و هم‌چنین برنامه‌نویسی آسان‌تر، بیشتر مدل‌های CA در یک شبکه دوبعدی تشکیل می‌شوند. در این تحقیق نیز از یک اتومات سلولی دوبعدی مربعی شکل با شعاع همسایگی یک و شکل همسایگی مور یا هشت‌تایی استفاده می‌شود. با در نظر گرفتن احتمال پخش و انتقال آب در همه جهت‌ها (هر هشت سلول کناری)، شکل همسایگی مور انتخاب می‌گردد. تراز آب در سلول‌ها (H) به‌عنوان حالت سلول در نظر گرفته‌شده و از طریق رابطه ۴ محاسبه می‌شود. در این رابطه Z ارتفاع سلول مرکزی است که با توجه به DEM حوضه مشخص می‌شود. Hp ارتفاع ناشی از بارش باران در سلول و Hn ارتفاع آب دریافتی از سلول‌های همسایه است.

$$H = Z + Hp + Hn \qquad (۴)$$

بدین منظور، برای محاسبه رواناب ناشی از بارش در سلول‌ها از مدل موج سینماتیک استفاده می‌شود. با استفاده از این مدل می‌توان به شبیه‌سازی پیشروی جریان اقدام کرد. اغلب عرصه‌های پخش فاقد شیب جانبی است و فقط دارای شیب طولی است. بنابراین، می‌توان جریان یک‌بعدی و در دو جهت شیب طولی زمین فرض کرد. جریان یک‌بعدی با سطح آزاد از معادلات St. Venant پیروی می‌کند و شامل دو معادله بقای جرم و مومنتم است. یکی از شیوه‌های حل این معادله‌ها، فرض موج سیمانتیک یا جریان نرمال است. در این روش فرض می‌شود که جمله‌های شتاب و گرادیان عمق جریان در معادله کلی مومنتم در مقابل سایر اجزای معادله قابل‌چشم‌پوشی هستند؛ بدین ترتیب می‌توان جریان را یکنواخت فرض نمود. عمق جریان را می‌توان از رابطه‌ای که اورتون و میدوز ارائه کرده‌اند، به دست آورد (رابطه ۵).

$$y = (ni_e x/S_0^{0.5})^{0.6} \qquad (۵)$$

در این رابطه y عمق جریان رواناب برحسب متر، i_e شدت بارش اضافی برحسب متر بر ثانیه، n ضریب زبری مانینگ، x فاصله هر سلول در طول مسیر جریان از خروجی برحسب متر و S_0 شیب بدون بعد است.

قوانین انتقال CA در واقع نحوه گسترش پارامتر موردبررسی را نشان می‌دهد. قوانین انتقال یا تعیین جهت جریان بر اساس فرضیه انتقال آب از یک سلول با بار پتانسیل بزرگ‌تر به سلول مجاور دارای بار پتانسیل کوچک‌تر انجام می‌گیرد. درصورتی‌که چندین سلول همسایه دارای بار پتانسیل کمتر نسبت به سلول مرکزی باشد، آب به سلولی که اختلاف بار بیشتری با سلول مرکزی دارد، جریان می‌یابد. برای سلول‌های همسایه قطری، اختلاف ارتفاع پس از تقسیم‌بر جذر ۲ با سلول‌های دیگر مقایسه می‌شود. در اینجا قوانین اتومات سلولی همان قوانین فیزیکی شناخته‌شده در هیدرولوژی است که برای مدل‌سازی رواناب به‌منظور تجمیع بارش مازاد از سطح حوضه از روش D8 استفاده می-

شود؛ یعنی بارش مازاد در جهت شیب حرکت می‌کند و تجمیع می‌شود. روش تعریف شبکه زهکشی روش SFD8[1] نامیده می‌شود. الگوریتم D8 متداول‌ترین روش برای تعیین جهت جریان است که در این پژوهش از افزونه Arc Hydro که از الگوریتم D8 استفاده می‌کند و در محیط GIS به‌منظور تعیین جهت جریان در سطح حوضه آبخیز لاویج استفاده می‌شود. در هر گام زمانی و بعد از تعیین حالت‌ها، توزیع جریان بر اساس قانون انتقال (در جهت بیشترین شیب) صورت می‌گیرد. در این مرحله برای محاسبه زمان پیمایش به عرض سلول‌ها و سرعت نیاز است. زمان پیمایش، زمانی است که طول می‌کشد آب از یک نقطه حوضه به نقطه دیگر حوضه طی کند. درواقع، زمان پیمایش جزئی از زمان تمرکز است. زمان پیمایش از نسبت طول جریان به‌سرعت جریان به دست می‌آید. بنابراین، با معلوم شدن عمق جریان در مرحله قبل، با استفاده از رابطه مانینگ، سرعت جریان طبق رابطه ۶ به دست می‌آید. در این رابطه n ضریب مانینگ است و بر اساس جدول ۶ مشخص می‌شود.

$$v = 1/nR^{2.3}S0^{1.2}={}^{1}/_{n}y^{2.3}S0^{1.2}={}^{1}/_{n}(ni_{e}x/S0^{0.5})^{0.4}S0^{1.2}=(i_{e}x)^{0.4}S0^{0.3(0.6)}/n \qquad (۶)$$

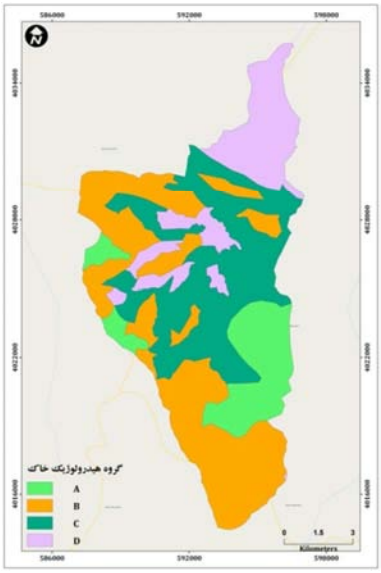
نتایج و بحث

نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوضه بر اساس لایه خصوصیت‌های بافت و عمق خاک (نفوذپذیری و آبگذری) آماده شد که در شکل ۳ آورده شده است. حوضه موردبررسی دارای چهار گروه هیدرولوژیکی خاک شامل A، B، C و D می‌باشد که ازنظر وسعت و گستردگی، گروه C دارای بیشترین مساحت است که پتانسیل تولید رواناب نسبتاً بالایی دارد. با انطباق نقشه‌های گروه هیدرولوژیک خاک و زمین‌شناسی حوضه، می‌توان بیان نمود که لایه مارن در گروه هیدرولوژیک D، لایه‌های شیل، شیل‌های مارنی و ماسه‌ای، رس‌سنگ و سنگ آهک‌های دولومیتی ضخیم لایه در گروه هیدرولوژیک C، ماسه‌سنگ، کنگلومرا و شیل‌های کربن‌دار در گروه هیدرولوژیک B و رسوب‌های آبرفتی جدید کواترنری در گروه هیدرولوژیک A جای دارند. در ادامه، بر اساس تلفیق نقشه‌های HSG و کاربری اراضی و به کمک جداول SCS، نخست نقشه CN برای شرایط نرمال تهیه شد. با توجه به شیب‌دار بودن حوضه آبخیز لاویج‌رود و به دلیل برقرار نبودن شرایط نرمال، نخست با دخالت دادن شیب، شماره منحنی تعدیل شد و سرانجام شماره منحنی برای شرایط رطوبت متوسط خاک تهیه گردید. شکل ۴ نقشه شماره منحنی تعدیل‌شده برای حوضه موردبررسی را نشان می‌دهد.

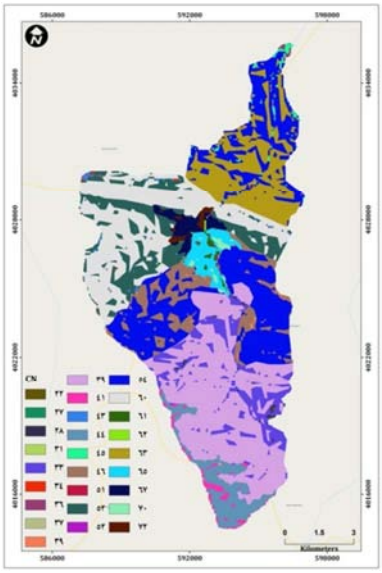
همچنین، نقشه نگهداشت سطحی خاک از روی نقشه شماره منحنی برای شرایط رطوبت پیشین خاک گروه مرطوب محاسبه‌شده است. سپس بر اساس نقشه نگهداشت سطحی خاک و نقشه‌های رستری، رخدادهای حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه‌های منطقه مطالعاتی، میزان ارتفاع رواناب به دست آمد. نقشه‌های رستری (درون‌یابی شده با استفاده از روش زمین‌آمار کریجینگ و تابع کروی) رخدادهای حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته در شکل ۵ و نقشه‌های رواناب به‌دست آمده (با استفاده از مدل برآورد ارتفاع رواناب SCS) در شکل ۶ آورده شده است. انطباق و همپوشانی لایه‌های رستری بارندگی، شماره منحنی، نگهداشت سطحی و رواناب حوضه نشان می‌دهد درجاهایی که مقدار شماره منحنی زیاد است، نگهداشت سطحی خاک پایین و درنتیجه میزان رواناب بالا است. البته نکته مهم دیگری که در

[1]. Single Flow Direction chosen from 8 possibilities

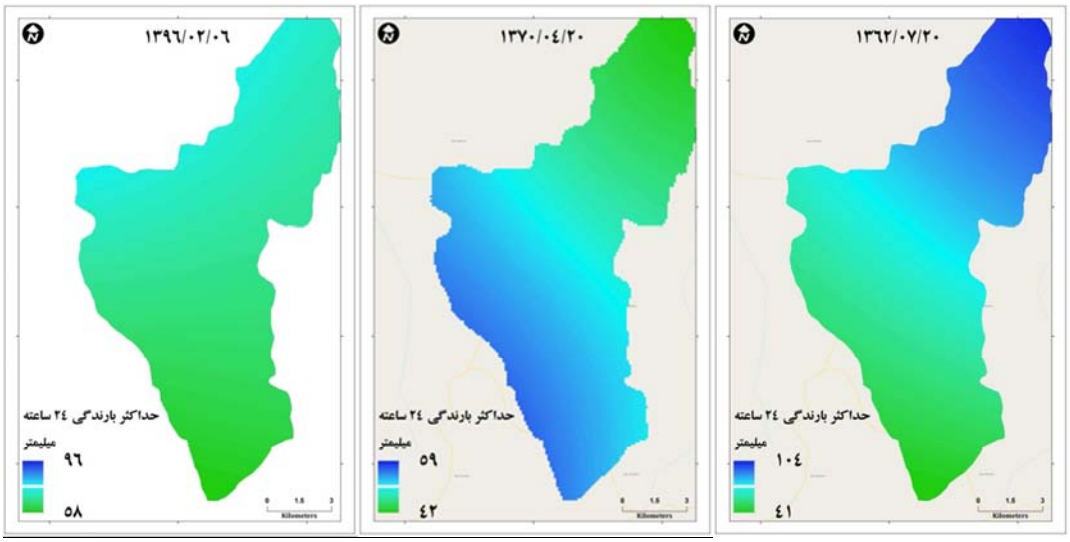
ارتباط با پتانسیل تولید رواناب در سطح حوضه وجود دارد، این است که در طی یک رخداد بارش معین، میزان بارش دریافتی در قسمت‌های مختلف حوضه متفاوت است. این تفاوت به صورتی است که ممکن است در یک رخداد بارشی، قسمت‌های جنوبی حوضه مقدار بارش بیشتری نسبت به قسمت‌های شمالی آن دریافت کنند و یا بالعکس. بنابراین، اگر به نقشه‌های درون‌یابی رخدادهای حداکثر ۲۴ ساعته توجه شود، می‌توان این تفاوت را در مقایسه بین رخدادهای بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته در تاریخ‌های بررسی‌شده مشاهده نمود. به تبعیت از این تفاوت، حداکثر رواناب هم می‌تواند در سطح حوضه متغیر باشد.



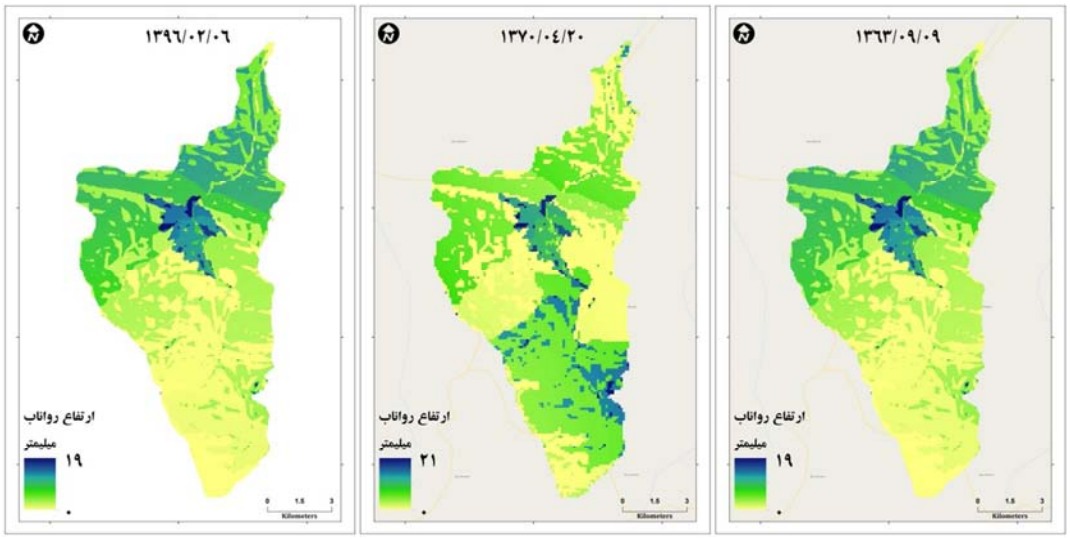
شکل ۳: (راست): نقشه گروه‌های هیدرولوژیک خاک حوضه آبخیز لاویج‌رود



شکل ۴: (چپ): نقشه شماره منحنی تعدیل‌شده بر اساس شیب اراضی و گروه رطوبتی III

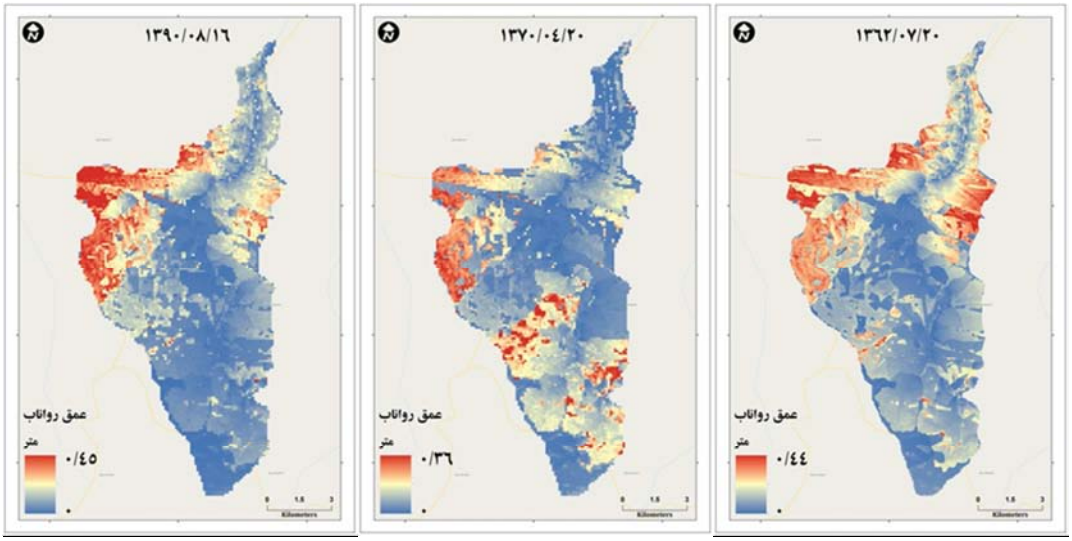


شکل ۵: نمونه‌ای از نقشه‌های درون‌یابی رخدادهای حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته در حوضه آبخیز لاویج‌رود



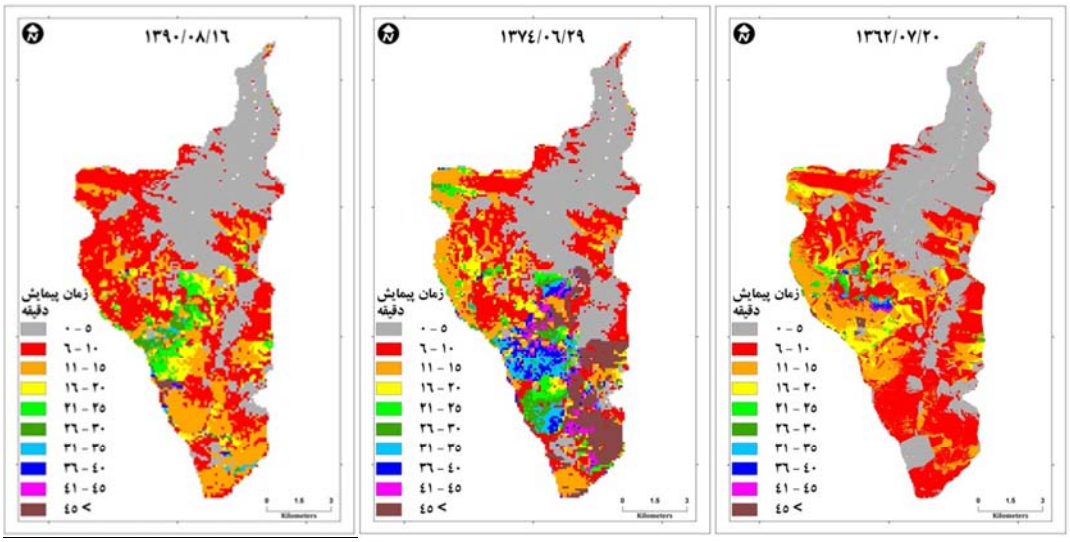
شکل ۶: نمونه‌ای از نقشه‌های پتانسیل تولید رواناب در حوضه آبخیز لاویج‌رود

پس از آماده شدن لایه‌های رواناب برای ۳۵ رخداد، حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته طی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۶ در حوضه آبخیز لاویج‌رود، شبیه‌سازی سیلاب این حوضه با استفاده از مدل اتومات سلولی نیاز به لایه‌های عمق جریان، سرعت جریان و زمان پیمایش داشت. از روی شدت بارش اضافی در سلول‌ها (ارتفاع رواناب)، شیب، ضریب زبری مانینگ و طول جریان، لایه عمق جریان رواناب به‌دست آمد که بر اساس مدل موج سینماتیک است و ارتفاع رواناب ناشی از بارش در سلول‌ها را نشان می‌دهد (شکل ۷).



شکل ۷: نمونه‌ای از نقشه‌های عمق رواناب در حوضه آبخیز لاویج‌رود

همچنین، برای شبیه‌سازی سیلاب و ترسیم هیدروگراف آن به زمان پیمایش حوضه نیاز است. زمان پیمایش، زمانی است که طول می‌کشد آب از یک نقطه تا نقطه دیگری از حوضه را طی کند. زمان پیمایش از نسبت طول جریان به سرعت جریان به‌دست می‌آید (رابطه ۷). بدین منظور، از روی مدل ارتفاعی رقومی طول جریان آبراهه‌ها به‌دست آمد و سرعت جریان نیز با استفاده از ضریب زبری مانینگ، شیب و عمق جریان در محیط نرم‌افزاری ArcMap محاسبه شد. سپس نقشه رستری زمان پیمایش برای ۳۵ رخداد حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته موردمطالعه ترسیم شد که نقشه آن‌ها با کلاس‌بندی ۵ دقیقه فواصل زمانی در شکل ۸ آورده شده است.

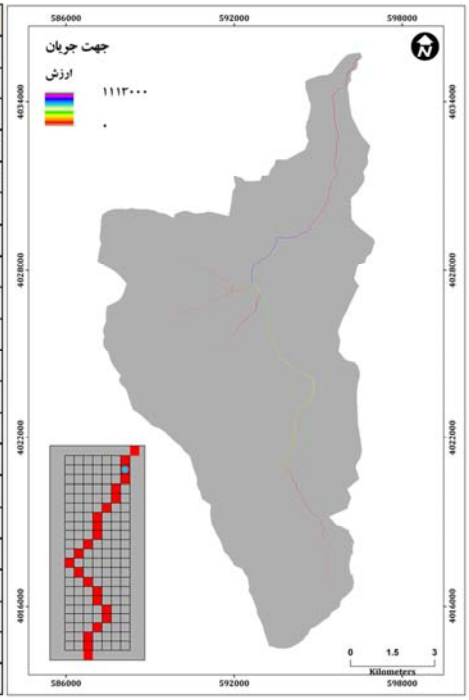


شکل ۸: نمونه‌ای از نقشه‌های زمان پیمایش حوضه آبخیز لاویج‌رود

$$\text{Travel time} = L/3600V \qquad (۷)$$

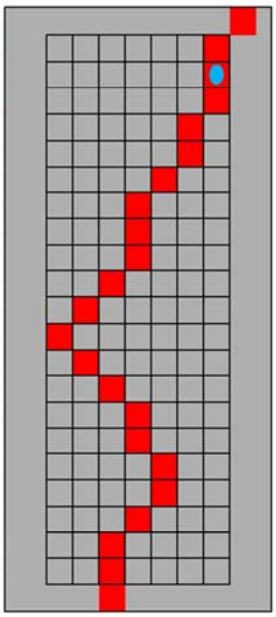
که در این رابطه، Travel Time زمان پیمایش به دقیقه، L لایه طول جریان استخراج‌شده از مدل رقومی ارتفاع و V سرعت جریان برحسب متر بر ثانیه است. با اجرای مدل اتومات سلولی، دبی متناظر با هرکدام از رخدادهای حداکثر بارش ۲۴ ساعته به‌صورت سری زمانی برای سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۶ استخراج‌شده است. برای رسیدن به این مرحله، تعداد ۳۵ نقشه جهت جریان و نقشه رستری رواناب تولید گردید. در نقشه جهت جریان تجمعی هر سلول بیانگر مسیر جریان است که به‌روش D8 تعیین گردید که نمونه‌ای از آن برای اطراف ایستگاه آغوزکتی - تنگه لاویج (ایستگاه هیدرومتری واقع در خروجی حوضه آبخیز لاویج‌رود) در شکل ۹ آورده شده است. شکل ۱۰ مقدار دبی سیلابی محاسبه‌شده در محدوده اطراف ایستگاه آغوزکتی برای رخداد بارش حداکثر ۲۴ ساعته درتاریخ ۱۳۸۱/۰۶/۱۶ را نشان می‌دهد. با دقت در مقادیر این نقشه، مشاهده می‌شود سلول‌هایی که در مسیر آبراهه قرار نگرفته‌اند رواناب بسیار ناچیزی دارند؛ درحالی‌که برای سلول‌های واقع در آبراهه، رواناب قابل‌ملاحظه‌ای دیده می‌شود. مطابق این شکل، مقدار دبی سیلابی برای این رخداد بارندگی در ایستگاه آغوزکتی ۳/۴۲ مترمکعب بر ثانیه است. با توجه به اینکه مقدار رواناب محاسبه‌شده توسط رابطه SCS رواناب ناشی از بارش بوده و مقدار دبی پایه در نظر گرفته نشده است؛ بنابراین برای ارزیابی دقت نتایج با داده‌های مشاهداتی لازم است که مقدار دبی پایه ایستگاه آغوزکتی تعیین و به مقادیر دبی سیلابی اضافه گردد. در این مطالعه از روش حداقل محلی که یک روش ساده و دارای دقت قابل‌قبول است، برای محاسبه دبی پایه استفاده شد. مشخصه‌های آماری دبی‌های مربوط به ۳۵ رخداد حداکثر بارش ۲۴ ساعته به‌کار گرفته‌شده در این پژوهش در جدول ۷ آورده شده است.

	0	1	2	3	4	5	6
0	68	77	212	74	29	198195	683501
1	66	221	88	30	6	251239	738381
2	96	222	69	4	88079	258059	690036
3	202	85	30	3	208790	683486	269085
4	198	63	2	88078	279740	690028	214792
5	64	28	88077	216376	665325	223493	96643
6	26	1	198179	683460	290711	96647	7
7	1	0	251226	738339	284822	9	10
8	0	88075	262423	701617	259944	3	7
9	88075	216373	646175	223473	96137	1	2
10	216367	646167	223472	96638	2	1	1
11	633233	294048	135531	8	5	3	1
12	218121	646017	221668	94438	9	3	1
13	90041	218046	645998	221668	93943	8	8
14	35	90059	258848	688497	222684	19	14
15	4	1	198940	684459	288171	94424	5
16	2	1	90059	258847	739539	213767	5
17	1	0	88032	262305	757760	246333	16
18	1	88031	216268	645866	253401	96597	6
19	0	198077	683110	268949	96106	6	2
20	0	251096	737962	270949	15	10	3



شکل ۹: نمایش جهت جریان تجمعی حوضه لاویج‌رود و محدوده اطراف ایستگاه هیدرومتری آغوزکتی

	0	1	2	3	4	5	6
0	0.000217	0.000237	0.000694	0.00021	0.000046	0.43348	3.257827
1	0.000193	0.00073	0.000258	0.000058	0.000017	0.583391	3.422294
2	0.000396	0.000734	0.000159	0.000013	0.106112	0.737543	3.27893
3	0.000667	0.000338	0.000057	0.000011	0.326651	2.257776	0.789621
4	0.000655	0.000233	0.000007	0.141694	0.703288	2.278903	0.486763
5	0.000182	0.000097	0.141694	0.589771	2.191172	0.63128	0.162887
6	0.000048	0.000004	0.433435	2.257691	0.760554	0.162918	0.00002
7	0.000002	0.000001	0.583355	2.422159	0.506402	0.000027	0.000032
8	0.000001	0.106951	0.698555	2.314078	0.460681	0.000007	0.000022
9	0.141687	0.589761	2.119624	0.631218	0.125672	0.000002	0.000007
10	0.589746	2.119598	0.63122	0.159238	0.000007	0.000003	0.000004
11	2.099249	0.927061	0.320238	0.000025	0.000007	0.000009	0.000003
12	0.599946	2.119244	0.620828	0.157439	0.000028	0.00001	0.000005
13	0.146742	0.599657	2.119181	0.620827	0.121896	0.000023	0.000026
14	0.000067	0.146569	0.742441	2.273063	0.374779	0.000062	0.000046
15	0.000012	0.000002	0.438107	2.261939	0.750325	0.157379	0.000013
16	0.000006	0.000002	0.146569	0.742437	2.451592	0.481192	0.000021
17	0.000004	0	0.106899	0.698233	2.425598	0.531568	0.00006
18	0.000005	0.141617	0.589469	2.118611	0.637208	0.16281	0.000024
19	0.000002	0.433205	2.25654	0.789224	0.125668	0.000025	0.000005
20	0.000001	0.583045	2.420919	0.647303	0.000053	0.000034	0.000013

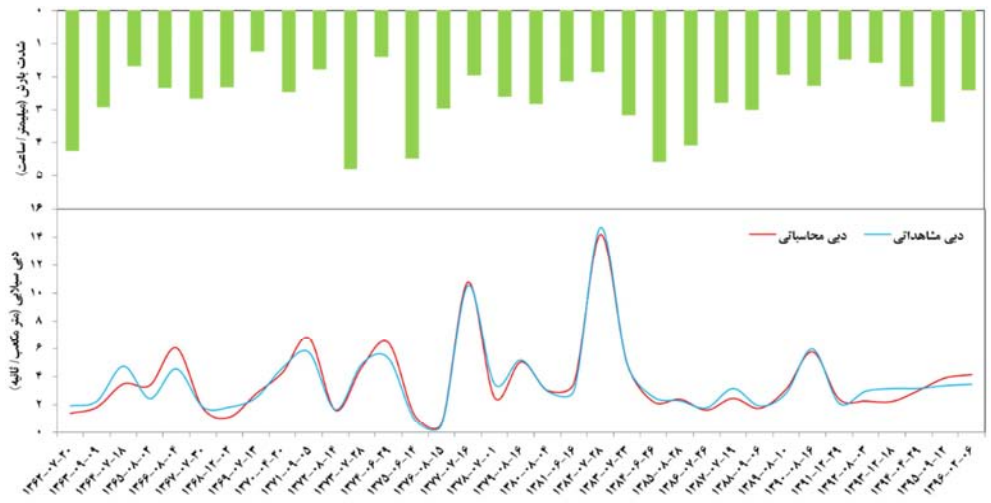


شکل ۱۰: مقدار دبی سیلابی محاسبه شده برای تاریخ ۱۳۸۱/۰۶/۱۶ در محدوده اطراف ایستگاه آغوزکتی

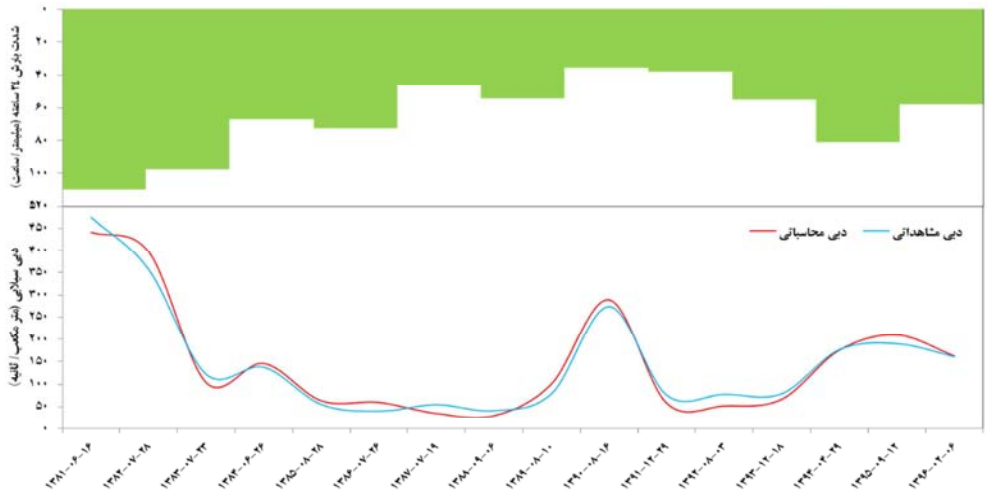
جدول ۷: مشخصات دبی‌های محاسباتی با اتومات سلولی در محل ایستگاه آغوزکتی لاویج

دبی/ آماره	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	ضریب چولگی
میانگین دبی در یک ساعت	۳/۸	۰/۷	۱۴/۲	۲/۹	۲/۱
دبی حداکثر بارش ۲۴ ساعته	۹۰/۹	۱۵/۵	۳۴۰/۹	۷۰/۴	۲/۱

سرانجام، بر اساس نقشه عمق جریان و زمان پیمایش حوضه، در محیط پایتون سری زمانی رخدادهای حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته برای دوره آماری ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۶ ترسیم شد. با بررسی آمارهای رگبار و سیلاب اخذشده از شرکت آب منطقه‌ای استان مازندران، اطلاعات رویدادهای هم‌زمان ثبت‌شده با این داده‌ها استخراج شدند. مقایسه دبی‌های سیلابی مشاهداتی و محاسباتی به‌صورت میانگین دبی در یک ساعت و دبی حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته انجام گرفت که در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است. طبق این شکل‌ها، دبی سیلابی محاسبه‌شده با مدل اتومات سلولی هم برای وضعیت میانگین دبی در یک ساعت و هم برای مجموع دبی سیلابی حداکثر بارش ۲۴ ساعته مطابقت زیادی باهم دارند.



شکل ۱۱: سری زمانی دبی محاسباتی و مشاهداتی (میانگین دبی در یک ساعت) حوضه آبخیز لاویج‌رود در محل ایستگاه هیدرومتری آغوزکتی؛ این سری زمانی و همچنین هایتوگراف قابل‌مشاهده در بالای عکس، بر اساس داده‌های حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته طی سال-های ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۶ ترسیم‌شده است.



شکل ۱۲: سری زمانی دبی محاسباتی و مشاهداتی (دبی حداکثر بارش ۲۴ ساعته یا دبی کل) حوضه آبخیز لاویج‌رود در محل ایستگاه هیدرومتری آغوزکتی؛ این سری زمانی و همچنین هایتوگراف قابل‌مشاهده در بالای عکس، بر اساس داده‌های حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته طی سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۶ ترسیم‌شده است.

نتیجه‌گیری

حوضه لاویج‌رود تحت تأثیر شرایط خاص زمین‌شناسی، آب و هوایی، هیدرولوژیک، پوشش گیاهی و ژئومورفولوژیک به‌صورت یک سیستم درآمده است. پایین بودن معدل حداقل دما در فصول سرد سال باعث یخبندان و بالای صفر بودن معدل حداکثر دما در همین فصول باعث ذوب یخ می‌شود. درنتیجه این انقباض و انبساط، خاکدانه‌ها تخریب‌شده و توسط آب‌های جاری حمل می‌شوند و در دوره گرم سال هم بارش‌های رگباری بر روی شیب زیاد دامنه‌های حوضه، باعث ایجاد سیلاب می‌شوند. با توجه به سیل‌خیز بودن حوضه لاویج، به‌ویژه در طی بارش‌های رگباری، هدف اصلی از این مطالعه، نشان دادن امکان استفاده از روش SCS برای شبیه‌سازی سیلاب‌های ناشی از بارش‌های حداکثر ۲۴ ساعته طی سال‌های ۱۳۶۲ و ۱۳۹۶ در سطح حوضه بوده است. این مطالعه نشان داد که یک فرآیند پیچیده طبیعی همچون سیلاب/ رواناب می‌تواند با روش SCS و با استفاده از یک مدل رقومی ارتفاع و لایه-های رستری که بطورکلی در دسترس هستند، تخمین گردد. لایه‌های خروجی به‌صورت رستری بوده و حامل اطلاعاتی است که منجر به شناسایی فرآیندهای طبیعی موردمطالعه می‌گردد.

در این پژوهش کارایی روش SCS به‌منزله روشی نوین و امکان تلفیق آن با اپلیکیشن‌های GIS برای شبیه‌سازی خطر سیلاب و هیدروگراف جریان برای حوضه آبخیز لاویج‌رود مطالعه شد. بخش زیادی از حوضه آبخیز لاویج‌رود دارای گروه هیدرولوژیکی C و D است که نفوذپذیری کم و خیلی کم دارند؛ بدین معنی که حجم زیادی از بارش در این قسمت‌ها می‌تواند تبدیل به رواناب شود؛ اگرچه پوشش جنگلی سطح حوضه این ضریب تبدیل را به میزان قابل‌توجهی کاهش داده است. با توجه به نقشه‌های ارتفاع رواناب این دوره ۳۵ ساله، نیمه شمالی به‌ویژه شمال غربی

حوضه، به دلیل قابلیت نفوذ کم و نیز نزدیکی به خروجی حوضه، دارای ارتفاع و عمق رواناب بسیار زیادی است. همچنین، خطر رواناب در مسیر رودخانه لاویج و در اراضی اطراف آن به‌ویژه در پایین‌دست جریان بالا است. شبیه-سازی رواناب در حوضه لاویج‌رود نشان داد که علاوه بر کاربری اراضی، خاک، نفوذپذیری و شیب، پراکنش مکانی مقدار بارش عامل مهمی در تجمع رواناب به یک سمت از جریان پایین‌دست حوضه و تولید سیلاب است. ازاین‌رو، اجرای کارهای مدیریتی در آبراهه‌های پایین‌دست و نواحی مجاور آن ضروری به نظر می‌رسد.

نتایج به‌دست آمده از این سری‌های زمانی با استفاده از روش SCS گویای این مطلب است که دبی مشاهداتی و دبی محاسباتی مطابقت زیادی با هم دارند و ارزیابی مدل نیز نشان‌دهنده دقت مناسب آن است. بین مقادیر مشاهده‌ای و برآوردی میانگین دبی در یک ساعت ۰/۸۱ درصد همبستگی در ایستگاه آغوزکتی مشاهده گردید که مبین آن است که رویکرد SCS علیرغم سادگی‌اش می‌تواند نتایج واقع‌گرایانه‌ای برای یک رویداد طبیعی پیچیده مانند رواناب فراهم نماید. همچنین درصد خطای مقادیر مشاهداتی و برآوردی میانگین دبی در یک ساعت ۱۴ است که دقت مناسب مدل را نشان می‌دهد. بررسی نقشه‌های زمان پیمایش نشان می‌دهد که در اکثر رخدادهای بارشی، زیرحوضه‌هایی که در نیمه شمالی یا نزدیک به خروجی حوضه قرارگرفته‌اند، زمان پیمایش کمتری دارند تا جریان تجمعی به خروجی حوضه برسد. مضاف بر این امر، جهت جریان تجمعی نیز سبب می‌شود تا رواناب‌های تولیدشده در بخش‌های جنوبی-تر و بالادست حوضه به سمت پایین‌دست سرازیر شده و تجمع جریان در بخش‌های نزدیک به خروجی حوضه باشد. با توجه به این موارد، زیرحوضه‌هایی که در پایین‌دست جریان حوضه آبخیز لاویج‌رود قرار دارند، پتانسیل سیل‌خیزی بیشتری نسبت به حوضه‌های بالادست دارند.

همچنین، خطر سیلاب در مسیر رودخانه لاویج و در اراضی اطراف آن به‌ویژه در پایین‌دست جریان بالا است. شبیه-سازی سیلاب در حوضه لاویج‌رود نشان داد که علاوه بر کاربری اراضی، خاک، نفوذپذیری و شیب، پراکنش مکانی مقدار بارش عامل مهمی در تجمع رواناب به یک سمت از جریان پایین‌دست حوضه و تولید سیلاب است. ازاین‌رو، اجرای کارهای مدیریتی در آبراهه‌های پایین‌دست و نواحی مجاور آن ضروری به نظر می‌رسد. مقایسه دبی‌های محاسبه‌شده از مدل اتومات سلولی با دبی‌های مشاهداتی و همچنین با تغییرهای زمانی، مقدار بارندگی (که بر روی مقدار رواناب و درنتیجه دبی سیلابی تأثیرگذار است) نشان می‌دهد که مدل اتومات سلولی به‌خوبی توانسته است که سیلاب‌های ناشی از بارش‌های حداکثر ۲۴ ساعته را در حوضه آبخیز لاویج‌رود شبیه‌سازی کند.

نتایج این پژوهش با نتایج پژوهشگرانی چون Aboudagga (۲۰۰۵)، Rinaldi و همکاران (۲۰۱۲)، Cirbus و Podhoranyi (۲۰۱۳)، اعلمی و همکاران (۱۳۹۴) و خالقی و ملکانی (۱۳۹۵) انطباق دارد که بیان می‌کند مدل اتومات سلولی نسبت به روش‌ها معمول که از محیط ArcGIS استفاده می‌کنند، از دقت بسیار زیادی برخوردار است و این مدل به‌خوبی قادر به ترسیم نموداری سری زمانی و یا هیدروگراف سیل است. بنابراین، می‌توان از اتومات سلولی برای پیش‌بینی رواناب در حوضه‌های فاقد آمار استفاده نمود و نتایج قابل‌اعتمادی هم به‌دست آورد. از نقشه خطر سیلاب به‌دست آمده نیز می‌توان به‌عنوان یکی از اطلاعات پایه و مهم در مطالعه‌های طرح‌های عمرانی استفاده کرد. در انتهای این پژوهش، پیشنهادهایی ارائه می‌شود که می‌تواند هم به افزایش کیفیت این پژوهش و پژوهش‌های

آینده کمک نموده و هم درنهایت به رویکردی جامع برای کاهش خسارت‌های ناشی از تولید رواناب و سیلاب در حوضه آبخیز لاویج‌رود منجر گردد.

* ازآنجایی‌که محدودیت و شرایط خاصی برای استفاده از روش‌های اتومات سلولی و SCS وجود ندارد، بنابراین در شبیه‌سازی و تخمین فرآیندهای پیچیده طبیعی قابل استفاده می‌باشد و می‌توان مشابه با پژوهش انجام‌شده با تغییر در قوانین آن جهت پهنه‌بندی سیلاب، تخمین رسوب و سایر پارامترهای هیدرولوژیکی و ژئومورفولوژیکی به‌کار برد. لیکن بایستی نهایت سعی و دقت را در تعیین و تهیه نیازهای اطلاعاتی ورودی صرف نمود.

* یکی از مهم‌ترین پارامترهای برآورد و شبیه‌سازی سیلاب، تعیین مقدار شماره منحنی بخش‌های مختلف حوضه برمبنای گروه هیدرولوژیک خاک و وضعیت رطوبت پیشین آن است. با توجه به این‌که وضعیت رطوبت پیشین خاک تأثیر بسیار زیادی در شماره منحنی و شبیه‌سازی مقادیر دبی سیلابی دارد، در این پژوهش سعی شد تا برای همه رخدادهای بارش، وضعیت رطوبت پیشین خاک یکسان در نظر گرفته نشود. افزایش دقت در این مورد مهم، نیاز به داشتن سری زمانی کامل از داده‌های رگبار و سیلاب ایستگاه‌های هیدرومتری دارد که در این پژوهش داده‌های ایستگاه اندازه‌گیری آغوزکتی بسیار مفید و کافی بودند. پیشنهاد می‌گردد در پژوهش‌های مشابه آینده، باید به این نکته مهم توجه گردد.

* در بخش پهنه‌بندی سیلاب در مسیر آبراهه‌ها با استفاده از مدل اتومات سلولی که در قالب جهت جریان تجمعی آن را ارائه می‌دهد، می‌توان محدوده گسترش سیلاب را برای بارش‌های حداکثر ۲۴ ساعته در دوره بازگشت‌های مختلف با استفاده از این مدل برآورد نموده و نتایج آن را نیز با مدل‌هایی همچون HEC-RAS مقایسه کرد.

منابع

اعلمی، محمدتقی؛ ملکانی، لیلا؛ قربانی، محمدعلی (۱۳۹۴). مدل‌سازی بارش - رواناب در حوضه لیقوان چای با استفاده از مدل اتومای سلولی، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره سه، سال چهارم، صص ۶۰-۷۳.

ثانی‌خانی، هادی؛ خراسانی، علی؛ دین‌پژوه، یعقوب (۱۳۹۱). شبیه‌سازی رواناب و فرسایش خاک با استفاده از روش اتوماتای سلولی، مجله پژوهش آب ایران، سال ششم، شماره ۱۱، صص ۱۲۳-۱۳۳.

حجازی، اسدالله؛ مزبانی، مهدی (۱۳۹۶). برآورد مقادیر ارتفاع و دبی حداکثر رواناب با استفاده از روش شماره منحنی (CN) (مطالعه موردی: حوضه آبریز سراب دره‌شهر)، هیدروژئومورفولوژی، شماره پنجم، صص ۶۳-۸۱.

حسین‌زاده محمدمهدی؛ نصرتی کاظم؛ ایمنی، سپیده (۱۳۹۷). تعیین شماره منحنی و برآورد پتانسیل رواناب حوضه آبخیز حصارک، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال هجدهم، شماره ۵۱، صص ۱۳۳-۱۵۰.

خالقی سمیه؛ ملکانی لیلا (۱۳۹۵). شبیه‌سازی خطر سیلاب با استفاده از مدل اتومات سلولی بر پایه GIS (مطالعه موردی: حوضه آبریز چرچر)، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال چهل و هشتم، شماره ۴، صص ۵۸۹-۶۰۵.

فهیمی‌فر، احمد؛ بحری، میرعباس؛ بخشایش اقبالی، نسرین (۱۳۸۵). تحلیل فرآیند حرکت و لغزش زمین‌لغزه‌ها بر پایه مدل اتومات سلولی، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین، وزارت صنایع و معادن، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

قهرودی تالی، منیژه (۱۳۸۵). ارزیابی مدل SCS-CN در تخمین رواناب مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد امیرکبیر (کرج)، جغرافیا و توسعه، سال چهارم، شماره ۷، صص ۱۸۵-۱۹۸.

مصطفی‌زاده، رئوف؛ میرزایی، شهناز؛ ندیری، پریا (۱۳۹۶). تعیین شماره منحنی از رویدادهای بارش و رواناب و تغییرات آن با مؤلفه‌های بارش در یک حوضه آبخیز جنگلی، نشریه علوم آب‌وخاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، شماره چهارم، صص ۱۵-۲۸.

Abou El-Magd, I., Hermas, E., and El Bastawesy, M., (2010), GIS-modeling of the spatial variability of flash flood hazard in Abu Dabbab catchment, Red Sea Region, Egypt, the Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol. 13, pp. 81-88.

Aboudagga, N. (2005). Simulations by cellular automata of the floods in littoral lagoon areas, www.isn-oldenburg.de/projects/earselabstracts2005/ABS-Aboudagga-Nader.html.

Cirbus, J., and Podhoranyi, M. (2013). Cellular Automata for the Flow Simulations on the Earth Surface, Optimization Computation Process. Applied Mathematics & Information Sciences, v. 7(6), p. 2149-2158.

Dewan, A.M., Islam, M.M., Kumamoto, T., and Nishigaki, M., (2007), Evaluating flood hazard for land-use planning in Greater Dhaka of Bangladesh using remote sensing and GIS techniques, Water Resources Manage, Vol. 21, pp. 1601-1612.

Elkhrachy, I., (2015), Flash flood hazard mapping using satellite images and GIS tools: a case study of Najran City, Kingdom of Saudi Arabia (KSA), The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol. 18, pp. 261-278.

Foodi, G.M., Ghoneim E.M., and Arnell, W.N., (2004), Predicting Location Sensitive to Flash Flooding in Arid Environment, Journal of Hydrology, Vol. 292, pp. 48-58

Haq, M., Akhtar, M., Muhammad, S., Paras, S., and Rahmatullah, J., (2012), Techniques of Remote Sensing and GIS for flood monitoring and damage assessment: A case study of Sindh province, Pakistan, the Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol. 15, pp. 135-141.

Hjelmfelt, A.T., and Mockus, V., (2004), Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall, Part 630 Hydrology National Engineering Handbooks, Chapter 10, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 235p.

Inci, T.Y., Akguül, S., Dengiz, O., and Aküzüm, T., (2006), Estimation of flood discharge for a small watershed using SCS curves number and geographic Information System, River basin flood management journal, pp. 527-538.

June, S., Yuan, Y., and Jing, Z., (2001), The effect of landuse/cover change on surface Runoff in Shenzheh Region, China, Institute of Resources ScienceBeigining normal university, 100875, Beijing.

Kopp, S., and Noman, N. (2008). ArcGIS Spatial Analyst - Hydrologic Modeling, ESRI User Conference Technical Workshop, http://www.scdhec.gov/gis/presentations/ESRI_Conference_08/tws/workshops/tw_37.pdf

Kumar RAI, P., and Mohan, K., (2014), Remote Sensing data & GIS for flood risk zonation mapping in Varanasi District, India, Forum geografic, Studii și cercetări de geografie și protecția mediului, Vol. 13, pp. 25-33.

Lewis, D., Singer, M.J., and Kate, K.W., (2000), Applicability of SCS curve number method for a California Woodlands Watershed, Journal of Soil and Water Conservation, Second Quarter, pp. 48-55.

Rinaldi, P.R., Dalponte, D.D., Vénere, M.J., and Clausse, A. (2012). Graph-based cellular automata for simulation of surface flows in large plains. Asian Journal of Applied Science, v. 5, p. 224-231.

Saravanan, S., and Manjula, R., (2015), Geomorphology based semi-distributed approach for modeling rainfall-runoff modeling using GIS, Aquatic Processes, Vol. 4, pp. 908-916.

Satheeshkumar, S., Venkateswaran, S., and Kannan, R., (2017), Rainfall-runoff estimation using SCS–CN and GIS approach in the Pappiredipatti watershed of the Vaniyar sub-basin, South India, Modeling Earth Systems and Environment, Vol. 3(24), pp. 1- 8.

Schroeder, S.A., and Larsen, J.K., (1990), Antecedent moisture conditions for North Dakota runoff predictions North Dakota, Farm Research, Vol. 48(0097, 5338), pp. 8-11.

Soulis, K.X., and Valiantzas, J.D., (2012), SCS-CN parameter determination using rainfall-runoff data in heterogeneous watershed-the two-CN system approach, Hydrology Earth System Science, Vol. 16, pp. 1001-1015.

Van, T.P.D., Carling, Paul, A., Coulthard, Tom, J., and Atkinson Peter, M. (2007). Cellular automata approach for flood forecasting in a bifurcation river system, PUBLS. INST. GEOPHYS. POL. ACAD. SC., v. E-7 (401), 256 pages.

Vinithra, R., and Yeshodha, L., (2016), Rainfall-runoff modeling using SCS–CN method: a case study of Krishnagiri District, Tamilnadu, International Journal of Science Research, Vol. 5(3), pp. 2319–7064.

Xiao, B., Wang, Q.H., Fan, J., Han, F.P., and Dai, Q.H., (2011), Application of the SCSCN model to runoff estimation in a small watershed with high spatial heterogeneity, Pedosphere, Vol. 21(6), pp. 738-749.

Zhan, X., and Huang, M.L. (2004). ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps, Environmental Modeling & Software, v. 19, p. 875-879.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۰۳
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۰۹/۱۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۲/۰۷
صفحات: ۱۱۲ - ۹۹

بررسی اثرات خشکسالی بر گونه‌های درختی و درختچه‌ای کهور ایرانی، توج و اسکنبیل در شمال ایرانشهر

ناصر راشکی[۱]، علیرضا شهریاری*[۲]،محمد زارع[۳]

چکیده

شهرستان ایرانشهر با مساحتی حدود ۳۰۰۰۰ کیلومترمربع جزء مناطق گرم و خشک است. توجه به اصل حفظ، احیاء توسعه و بهره‌برداری با رعایت اصول توسعه پایدار موضوع جدایی‌ناپذیر در عرصه‌های منابع طبیعی است. این منطقه در سال‌های گذشته با بحران متعدد خشکسالی مواجه بوده که این امر صدمه‌های جبران‌ناپذیری را به پوشش گیاهی منطقه وارد نموده است. با توجه به اینکه آگاهی از واکنش گونه‌های گیاهی به خشکی باهدف حفظ و احیا بیولوژیکی اکوسیستم منطقه بسیار ضروری است؛ در این پژوهش به بررسی تأثیر خشکسالی بر گونه‌های اسکنبیل، کهور ایرانی و توج پرداخته شد. روند خشکسالی با استفاده از شاخص خشکسالی هواشناسی SPI، بیانگر دوره ترسالی در سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۶ و دوره خشکسالی در سال ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۸ در منطقه مطالعه هست. میزان تغییرهای تراکم گونه‌های اسکنبیل، کهور ایرانی و توج در داخل پلات‌های m50× m 50 نیز طی دو دوره ترسالی و خشکسالی در دشت ایرانشهر بررسی شد. آزمون تجزیه واریانس دو متغیره، نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار پارامترهای خشکسالی و گونه بر تراکم گیاهان موردمطالعه است اگرچه خشکی سبب کاهش تراکم هر سه گونه شده است؛ ولی گونه‌های درختچه‌ای نسبت به گونه‌های درختی آسیب‌پذیرترند و گونه‌هایی که عمق ریشه دوانی کمتری دارند در شرایط خشکسالی زودتر از گونه‌های با ریشه عمیق از بین رفته‌اند.

واژگان کلیدی: ترسالی، خشکسالی، گونه‌های درختی، دشت ایرانشهر.

۱- دانشجوی دکتری مدیریت بیابان، دانشگاه تهران naserrashki@yahoo.com
۲- دانشیار دانشکده جغرافیا و مخاطرات محیطی دانشگاه سیستان و بلوچستان(نویسنده مسئول) Ali_shahriari@eco.usb.ac.ir
۳- استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد mzernani@yazd.ac.ir

مقدمه

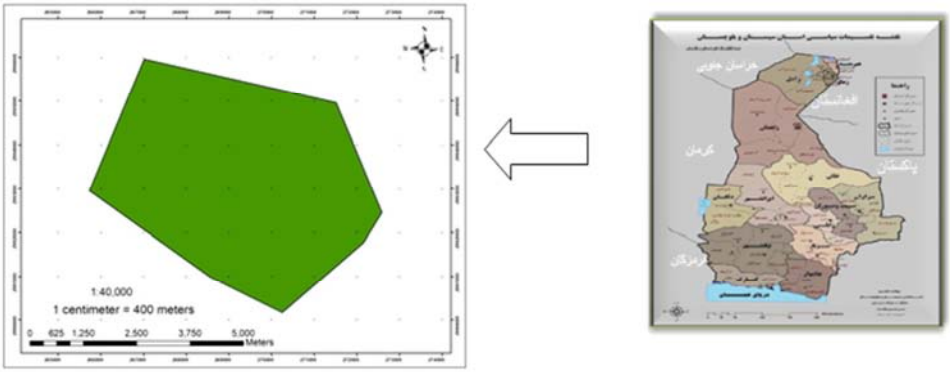
خشکسالی یک پدیده طبیعی اکوسیستم است که می‌تواند در هر منطقه‌ای واقع شود و تأثیرهای عمده‌ای بر آن منطقه بگذارد (شرما[1] و همکاران، ۲۰۱۷). خشکسالی فاجعه زیست‌محیطی است که شامل یک دوره پیوسته و پایدار (از چند ماه تا چند سال) است که در این دوره مقدار آب موجود در منابع آبی منطقه به حد قابل‌توجهی کاهش می‌یابد و دچار کمبود می‌شود (ویاس[2] و همکاران، ۲۰۱۵). خشکسالی یکی از بلایای مزمن و زیان‌بار طبیعی است. در دهه‌های اخیر در میان حوادث طبیعی که جمعیت‌های انسانی را تحت تأثیر قرار داده‌اند، خشکسالی به دلیل تعداد، فراوانی، گستردگی و پیامدهای کوتاه‌مدت و بلندمدت اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی آن، مهم‌ترین آنها محسوب می‌شود (خزایی، ۱۳۸۰). خشکسالی را به‌عنوان یک پدیده می‌توان بخشی از اقلیم هر منطقه از سطح کره زمین محسوب کرد. این پدیده به‌کندی شروع‌شده و دارای ماهیتی پنهان است، ضمن اینکه آثار خشکسالی بر روی پوشش گیاهی به‌صورت تدریجی ظاهر می‌شود. بنابراین اگر با الگوریتمی بر میزان پوشش گیاهی از روی تصاویر ماهواره‌ای نظارت و پایش شود می‌توان با کاهش تدریجی پوشش گیاهی مناطق، پدیده مخرب خشکسالی را به‌موقع هشدار داد. خشکسالی تأثیر منفی بر معیشت روستائیان دارد و شدت خشکسالی بیشتر از دوره خشکسالی تأثیرگذار است (میر موسوی، ۲۰۱۳). ایکس یو[3] و همکاران (۲۰۱۶) واکنش گونه‌های گیاهی را به ترسالی و خشکسالی طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ در چین موردبررسی قراردادند؛ نتایج نشان داد که خشکی سبب کاهش پوشش گیاهی شده است و شدیدترین تخریب پوشش گیاهی در تابستان‌ها که کمبود آب ناشی از کاهش بارندگی و افزایش تبخیر و تعرق پتانسیل است، رخ می‌دهد. نتایج جاودانی و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که طی یک دوره بیست‌ساله پارامترهای اقلیمی باران و دما رابطه معنی‌داری با تغییرهای پوشش گیاهی مراتع استان سیستان و بلوچستان دارند. کمبود آب بر فتوسنتز و رشد گونه‌های گیاهی مؤثر است؛ به‌طوری‌که سبب کاهش جمعیت‌های گیاهی و افزایش مرگ میر گونه‌های گیاهی می‌شود (مکایولیف[4]، ۲۰۱۰). سیستم‌های پایش در تدوین طرح‌های مقابله با خشکسالی و مدیریت آن از اهمیت زیادی برخوردارند. به این منظور از شاخص‌های خشکسالی برای بیان کمی این پدیده استفاده می‌شود. شاخص بارش استاندارد شده جهت کمی کردن کمبود بارش درمقیاس‌های زمانی مختلف از یک تا ۴۸ ماهه طراحی شده است (مککی[5] و همکاران، ۱۹۹۵). این مقیاس‌ها اثرهای خشکسالی را بر روی میزان توانایی منابع آب نشان می‌دهد. سیگال[6] و همکاران (۲۰۱۳) تأثیر خشک‌سالی ۱۴ ساله را بر بوته‌زارهای تپه‌های شنی موردبررسی قراردادند. نتایج آنها نشان داد که خشکسالی سبب پژمرده شدن ۶۸-۲۷ درصد بوته‌های منطقه موردمطالعه شده است. گویوویا[7] و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی تأثیر خشکسالی بر فعالیت گیاهان مدیترانه‌ای نتیجه گرفتند که خشکسالی بر گونه‌های مناطق بیابانی و خشک مدیترانه‌ای تأثیر منفی دارد. جنگل به‌عنوان عاملی مهم در بهبود

1- Sharma
2- Vyas
3- Xu
4- Macaliffe
5- Mckee
6- Siegal
7- Gouveia

محیط‌زیست نقش اساسی دارد و این در حالی است که ایران جزء کشورهای با پوشش گیاهی کم جنگلی به شمار می‌رود. ازاین‌رو با توجه به‌ضرورت احیای جنگل در کشورمان که مناطق وسیعی از آن را مناطق خشک و نیمه‌خشک در برگرفته است، بررسی تأثیر خشکسالی بر گونه‌های درختی در جنگل جهت احیای جنگل‌ها امری ضروری است (هاشم پور، ۱۳۹۰). طی سال‌های اخیر در ایران، خشکسالی مستمر و شدیدی رخداده که منجر به خشک یا کم شدن منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی شده است (کشاورز، ۱۳۹۱). خشکسالی اخیر خسارت‌های جبران‌ناپذیری را به منابع آبی و پوشش گیاهی جنوب استان وارد آورده و ابعاد بسیار گسترده‌ای به خود گرفته است. بنابراین بررسی اثرهای خشکسالی بر روی پوشش گیاهی ضروری است. در این مطالعه تراکم سه گونه بومی و سازگار منطقه اسکنبیل، توج و کهور ایرانی در دو دوره ترسالی (۷۶-۶۶) و خشکسالی (۷۷-۸۷) موردبررسی قرار گرفت.

داده‌ها و روش‌ها

این پژوهش در جنوب استان سیستان و بلوچستان انجام‌شده است (شکل ۱). منطقه دارای اقلیم گرم و خشک و ارتفاع از سطح دریا ۵۹۱ متر است. پوشش درختی غالب منطقه عبارت‌اند از: گونه‌های اسکنبیل، توج، تاغ، کنار، چگرد، چش. این منطقه دارای پوشش جنگلی نیمه متراکم تا کم تراکم با گونه‌های سازگار به شرایط سخت بیابان می‌باشد. میزان بارندگی بلندمدت حدود ۵۰ میلی‌متر که در طبقه‌بندی اقلیمی جزء مناطق گرم و خشک قرار دارد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه موردمطالعه

الف- شاخص بارش استاندارد[1]

شاخص بارش استانداردشده بر پایه این حقیقت که کسری بارش تأثیرهای متفاوتی بر آب‌های زیرزمینی، ذخیره منابع و رطوبت خاک دارد؛ شاخص بارش استانداردشده کسری بارش را برای مقیاس‌های زمانی چندگانه (۳، ۶، ۱۲،

1- Spi Index

۲۴ و ۴۸ ماهه) محاسبه می‌کند. این مقیاس‌های زمانی تأثیر خشکسالی را بر موجود بودن منابع آبی متفاوت را منعکس می‌کند. شرایط رطوبتی خاک دو برابر ناهنجاری‌های بارش در یک مقیاس به نسبت کوتاه واکنش نشان می‌دهند؛ در حالی که آب‌های زیرزمینی، جریان رودخانه و منابع ذخیره در یک دوره طولانی‌تر به ناهنجاری‌های بارش واکنش می‌دهند. شاخص بارش استاندارد بر اساس اختلاف میان مقدار بارندگی در هرماه و میانگین بارندگی در دوره زمانی مشخص بخش بر انحراف معیار بارندگی در آن مقیاس زمانی محاسبه می‌گردد. در این پژوهش بازه زمانی ۱۲ ماهه مورداستفاده قرار گرفت. شاخص بارش استاندارد از روابط زیر به دست می‌آید (نصر الهی، ۱۳۹۴)

که در آن:

$$SPI=\frac{Pi-\bar{P}}{S} \quad S=\sqrt{\frac{\sum_1^i (Pi-\bar{P})^2}{n}} \qquad (۱)$$

P_i= بارش دوره‌ی موردنظر

$\bar{P}$= میانگین بارش دوره

S= انحراف معیار

n= تعداد داده‌ها در یک دوره

جدول ۱: کلاس‌های شاخص بارش استاندارد

طبقه خشکسالی	SPI values
ترسالی خیلی شدید	SPI> ۲
ترسالی شدید	۱/۹۹ تا ۱/۵۰
ترسالی متوسط	۱/۴۹ تا ۱
نرمال	۰/۹۹ تا ۰/۹۹-
خشکسالی متوسط	۱- تا ۱/۴۹-
خشکسالی شدید	۱/۵- تا ۱/۹۹-
خشکسالی بسیار شدید	SPI<-۲

در جدول شماره یک دامنه عددی کلاس‌های مختلف شاخص بارش استاندارد ارائه گردیده است. به دلیل داشتن آمار طولانی‌مدت و صحیح (در دوره موردنظر) به‌منظور استخراج شاخص موردنظر، آمار بارندگی ماهانه از ایستگاه هواشناسی شهرستان ایرانشهر از سال آبی ۱۳۴۶ لغایت ۱۳۹۶ استفاده گردیده است و شاخص بارش استاندارد توسط نرم‌افزار DIP محاسبه شده است.

ب- شاخص یونیپ[1]

1 - Uned index

با استفاده از شاخص یونیپ روند گسترش مکانی آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک منطقه به‌عنوان اولین زنجیره تأثیرگذار ناشی از خشکسالی و به دنبال آن پارامتر تأثیرگذار بر بیابان‌زایی بودن منطقه است. این شاخص از نسبت بین بارندگی سالانه به تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه به دست می‌آید. محاسبه میزان تبخیر و تعرق در این شاخص با استفاده از رابطه تورنت وایت صورت می‌گیرد.

با توجه به اینکه دما هوا نقش مهمی در تبخیر و تعرق پتانسیل دارد؛ بنابراین رابطه یونیپ بر پایه میانگین مجموع بارندگی سالانه نسبت به میانگین تبخیر و تعرق بیان‌شده است

$$R=\frac{P}{ETP} \quad (۱):$$

در اینجا (R) شاخص یونیپ، (p) میانگین بارش سالانه به میلی‌متر است. میزان تبخیر و تعرق سالانه با روش تورنت وایت بر پایه میانگین دمای ماهانه (T) می‌باشد که باید دمای مؤثر ماهانه و سپس دمای مؤثر سالانه را محاسبه نمود. درصورتی‌که میانگین دما در یک ماه صفر یا منفی باشد برای آن ماه دمای مؤثر ماهانه (Im) صفر در نظر گرفته می‌شود. از مجموع دمای مؤثر ماهانه، دمای مؤثر سالانه (I) به دست می‌آید.

$$Im = \left(\frac{T}{S}\right)^{1.51} \quad (۲):$$

$$I = \sum_{K=1}^{12} Im \quad (۳):$$

$$ETP = 16\left(\frac{10T}{I}\right)^{a} \quad (۴):$$

$$a = (6.27 \times 10^{-7})I^3 - (7.71 \times 10^{-5})I^2 - (1.792 \times 10^{-2})I - 0.492 \quad (۵):$$

رابطه چهار، تبخیر و تعرق پتانسیل هرماه را با این فرض که هرماه ۳۰ روز و هرروز ۱۲ ساعت می‌باشد محاسبه می‌نماید؛ درصورتی‌که طول روز در ماه‌های سال متفاوت است. بنابراین با اعمال ضریب، اندازه تبخیر و تعرق پتانسیل هرماه اصلاح‌شده است.

جدول ۲: طبقه‌بندی مناطق خشک بر اساس شاخص خشکی UNEP

مناطق اقلیمی	شاخص خشکی	کلاس خطر بیابان‌زایی
فراخشک	R<۰,۰۵	بیابان واقعی
خشک	۰,۰۵<R<۰,۲	بسیار شدید
نیمه‌خشک	۰,۲<R<۰,۵	شدید
خشک نیمه‌مرطوب	۰,۵<R<۰,۶۵	متوسط
نیمه‌مرطوب	۰,۶۵<R<۰,۷۵	کم
مرطوب و بسیارمرطوب	R>۰,۷۵	عدم خطر بیابان‌زایی

ج- روش نمونه‌برداری ۴

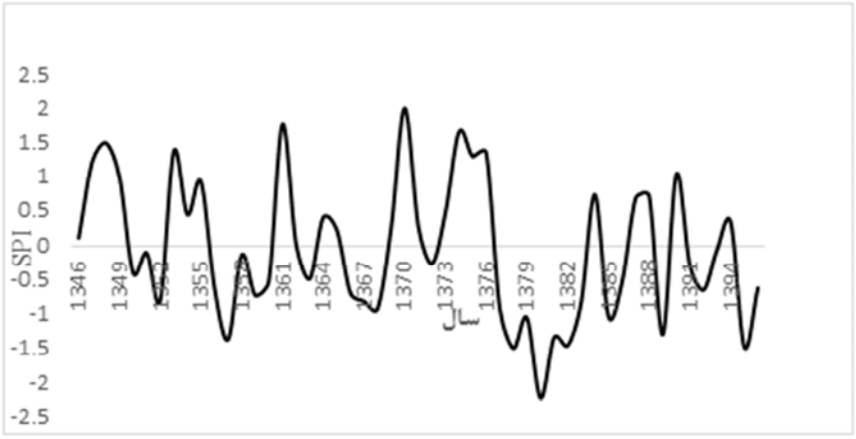
ابتدا محدوده موردمطالعه بر روی کاغذ شطرنجی با مقیاس موردنظر ترسیم گردید. با توجه به وضعیت خطوط در پلی‌گون ترسیم‌شده و به‌منظور نمونه‌برداری از کلیه عرصه و جهت رعایت پراکنش منطقی نمونه‌های برداشت‌شده، مبنا و محل ترانسکت را خطوط متقاطع قرار می‌دهیم که بر روی کاغذی شطرنجی ترسیم شده است؛ بدین گونه که دو ترانسکت انتخاب که عمود بر هم بوده و یکی از ترانسکت‌ها در بزرگ‌ترین طول عرصه و ترانسکت بعدی عمود بر آن می‌باشد تا تأثیر شیب زمین در آن نیز لحاظ گردد. سپس این نقشه با توجه به ترانسکت‌های مشخص‌شده به عرصه انتقال داده شد و ترانسکت‌ها به‌طوری مشخص در عرصه پیاده گردید. بدین ترتیب از اعمال‌نظر کارشناسی در انتخاب ترانسکت‌ها جلوگیری و موضوع تصادفی انتخاب شدن ترانسکت رعایت می‌گردد. همچنین پلات‌ها به تعداد ۵۰ عدد با ابعاد پلات‌های ۵۰ m× ۵۰ m انتخاب شد. با توجه به اینکه گونه‌های موردمطالعه جنگلی بوده، جهت بررسی دقیق‌تر می‌بایست اندازه پلات بزرگ باشد تا بتوان در خصوص پراکنش گونه‌ها اظهارنظر دقیق‌تری انجام داد. ضمن اینکه بازدیدهای میدانی و اندازه‌گیری میزان تاج پوشش درخت توج نشان می‌دهد میانگین سطح تاج پوشش این‌گونه نسبت به دو گونه دیگر بیشتر بوده و متوسط سطح تاج پوشش آن ۲۵ متر برآورد گردید. بر این اصل اندازه پلات‌ها مضربی از این عدد در نظر گرفته شد. محل اولین پلات به‌صورت تصادفی از جدول اعداد تصادفی و پلات بعدی به فاصله ۱۰۰ متر بر روی خطوط ترانسکت نسبت به پلات اولی مشخص گردید. در دوره ترسالی پلات گذاری در سال ۱۳۷۰ و در دوره ترسالی پلات‌ها در سال ۱۳۸۱ انجام شد. انتخاب سال‌های یادشده بر اساس بیشترین و کمترین مقدار شاخص خشکسالی می‌باشد؛ به‌طوری‌که یک الگوی مشخص و یکسانی به لحاظ حداکثر و حداقل پارامترهای اقلیمی بر گونه‌ها رعایت گردد. تعداد پایه هر یک از گونه‌های گیاهی اسکنبیل، کهور ایرانی و توج در هر پلات برآورد شد. در دوره خشکسالی مجدد در محل پلات‌های قبلی که با شاخص مشخص شده بود تعداد پایه گونه‌های موردنظر بررسی و تغییرهای گونه‌ها ثبت گردید. تأثیر گونه‌های گیاهی، خشکسالی و تأثیر متقابل آنها بر تراکم گونه‌های گیاهی با استفاده از آزمون تجزیه واریانس چند متغیره بررسی شد. آزمون تی نیز برای مقایسه میانگین تراکم هر یک از گونه‌ها در دو دوره ترسالی و خشکسالی به‌کاربرده شد. گفتنی است این اندازه‌گیری‌ها در دوره‌های خشکسالی ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۸ و ترسالی ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۶ برای گونه‌های مختلف به‌تناوب انجام‌گرفته است. قابل یادآوری است منطقه موردمطالعه با توجه به اهمیت گونه‌های مستقرشده بر روند تثبیت خاک و جلوگیری از فرسایش بادی و تأثیر آن بر مناطق پایین‌دست جزء مناطق قرق شده طرح‌های منابع طبیعی بوده که تأثیر پارامترهای مربوط به انسان در آن کمترین میزان ممکن و یا ناچیز است. بنابراین تأثیر عوامل انسانی در این منطقه به دلیل حفاظت و قرق متوالی به‌طورکامل از بین رفته است. ضمن اینکه این منطقه به لحاظ برداشت آب جزء مناطق ممنوعه برداشت آب بوده و با توجه به اهمیت آن به دلیل موارد اشاره‌شده در قبل مجوز برداشت آب و همچنین احداث چاه غیرمجاز به‌طورکامل منتفی است؛ به‌طوری‌که پروژه‌های بیولوژیکی (نهال‌کاری) که در همجواری آن اجرا می‌گردد، تأمین آب آنها حداقل به فاصله ۱۵ کیلومتر از مشاع‌های کشاورزی محدوده شهرستان بمپور صورت می‌گیرد.

یافته‌های تحقیق

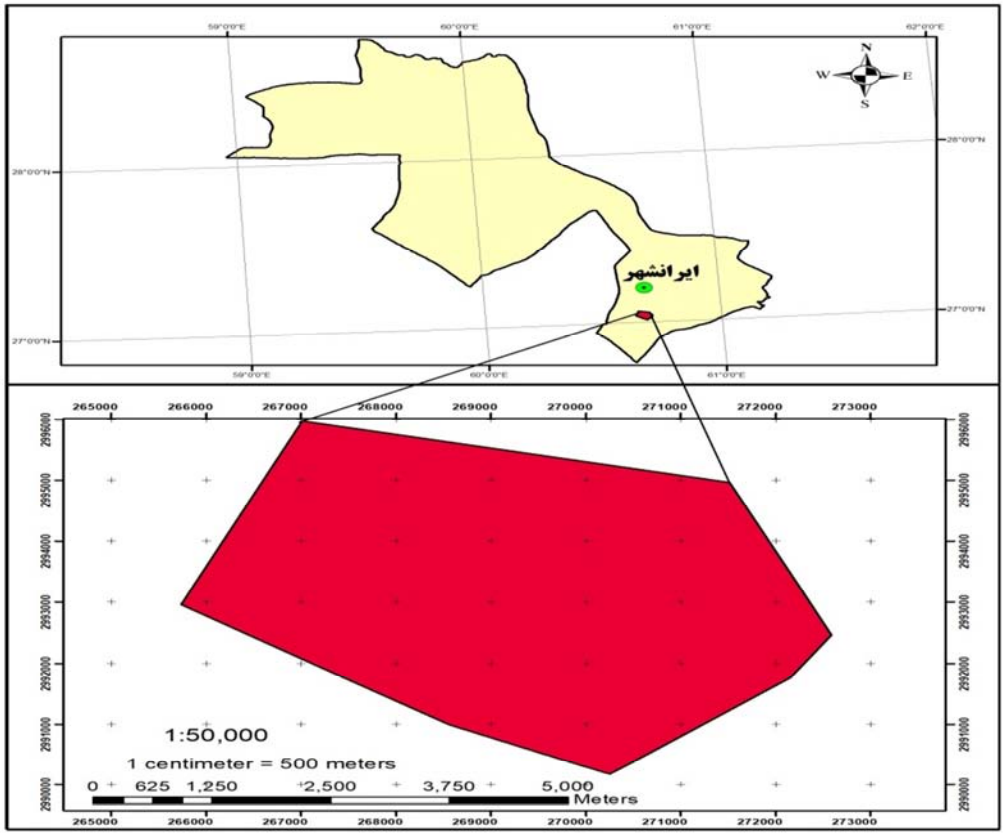
بعد از بازسازی و تعیین صحت آمار، اقدام به محاسبه شاخص‌های بارش استاندارد و یونیپ گردیده است که بر اساس نقشه یونیپ ترسیم‌شده، منطقه موردمطالعه در محدوده فراخشک قرار می‌گیرد.

جدول ۳. نتایج مربوط به شاخص spi برای دوره آماری موردمطالعه

ردیف	سال	شاخص SPI	وضعیت	ردیف	سال	شاخص SPI	وضعیت	ردیف	سال	شاخص SPI	وضعیت
۱	۱۳۶۶	-۰,۷۱	نزدیک به نرمال	۹	۱۳۷۴	۱,۷	بسیار مرطوب	۱۷	۱۳۸۲	-۱,۲	نسبتاً خشک
۲	۱۳۶۷	-۰,۸	نزدیک به نرمال	۱۰	۱۳۷۵	۱,۳۵	نسبتاً مرطوب	۱۸	۱۳۸۳	-۱,۱	نسبتاً خشک
۳	۱۳۶۸	-۰,۹	نزدیک به نرمال	۱۱	۱۳۷۶	۱,۲	نسبتاً مرطوب	۱۹	۱۳۸۴	۰,۷	نزدیک به نرمال
۴	۱۳۶۹	۱	نسبتاً مرطوب	۱۲	۱۳۷۷	-۱,۳	نسبتاً خشک	۲۰	۱۳۸۵	-۱,۱	نسبتاً خشک
۵	۱۳۷۰	۲	فرا مرطوب	۱۳	۱۳۷۸	-۱,۴	نسبتاً خشک	۲۱	۱۳۸۶	۰,۵	نزدیک به نرمال
۶	۱۳۷۱	۰,۱۵	نزدیک به نرمال	۱۴	۱۳۷۹	-۱,۸	بسیار خشک	۲۲	۱۳۸۷	۰,۸	نزدیک به نرمال
۷	۱۳۷۲	-۰,۲	نزدیک به نرمال	۱۵	۱۳۸۰	-۲,۲	فراخشک	۲۳	۱۳۸۸	۰,۵	نزدیک به نرمال
۸	۱۳۷۳	۰,۸	نزدیک به نرمال	۱۶	۱۳۸۱	-۱,۳	نسبتاً خشک				



شکل ۲: روند تغییرهای شاخص بارش استاندارد ایرانشهر



شکل ۳: نقشه پهنه‌بندی اقلیم منطقه با استفاده از شاخص یونیپ در سال‌های ۱۳۸۷- ۱۳۷۷

جدول ۴: داده‌های مربوط به تراکم، نوع گونه و تعداد پایه‌ها در پلات‌های موردمطالعه در دوره‌های خشک و تر

ردیف	آماربرداری در سال ۱۳۷۰(ترسالی)			آماربرداری در سال ۱۳۸۱(خشکسالی)		
	توج	کهور ایرانی	اسکنبیل	توج	کهور ایرانی	اسکنبیل
۱	۲	۱	۴	۲	۱	۲
۲	۳	-	۳	۲	-	۱
۳	۲	-	۳	۱	-	۱
۴	۱	۲	۲	-	۱	-
۵	۲	۱	-	۱	-	-
۶	-	۱	-	-	۱	-
۷	۱	۱	۴	-	-	۲
۸	۲	۲	۵	۱	۱	۱
۹	۳	-	-	۲	-	-
۱۰	۲	-	۲	-	-	-
۱۱	۲	۲	۳	-	۱	۱
۱۲	-	-	۲	-	-	۱

۱۳	۱	-	۱	۱	-	-
۱۴	۱	۲	۱	-	۲	-
۱۵	۳	-	۴	۱	-	۲
۱۶	۱	-	۱	-	-	۱
۱۷	۲	۱	۱	۲	۱	-
۱۸	۲	۱	-	۲	۱	-
۱۹	۱	۱	۵	۱	۱	۲
۲۰	۳	-	۳	۱	-	۱
۲۱	-	۱	-	-	۱	-
۲۲	۲	۱	۳	-	۱	۱
۲۳	۱	۱	۲	۱	۱	۱
۲۴	۱	-	۲	-	-	-
۲۵	۱	۱	-	۱	۱	-
۲۶	۲	۱	-	۱	۱	-
۲۷	۳	۱	۳	۱	۱	۱
۲۸	۲	۱	۲	۱	۱	۱
۲۹	۲	-	۱	-	-	-
۳۰	۱	۱	۲	۱	۱	۱
۳۱	-	-	-	-	-	-
۳۲	-	۱	۳	-	۱	۱
۳۳	-	۱	۴	-	۱	۲
۳۴	۱	۱	-	۱	۱	-
۳۵	۱	۲	۳	-	۲	۱
۳۶	۲	-	۲	۲	-	۱
۳۷	۱	-	-	۱	-	-
۳۸	۳	-	۱	۱	-	-
۳۹	۲	۱	-	۲	۱	-
۴۰	۱	۱	۳	۱	۱	۱
۴۱	۲	۱	۲	-	۱	-
۴۲	۳	-	۳	۱	-	۱
۴۳	۲	-	-	-	-	-
۴۴	۱	۲	۴	۱	۱	۲
۴۵	۲	۱	۵	۱	۱	۲
۴۶	-	۱	۳	-	۱	۱
۴۷	۱	۱	-	۱	۱	-
۴۸	۲	۲	۲	۱	۲	۱
۴۹	۳	-	۱	۱	-	-
۵۰	۲	-	۲	۱	-	-

جدول ۵: نتایج آزمون تجزیه واریانس چند متغیره گونه و خشکسالی

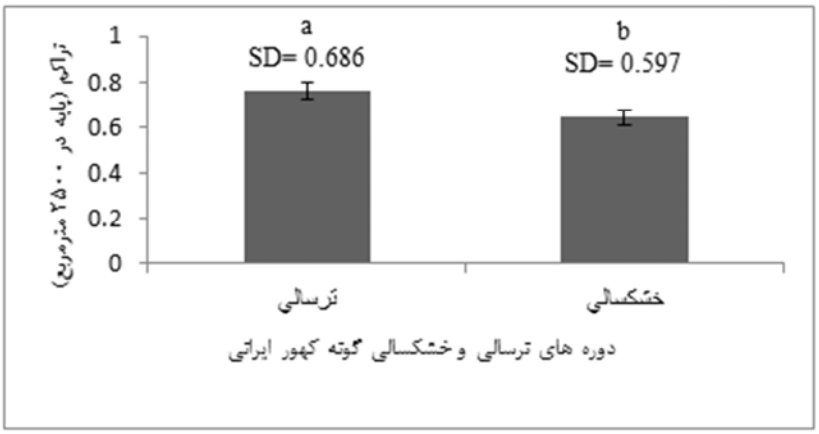
منابع تغییرات	df	میانگین مربعات	F	P-Value
گونه	۲	۹/۸۵	۱۱/۶۷	۰/۰۰
خشکسالی	۱	۴۰/۳۳	۴۷/۷۹	۰/۰۰
گونه * خشکسالی	۲	۸/۴۹	۱۰/۰۶	۰/۰۰
خطا	۲۹۴	۰/۸۴۴		

P-Value کمتر از ۰/۰۱ به معنی معنی‌دار بودن است

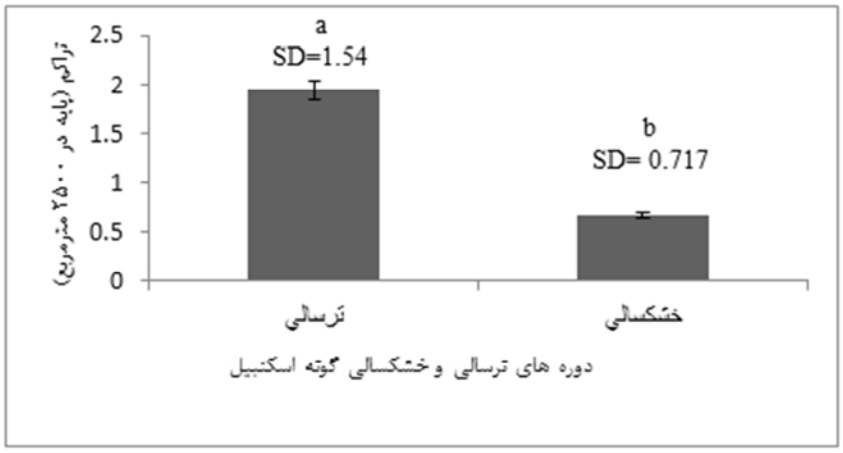
نتایج و بحث



شکل ۴: مقایسه میانگین تراکم گونه توج در دو دوره ترسالی و خشکسالی



شکل ۵: مقایسه میانگین تراکم گونه کهور ایرانی در دو دوره ترسالی و خشکسالی



شکل ۶: مقایسه میانگین تراکم گونه اسکنبیل در دو دوره ترسالی و خشکسالی

تجزیه و تحلیل

محدوده موردمطالعه در سال‌های ۱۳۸۸ - ۱۳۷۷ شاهد تغییرهایی در اقلیم خود بوده است، به‌طوری‌که اقلیم فراخشک در این دهه به بیشترین گسترش مکانی خود در منطقه رسیده است. با توجه به نتایج پهنه‌بندی اقلیمی در سال‌های ۱۳۸۷ –۱۳۷۷ همبستگی روند تغییرهای شاخص بارش استاندارد و شاخص یونیپ در شکل‌های ۲ و ۳ به‌طور کامل مشخص می‌باشد.

آزمون تجزیه واریانس دومتغیره نشان داد که در سطح ۹۹ درصد اطمینان پارامترهای گونه، خشکسالی و تأثیر متقابل گونه و خشکسالی بر تراکم گونه موردمطالعه تأثیر معنی‌داری دارند (جدول ۳). برای مقایسه میانگین تراکم سه گونه موردمطالعه طی دوره‌های ترسالی و خشکسالی از آزمون تی استفاده شد. نتایج نشان داد که تراکم گونه توج در دو دوره ترسالی و خشکسالی به ترتیب با میانگین ۰/۹۲ ± ۱/۵۶ و ۰/۶۸ ± ۰/۷۸ (پایه / ۲۵۰۰ مترمربع) در سطح ۹۵ درصد اطمینان اختلاف معنی‌داری دارند (شکل ۴). تراکم گونه کهور ایرانی در دو دوره ترسالی و خشکسالی به ترتیب با میانگین ۰/۶۸ ±۷۸ /۰ و ۰/۵۹ ± ۰/۶۵ (پایه / ۲۵۰۰ مترمربع) در سطح ۹۵ درصد اطمینان اختلاف معنی‌داری ندارند (شکل ۵). برای گونه اسنکبیل نیز تراکم در دو دوره ترسالی و خشکسالی به ترتیب با میانگین ۱/۵ ± ۱/۹ و ۰/۷ ± ۰/۷(پایه / ۲۵۰۰ مترمربع) در سطح ۹۵ درصد اطمینان اختلاف معنی‌داری دارند (شکل ۶).

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه خشکسالی ازجمله مخاطره‌هایی است که بر تمام جوانب زندگی و محیط‌زیست تأثیرگذار است؛ بنابراین شناخت تأثیرهای آن بر منابع و محیط‌های مختلف، می‌تواند گام مهمی در مدیریت منابع باشد. نتایج حاصل از بخش خشکسالی هواشناسی نشان داد که باگذشت زمان بر شدت خشکسالی افزوده می‌گردد و بیشترین میزان

شاخص خشکسالی SPI در سال ۱۳۷۰ رخداده و کمترین میزان شاخص خشکسالی در سال ۱۳۸۰ رخداده است. همچنین با توجه به هدف پژوهش، نیازمند استفاده از دو دوره خشکسالی و ترسالی پشت سر هم برای این پژوهش می‌باشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، سال‌های ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۷ به‌عنوان دوره ترسالی و سال‌های ۱۳۷۷ تا ۱۳۸۷ به‌عنوان دوره خشکسالی تعیین شد. نتایج نشان داد که خشکسالی موجب کاهش تراکم گونه‌های موردمطالعه در محدوده موردمطالعه شده است. یافته‌های به‌دست‌آمده مؤید نتایج سیگال[1] و همکاران (۲۰۱۳)، باجگیان[2] و همکاران (۲۰۱۵)، اگسیو[3] و همکاران (۲۰۱۶)، گویوویا[4] و همکاران (۲۰۱۷) و بودنر[5] و همکاران (۲۰۱۷) است. فاضلی و همکاران (۲۰۰۷) اثرهای خشکسالی بر دو گونه زراعی کنجد را بررسی کردند؛ این مطالعه بررسی اثر تنش خشکی بر پوشش گیاهی است. نتایج این مطالعه نشان داد که خشکسالی وزن خشک و مرطوب برگ‌ها و ریشه را کاهش داده است. باجگیان[6] و همکاران (۲۰۱۵) میزان رشد و پایداری گیاهان را یکی از شاخص‌های مهم برای تعیین وقوع خشکسالی معرفی کردند. با وقوع خشکسالی و کاهش آب در خاک، ظرفیت خاک کاهش‌یافته و فعالیت تعدادی از آنزیم‌ها و ظرفیت جذب گیاهان کاهش می‌یابد و درنهایت بیوماس هوایی گونه‌های گیاهی کاهش و بیوماس زمینی آنها افزایش می‌یابد (ساردان[7] و همکاران، ۲۰۰۸). درختان نسبت به گونه‌های درختچه‌ای بیابانی با شدت بیشتری به کمبود آب عکس‌العمل نشان می‌دهند، به‌طوری‌که گیاهان درختی به خشکی بیشتر از رطوبت و گونه‌های بیابانی به رطوبت بیشتر از خشکی عکس‌العمل نشان می‌دهند. به‌طورکلی درختچه‌ها نسبت به گونه‌های درختی از مقامت به خشکی بالاتری برخوردار هستند و تغییر تیپ‌های درختی به تیپ درختچه‌ای یکی از رایج‌ترین نتایج خشک شدن محیط است (نورمن[8]، ۲۰۱۶). عمق ریشه دوانی گیاهان نیز از عوامل مؤثر بر مقاومت گیاهان به خشکی است. ریشه گیاهان در مناطقی که کمبود آب وجود دارد به‌منظور جذب آب از اعماق نسبت به مناطق مرطوب ۵۰ تا ۹۰ درصد عمیق‌ترهستند (اسچنک[9]، ۲۰۰۲). مهدوی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای به نقش سطح سفره آب زیرزمینی در مراتع نیمه‌خشک منطقه گمیشان استان گلستان پرداخته‌اند که نتایج نشان داد سطح سفره آب زیرزمینی در مناطق متراکم گونه Halatachys Caspicapall بیشتر از دو منطقه نیمه متراکم و عدم حضور می‌باشد. تمامی مطالعه‌های یادشده تأکید بر نقش عوامل محیطی و اقلیمی دارند که به‌طور مستقیم و یا غیرمستقیم تحت تأثیر خشکسالی قرار می‌گیرند، می‌تواند نقش تعیین‌کننده در تولید، فلور، پراکنش و رشد گیاهان مرتعی داشته باشند. در منطقه موردمطالعه پایه‌های اسکنبیل عمق ریشه‌دوانی محدودی داشته و در مقایسه با گونه‌های توج و کهور ایرانی عمق ریشه‌دوانی کمتری دارند؛ بنابراین در شرایط خشکسالی به‌مراتب زودتر از پایه‌های دیگر گونه‌ها مقاومت خود را ازدست‌داده‌اند. گونه توج به دلیل اینکه عمق ریشه‌دوانی آن حد واسط دو گونه اسکنبیل و کهور ایرانی بوده، دوام و

1- Siegal
2- Bajgain
3- Xu
4- Gouveia
5- Bodner
6- Bajgain
7- Sardans
8- Norman
9- Schenk

پایداری آن حد واسط دو گونه مورد نظر می‌باشد. گونه کهور ایرانی به دلیل عمق ریشه‌دوانی قابل‌ملاحظه، مقاومت بیشتری نسبت به دو گونه توج و اسکنبیل داشته و به همین دلیل تعداد پایه‌های آن در پلات‌های موردنظر بیشتر می‌باشد و این نتیجه موضوع خشکسالی را که ابتدا بر پوشش گیاهی تأثیر گذاشته و سپس خاک منطقه را تخریب می‌نماید، تأیید می‌کند (لطیفی، ۱۳۸۵). از طرفی جامعه گیاهی درختی و درختچه‌ای منطقه موردمطالعه عمق ریشه‌دوانی آنها مشابه دو گونه اسکنبیل و توج می‌باشد. پس در چنین شرایطی رقابت شدیدی در بین گونه‌های موردمطالعه با سایر گونه‌ها به دلیل طبقه‌های یکسان ریشه‌دوانی ریشه‌ها خواهد بود که خود باعث حذف تعداد زیادی از پایه‌های توج و اسکنبیل گردیده است. بنابراین در شرایط خشکسالی، رقابت بین گونه‌های گیاهی که عمق ریشه‌دوانی یکسانی دارند، به‌مراتب شدیدتر از گونه‌هایی است که عمق ریشه‌دوانی آنها در طبقه‌های مختلف خاک قرار می‌گیرند. پس فعل و انفعال‌های زیستی بر روی واکنش گونه‌ها به محیط تأثیر دارند و در این بین رقابت می‌تواند یک عامل مهم و تعیین‌کننده در الگوی دسترسی پوشش گیاهی به آب و عناصر غذایی، پراکنش بذر، تخصیص کربن و مرفولوژی گیاه در دوران خشکسالی و محدودیت منابع آبی باشد. در واقع رقابت فقط در سال‌هایی که اکوسیستم و جوامع گیاهی با محدودیت منابع روبرو باشد، مهم تلقی می‌گردد (آذرنیوند، ۱۳۸۸).

منابع

آذرنیوند، حسن (۱۳۸۸)، بوم‌شناسی مناطق بیابانی، انتشارات دانشگاه تهران، ص ۳۳۸.

جاودانی، راضیه (۱۳۸۹)، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی پوشش گیاهی، مطالعه موردی شهرهای ایرانشهر و نیکشهر، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد جغرافیایی طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

خزایی، محمدرضا (۱۳۸۰)، پیش‌بینی شدت خشکسالی و کمبود جریان، مطالعه موردی استان کرمانشاه، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه علم و صنعت، ص ۲۰۱.

کشاورز، محمدرضا (۱۳۹۱)، الگوی توزیعی جهت و شدت روند تغییرات خشکسالی به کمک نمایه توزیعی شدت خشکسالی پالمر، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۲۷، ص ۹۷-۱۱۰.

لطیفی، لیلا، (۱۳۸۵)، ارزیابی پیشرفت تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در طول خشکسالی اخیر در دشت شمال و شرق سیستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه جغرافیایی دانشگاه آزاد اسلامی مشهد.

مهدوی، محمد (۱۳۹۳)، بررسی رابطه بین ویژگی خاک و سطح سفره آب زیرزمینی در مراتع نیمه‌خشک منطقه گمیشان استان گلستان، مجله مرتع، ص ۹۵- ۱۰۵.

نصرالهی، محمد (۱۳۹۴)، ارزیابی شاخص خشکسالی استان سمنان با استفاده از نمایه Spi، نشریه هواشناسی کشاورزی، ص ۶۶- ۵۷.

هاشم‌پور، فرزانه (۱۳۹۰)، بررسی تأثیر تنش خشکی بر روی برخی صفات مرفولوژیکی در پنج گونه اکالیپتوس، فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، شماره ۱۹، ص ۲۲۳-۲۳۳.

Bajgain, R., Xiao, X., Wagle, P., Basara, J., and Zhou, Y., (2015), Sensitivity analysis of vegetation indices to drought over two tallgrass prairie sites, Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 108, 151-160.

Bodner, G.S., and Robles, M.D., (2017). Enduring a decade of drought, Patterns, and drivers of vegetation change in a semi-arid grassland, Journal of Arid Environments, 136, 1-14.

Fazeli F., M. Ghorbanali and V.Niknam, (2007), the effect of drought on biomass, Biological plant rum: 51(1), 98-103.

Gouveia, C.M., Trigo, R.M., Beguería, S., and Vicente-Serrano, S.M., (2017), Drought impacts on vegetation activity in the Mediterranean region, An assessment using remote sensing data and multi-scale drought indicators, Global and Planetary Change, In Press.

Mcauliffe, J.R., Hamerlynck, E.P., (2010), Perennial plant mortality in the Sonoran and Mojave deserts in response to severe, multi-year drought, Journal of Arid Environments, 74, 885–896.

Mir-Mousavi, H., and Karimi, H, (2013), Effects of drought on vegetation cover using Landsat MODIS images. J. Geograph. Dev, 31, 76-57

McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J., (1995), Drought Monitoring with Multiple Time Scales, In Proc, 9th Conf. on Applied Climatology, January 15 - 20, American Meteorological Society, Massachusetts, Pp, 233-236.

Norman, S.P., Koch, F.H., and Hargrove, W.W., 2016. Review of broad-scale drought monitoring of forests, Toward an integrated data mining approach. Forest Ecology and Management, 15, 346-358.

Sardans, J., Penuelas, J., and Estiarte, M., (2008), Warming and drought change trace element bioaccumulation patterns in a Mediterranean shrubland. Chemosphere, 70, 874–885.

Schenk, H.J., and Jackson, R.B., (2002), The global biogeography of roots. Ecological Monographs, 72(3), 311-328.

Sharma, T.C., (2000), drought parameters in relation to truncation levels Hydrol. Process, 14.

Siegal, Z., Karnieli, A., Tsoar, H., (2013), Effects of prolonged drought on the vegetation cover of sand dunes in the NW Negev Desert: Field survey, remote sensing, and conceptual modeling. Aeolian Research, 9, 161-173.

Vyas, S.S., Bhattacharya, B.K., Nigam, R., Guhathakurta, P., Ghosh, K., Chattopadhyay, N., and Gairola, R.M. 2015, A combined deficit index for regional agricultural drought assessment over a semi-arid tract of India using geostationary meteorological satellite data, Inter. J, Appl, Earth Obs, Geoinf. 39, 28-39.

Xu, H., Wang, X., and Zhang, X., (2016), Decreased vegetation growth in response to summer drought in Central Asia from 2000 to 2012, Journal of Applied Earth Observation and Geoformation, 52, 390-402.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۰۵

تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۰۵/۲۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۱/۰۵

صفحات: ۱۲۸ - ۱۱۳

تنش های نوزمین ساختی در گستره ی رخداد زمین لرزه سنگچال (۱۳۳۶)- مازندران

هادی طبسی[۱]*

چکیده

زمین‌لرزه‌ی سنگچال در ۱۱ تیر ۱۳۳۶ در محدوده بخش مرکزی گسل شمال البرز رخ داده است. گسل شمال البرز، گسلی کمانی شکل بوده که از لاهیجان تا گنبدکاووس کشیده شده است. این گسل به همراه گسل‌های خزر، لله بند، کندوان و مشا در کوتاه شدگی و بر خاستگی رشته‌کوه‌های البرز اثرگذار بوده‌اند. این کوتاه شدگی و بالاآمدگی با رخدادهای زمین‌لرزه‌ای بزرگی همراه بوده که امروزه نیز ادامه دارد. با آگاهی از هندسه گسل‌ها و چگونگی جابجایی گسل‌ها و استفاده از روش‌های محاسباتی تحلیل گسل‌ها و هم‌چنین با کمک حل سازوکار ژرفی گسلش، جهت‌یابی بیشینه تنش حاکم بر بخشی از گسل شمال البرز که محدوده رخداد زمین‌لرزه بزرگ ۱۳۳۶ سنگچال بوده، تعیین شده است. این دو روش نتایج مشابه قابل قبولی را نشان می‌دهند. علاوه بر این، مقایسه یافته‌ها با نتایج بررسی‌های زمین سنجی کلی گستره، صحت و دقت یافته‌ها تأییدشده است. نتایج بررسی نشان می‌دهد در طول گسله شمال البرز، تنش فشاری با روند شمال خاور- جنوب باختر غالب بوده که بردار امتدادلغز چپگرد نیز در آن دیده می‌شود. از بخش‌های مرکزی البرز به‌سوی خاور، به دلیل کاهش زاویه بین بردار بیشینه تنش و روند گسل، جابجایی حاصل از بردار چپگرد از مرکز به سمت خاور افزایش یافته و باعث بزرگ‌تر شدن بردار برش نسبت به فشارش در بخش‌های خاوری البرز می‌گردد. این مکانیسم، باعث رخداد زمین‌لرزه‌های فشاری در البرز مرکزی و زمین‌لرزه‌های فشاری- برشی در بخش‌های خاوری گردیده که نشان می‌دهد بزرگای زمین‌لرزه‌های احتمالی آتی در بخش‌های خاوری کمی کوچک‌تر از زمین‌لرزه‌های البرز مرکزی باشد.

واژگان کلیدی: تنش نوزمین ساختی، گسل شمال البرز، جهت‌یابی بیشینه تنش، زمین‌لرزه، البرز.

[۱]- استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی واحد دماوند (نویسنده مسئول) tabassi@damavandiau.ac.ir

مقدمه

محدوده تقریبی رخداد زمین‌لرزه سنگچال، بین طول‌های ۵۲:۳۰ تا ۵۳ درجه خاوری و عرض‌های ۳۶ تا ۳۶:۱۵ شمالی بوده است (شکل ۱). عدم شناخت دقیق ویژگی‌های این گستره و تراکم بالای جمعیت، انگیزه اصلی بررسی زمین‌ساخت جنبای این گستره است.

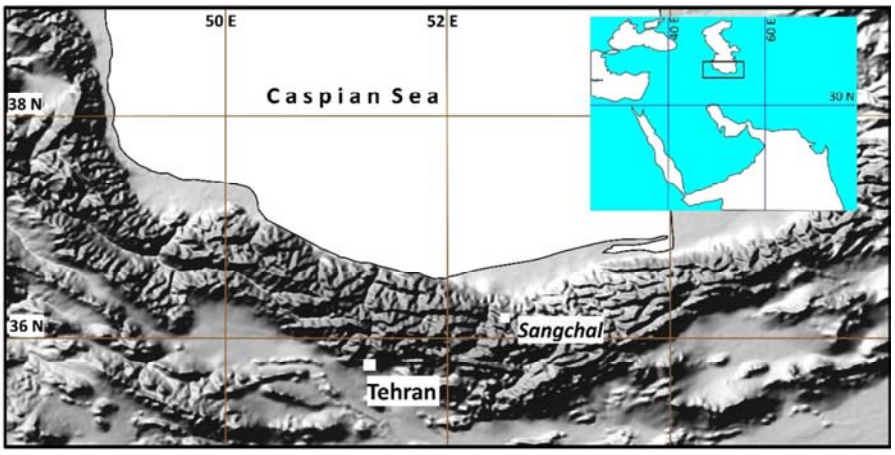
پهنه البرز از دیدگاه لرزه‌خیزی، گستره‌ی جنبایی بوده و زمین‌لرزه‌های بزرگ در طول آن رخداده است. باوجودی که تعداد این رخدادهای لرزه‌ای نسبت به گستره‌ی زاگرس کمتر است؛ اما بزرگای بالایی دارند و خسارت‌های زیادی را به بار آورده‌اند. حل سازوکار ژرفی گسل‌های[۱] زمین‌لرزه‌ای و بررسی داده‌های گسلی، روش مناسبی در پژوهش‌های تنش نوزمین ساختی[۲] است (دلووکس[۳] و اسپرنر[۴]، ۲۰۰۳).

با علم به جهت بیشینه تنش و بررسی‌های تنش نوزمین ساختی، روند تغییر شکل پوسته البرز مشخص‌شده و با توصیف فرآیندهای زمین ساختی، ارزیابی خطر لرزه‌ای بهتر انجام می‌شود.

بسیاری از پژوهشگران علوم زمین به بررسی زمین‌ساخت، زمین‌لرزه، جنبایی و حرکت‌های دینامیکی گستره البرز پرداخته‌اند (اشتوکلین ۱۹۶۰، اهلرز[۵] ۱۹۷۱، آلنباخ[۶] ۱۹۶۶، چالنکو[۷] ۱۹۷۴، بربریان[۸] ۱۹۸۳، جکسون[۹] و مکنزی[۱۰] ۱۹۸۴، ورنانت[۱۱] و همکاران ۲۰۰۴، جمور[۱۲] و همکاران ۲۰۱۰). اما نکته مهم و کلیدی بررسی کنونی، سنجش دقیق گسل‌های جنبای گستره و استخراج تاریخچه‌ی جنبایی گسل‌ها است. برقراری ارتباط بین بررسی‌های مختلف و تأیید نتایج بررسی‌ها در این مسیر انجام می‌شود.

فدروف[۱۳] (۱۹۵۷) و اشتوکلین (۱۹۶۰) و اهلرز (۱۹۷۱)، به دلیل نبود تغییر شکل قابل‌توجه، ضخامت زیاد پلئیستوسن، بخش عمده‌ای از البرز را دارای آرامش نسبی در جنبایی زمین ساختی دانسته‌اند. بوبک[۱۴] (۱۹۳۷) و اهلرز (۱۹۷۱) بالاآمدگی پادگانه‌های آبرفتی حاشیه‌ای در رودخانه‌ها را ناشی از فرایندهای فرسایشی رودخانه‌ای دانسته‌اند.

1.Focal Mechanism
2.Neotectonic
3.Delvoux
4.Sperner
5.Ehlers
6.Allenbakh
7.Tchalenko
8.Berberian
9.Jackson
10.McKenzie
11.Vernant
12.Djamour
13.Federov
14. Bubek



شکل ۱: نمای کلی و موقعیت ارتفاعات البرز و روستای سنگچال (شکل برجسته SRTM)

از سوی دیگر، ریویر[۱] (۱۹۳۴)، رئوفی و زیکنبرگ[۲] (۱۹۷۳)، کرومسیک[۳] (۱۹۶۲)، آلنباخ (۱۹۶۶)، یونک[۴] و همکاران (۱۹۷۶) با بررسی آبرفت‌های رخساره آب شیرین، چین‌خوردگی‌های پلئیستوسن، زمین‌لرزه‌های تاریخی و دستگاهی، رسوب‌ها و گدازه‌های کواترنر دماوند معتقد به جنبایی زمین ساختی بالا در این پهنه بوده‌اند.

گانسر[۵] (۱۹۶۹)، نوروزی[۶] (۱۹۷۱) نبوی[۷] (۱۹۷۲) و چالنکو (۱۹۷۴)، آمبرسیز[۸] (۱۹۶۸-۷۴)، بربریان (۱۹۸۳)، جکسون و مکنزی (۱۹۸۴)، گیلارد[۹] و ویس[۱۰] (۱۹۹۵)، جاوید فخر[۱۱] و همکاران (۲۰۱۱)، موسوی[۱۲] و همکاران (۲۰۱۳)، بالاتو[۱۳] و همکاران (۲۰۱۵)، با بررسی شواهد جنبایی و رخدادهای لرزه‌ای در بخش‌های مختلف البرز و بررسی الگوهای فشاری برشی ساختارهای البرز، جنبایی زمین ساختی البرز را تأیید کرده‌اند.

ورنانت و همکاران (۲۰۰۴)، ماسون[۱۴] و همکاران (۲۰۰۷)، جمور و همکاران (۲۰۱۰)، خرمی و همکاران (۱۳۹۰)، با روش‌های مختلف به کمک سیستم موقعیت‌یابی جهانی[۱۵] تغییر شکل ایران را بررسی کرده‌اند. در این بررسی‌ها، مقدار

1.Rivier
2.Zickenber
3.Krumsick
4.Jung
5.Gansser
6.Noruzi
7.Nabavi
8.Ambrasys
9.Gillard
10.Wiss
11.Javid Fakhr
12.Mousavi
13.Ballato
14.Masson
15.GPS

جابجایی برشی و فشردگی کلی البرز را نیز تعیین کرده‌اند. گوناگونی ایده‌ها و نظریه‌ها می‌تواند دلیل دیگری بر اهمیت بررسی دقیق نواحی پرجمعیت البرز با پیشینه‌ی لرزه‌ای باشد.

زمین‌شناسی

قرارگیری واحدهای رسوبی در البرز به‌گونه‌ای است که واحدهای قدیمی کامبرین تا عهد حاضر را می‌توان در یک توالی نسبتاً منظم شناسایی کرد. آنچه در این بررسی‌ها اهمیت خواهد داشت، واحدهای جوان کواترنری است. آثار جنبایی و حرکت گسل‌ها در رسوب‌های کواترنر گستره، تأییدکننده حرکت‌های نوزمین ساختی در طول گسل‌ها است.

واحدهای جوان و کواترنری البرز، توسط پدرامی (۱۳۷۶) به بخش‌های آپشرون، لایه‌های باکو، لایه‌های خزر، اورالوکاسپین و خزر جدید تقسیم‌بندی شده‌اند. رسوب‌های جوان البرز منحصر به دشت‌های ساحلی نیست و به شکل‌های پادگانه‌های آبرفتی رودخانه‌ای، سیلابی و تراورتن به شکل محصور در فروافتادگی‌های میان کوهی و گاهی به‌صورت واریزه و خاک دیده می‌شود. واحدهای آذرین (گدازه و خاکستر) دماوند در برخی مکان‌ها دارای سن کواترنری است.

گسل شمال البرز

گسل شمال البرز با طول تقریبی ۵۵۰ کیلومتر از جنوب گنبدکاووس تا لاهیجان کشیده شده است. در محدوده البرز مرکزی متحمل خمیدگی شده و راستای شمال خاور- جنوب باختر آن در خاور به شمال باختر – جنوب خاور در باختر تغییر می‌کند (آقانباتی، ۱۳۸۳). بخش مرکزی گسل شمال البرز دارای راستای تقریباً خاوری- باختری است. شیب گسل به‌سوی جنوب و سازوکار آن، راندگی با مؤلفه برشی است (نبوی، ۱۳۵۵). پهنای گسلی شمال البرز بین ۵ تا ۱۰ کیلومتر در تغییر است. این گسل، در برخی بخش‌ها به گسل خزر پیوسته است.

جایگزینی سازندهای پالئوزوئیک در مجاورت رسوب‌های کواترنر در برخی مکان‌ها، حاکی از جنبایی جوان این گسل بزرگ است. نبوی (۱۳۵۵)، بربریان و قریشی[1] (۱۹۹۲) گسل شمال البرز را مسبب بسیاری از زمین‌لرزه‌های البرز دانسته‌اند.

داده‌های گسلی و جهت‌یابی تنش بیشینه حاکم

برای تعیین جهت‌یابی محورهای اصلی تنش به کمک داده‌های گسلی می‌بایست موقعیت فضایی صفحه‌های شکستگی و خش لغزها روی آنها اندازه‌گیری و نوع گسل تعیین گردد. پژوهشگران مختلفی با به‌کارگیری شیوه معکوس سازی، داده‌های گسلی را تحلیل کرده‌اند (ترنر[2]،۱۹۵۳؛ اسپنگ[3]، ۱۹۷۲؛ کری[4] و برونیه[5]، ۱۹۷۴؛ آنجلیه[1] و

1.Qhorashi
2. Turner
3. Spang
4. Carey
5. Brunier

مچله[۲]، ۱۹۷۷؛ آنجلیه، ۱۹۷۵، ۱۹۷۹، ۱۹۸۴، ۱۹۹۰؛ آنجلیه و گوگل[۳] ۱۹۷۹؛ اچوکوپار[۴] و همکاران، ۱۹۸۱؛ گفارت[۵] و فورسیس[۶]، ۱۹۸۴؛ ریچه[۷]، ۱۹۸۷؛ هوانگ[۸]، ۱۹۸۸؛ ویل[۹] و همکار، ۱۹۹۱؛ نمکوک[۱۰] و لایل[۱۱]، ۱۹۹۵؛ یین[۱۲] و رانلی[۱۳]، ۱۹۹۵؛ فرای[۱۴]، ۱۹۹۹؛ اوریف[۱۵] و همکاران، ۲۰۰۲ و توبوره[۱۶] و لایل، ۲۰۰۳).

با شکل‌گیری علم معکوس سازی داده‌های گسلی به‌منظور تحلیل تنش دیرینه یک گستره، برخی محققین راهبردهای حل را مبتنی بر رایانه ارائه کردند (لایل، ۱۹۸۸؛ گفارت، ۱۹۹۰؛ هاردکستل[۱۷] و هیلز[۱۸]، ۱۹۹۱؛ کرجسی[۱۹] و ریشتر[۲۰]، ۱۹۹۱؛ تابودا[۲۱] و همکاران، ۱۹۹۱؛ اسپرنر و همکاران، ۱۹۹۳؛ شوروک[۲۲] و لایل، ۱۹۹۸؛ لایل و اوریف، ۲۰۰۲؛ دلووکس و همکار، ۲۰۰۳؛ شان[۲۳] و همکاران، ۲۰۰۴؛ پاسکال[۲۴]، ۲۰۰۴؛ مصطفی[۲۵]، ۲۰۰۵؛ ساسوری[۲۶] و همکار، ۲۰۱۴). نتایج پژوهش‌های رایانه‌ای کردن پردازش داده‌های گسلی باعث شده برنامه‌های رایانه‌ای و کاربردی زیادی ارائه شود.

(Tector, 1994; Faille, 2010; Geoorient, 2011; Openstereo, 2011; OSX stereonet, 2013; Fabric, 2012; Orient, 2012; Dips, 2013; FaultKin, 2013; Rockware stereonet, 2013; Stereonet, 2013; WinTensor, 2012; OSX geocalc, 2013; FSA, 2013; SG2PS, 2014).

از مجموع نرم‌افزارهای موجود، یکی از دقیق‌ترین پردازش‌ها به کمک روش‌های ترسیمی تأییدشده توسط نرم‌افزار WinTensor انجام‌شده که طراح اولیه آن دلووکس و اسپرنر (۲۰۰۳) بوده‌اند و بعدها ویرایش و تکمیل شده است.

داده‌های گسلی در راستای گسل شمال البرز، در پهنه رخداد زمین‌لرزه سنگچال برداشت شده است. از ویژگی‌های برجسته این گستره‌ها می‌توان به جوان بودن رسوب‌ها (سن کواترنری)، واضح بودن خش لغزها به‌عنوان آثار جنبایی گسلی و قرارگیری در پهنه خردشده گسل شمال البرز اشاره کرد. تحلیل داده‌های گسلی برداشت‌شده، در شکل ۳

---

1. Angelier
2. Mechler
3. Goguel
4. Etchecopar
5. Gephart
6. Forsyth
7. Reches
8. Huang
9. Will
10. Nemcok
11. Lisle
12. Yin
13. Ranalli
9. Fry
15. Orife
11. Tobore
17. Hardcastle
18. Hills
19. Krejci
20. Richter
21. Taboada
22. Shorrock
23. Shan
24. Pascal
25. Mostafa
26. Sasva'ri

خلاصه شده است. در این تحقیق، برای تحلیل جهت تنش بیشینه از نرم‌افزار WinTensor کمک گرفته‌شده است. ویژگی برخی مکان‌های برداشت داده‌های گسلی در زیر تشریح شده است.

سنگچال

حول‌وحوش روستای پاریمه، در مسیر جاده سنگچال در همبری میان واحدهای نئوژن و واحدهای قهوه‌ای‌رنگ رسی – سیلتی هولوسن، آثار شاخه‌های گسله شمال البرز دیده می‌شود. راستای عمومی گسله‌ها در این پهنه، خاوری- باختری تا شمال باختر-جنوب خاور است. شاخه‌های متعدد گسل شمال البرز در ناحیه سنگچال، پرتگاه‌های گسلی پیوسته‌ای را شکل داده است (شکل ۴). تحلیل ویژگی‌های گسله‌های این پهنه، به‌منظور تعیین جهت بیشینه تنش حاکم، راستای شمال خاور- جنوب باختر را داده است. مقایسه راستای گسله و جهت‌یابی غالب فشردگی (σ_1) با نتایج حاصل از تحلیل سازوکار ژرفی گسلش ۱۱ تیر ۱۳۳۶ سنگچال مشابهت قابل‌توجهی را نشان می‌دهد.

گاوزن‌محله

بین روستاهای ویتله و فیروزجاه در درون رس‌های قهوه‌ای‌رنگ و جوان، تعدادی صفحه‌ی شکستگی با خش لغزهای متوسط تا واضح اندازه‌گیری شده است. این صفحه‌ها دارای ابعاد بزرگ‌تر از ۲۰ سانتی‌متر هستند. در حدفاصل روستای فیروزجاه و گاوزن‌محله نیز در واحدهای رسی مشابه خش لغزهایی با طول زیاد بر روی صفحه‌های گسلی منحنی شکل با عمق متوسط دیده می‌شود. این صفحه‌ها ابعاد یک متری دارند. راستای تنش حداکثر به‌دست‌آمده از گسله‌های بین ویتله و فیروزجاه، هم‌چنین فیروزجاه و گاوزن‌محله مشابه و شمال خاور- جنوب باختر است. وجود سفال در این واحدها مؤید سن کمتر از ۱۰۰۰۰ سال این رسوب‌ها است.

نفتچال

در محل پایه‌های سد البرز، صفحه‌های گسلی با عمق خش زیاد تا متوسط دیده می‌شود. واحدهای متأثر شده در این پهنه، رس‌های قهوه‌ای‌رنگ برش خورده با سن احتمالی هولوسن است. ابعاد شکستگی‌های اندازه‌گیری شده حدود یک متر است. گسله‌های اندازه‌گیری شده، راستای پراکنده شمالی – جنوبی تا شمال باختر- جنوب خاور دارند.



شکل ۲: نمونه‌ای از خش لغز های اندازه‌گیری شده در صفحه‌های گسلی

راستای عمومی گسله‌های پهنه نفتچال با راستای عمومی گسله‌های البرز مرکزی شباهت قابل‌توجهی دارد. تحلیل داده‌های صفحه گسل، راستای بیشینه تنش (σ_1) را در این پهنه، شمال باختر – جنوب خاور نشان داده است.

خاور زیرآب

یک کیلومتر بعد از شهر زیرآب، به سمت خاور در بالای بخش آهکی شده‌ی جوان، مجموعه‌ای از واحدهای رسی قهوه‌ای‌رنگ دیده‌شده که در دو نقطه جدا به فاصله‌ای کمتر از ۵۰۰ متر اندازه‌گیری‌های گسلش صورت گرفته است. صفحه‌های اندازه‌گیری شده دارای ابعاد ۲۰ سانتی‌متر بوده و کیفیت خش لغز ها متوسط تا خوب است. راستای گسله‌های اندازه‌گیری شده در این دو ایستگاه بیشتر شمال خاور – جنوب باختر است و سازوکار آنها معکوس تشخیص داده‌شده است. بررسی داده‌های سطح گسلش باانگیزه تعیین جهت بیشینه تنش حاکم بر این نقطه، راستای فشردگی را شمال باختر – جنوب خاور نشان می‌دهد.

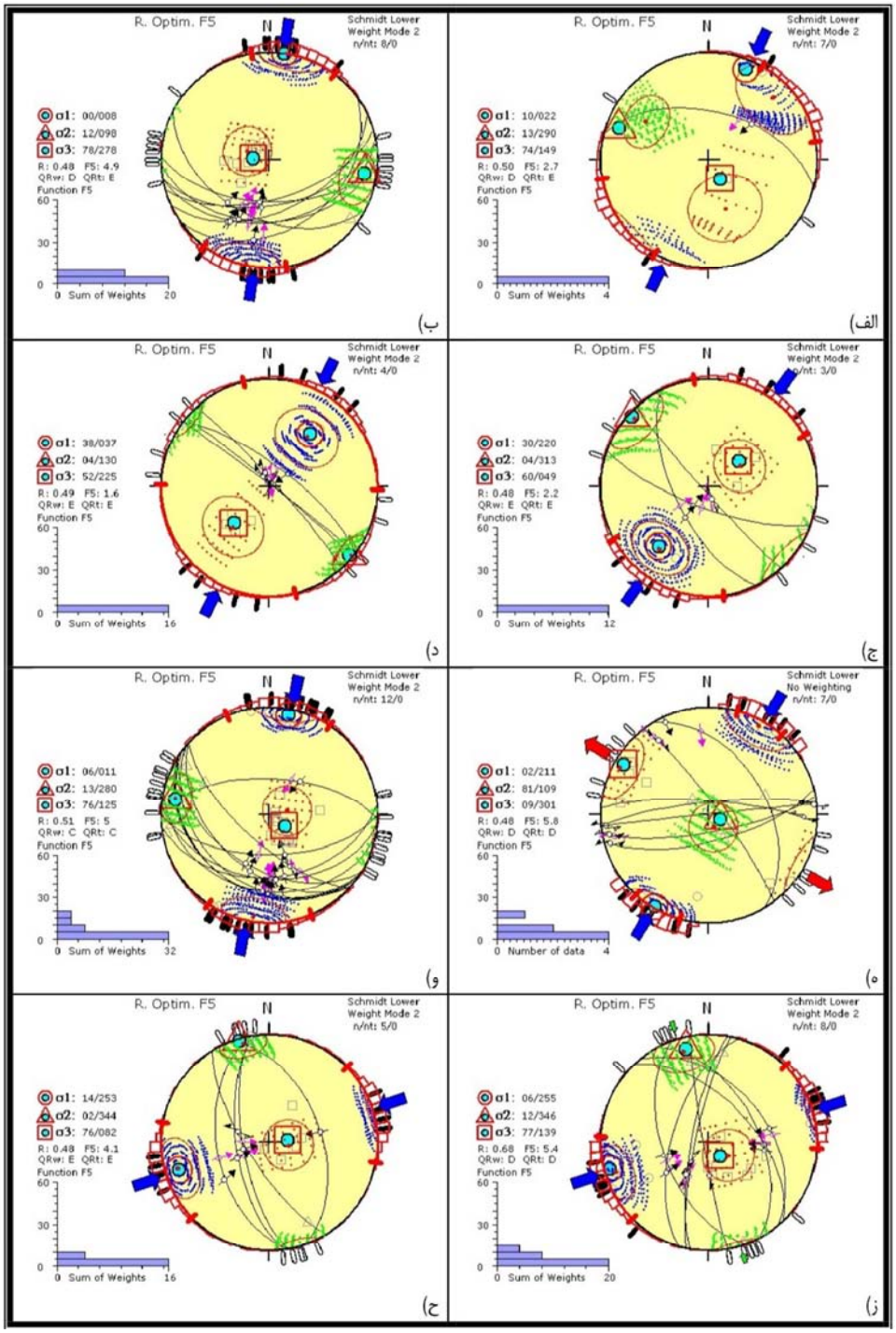
کلیج کلا

پس از روستای کلیج کلا به سمت محمد آباد، در محل ساختگاه محور سد خاکی فریم صحرا، سنگ‌های آهکی ژوراسیک رخنمون دارند. سطوح گسلی واضح در تعداد زیاد، این پهنه را بریده و خردکرده‌اند. پرشدگی‌های رسی سطح گسل‌ها نیز در اثر جنبایی جوان گسل متأثر شده و آثار خش لغز ها بسیار واضح پدیدار شده است. راستای عمومی گسل شمال البرز در این ناحیه، شمال خاور- جنوب باختر است.

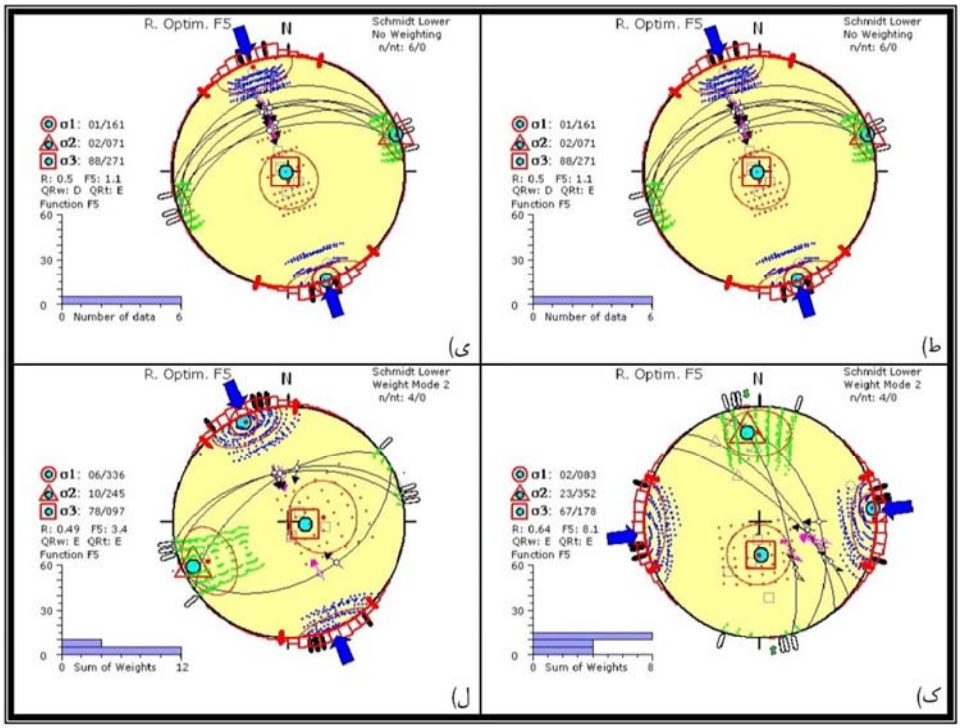
بحث

پژوهش و بررسی‌های زیادی در زمینه داده‌های لرزه‌ای و محاسبه جهت‌یابی تنش از طریق سازوکار ژرفی گسلش زمین‌لرزه‌ای در بخش‌های مختلف ایران صورت گرفته است. دقت برآورد بیشینه تنش نوزمین ساختی از داده‌های لرزه‌ای به کامل بودن فهرست داده‌های لرزه‌ای آن گستره مرتبط است. قدیمی‌ترین حل سازوکار ژرفی گسلش زمین‌لرزه‌ای مربوط به دهه ۶۰ میلادی بوده است. با توجه به دوره بازگشت زمین‌لرزه‌های بزرگ در ایران، قدمت ۶۰ ساله این روش نمی‌تواند جوابگوی تحلیل داده‌های موردنیاز برای تحقیق باشد. کمبود داده‌های لرزه‌ای در گستره البرز نیز بهره‌گیری از این روش را در تحلیل چگونگی دگرشکلی گستره، محدود کرده است.

جکسون و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی سازوکار ژرفی گسلش و نحوه انتشار امواج لرزه‌ای در زمینه تغییر شکل در جنوب دریاچه خزر اظهارنظر کرده‌اند. در این بررسی، آهنگ حرکتی پوسته خزر را نیز حدود ۱۷-۱۳ میلی‌متر در سال در راستای جنوب غرب گزارش کرده‌اند. این بررسی‌ها در باختر کپه داغ نیز صورت گرفته است. ماسون و همکاران (۲۰۰۵) نیز تغییر شکل لرزه‌ای ایران را بررسی کرده‌اند. در پژوهش ماسون، نیروی فشاری و جابجایی راندگی، حرکت غالب البرز معرفی شده است؛ به‌گونه‌ای که در البرز مرکزی حرکت‌ها بیشتر فشارشی است و در باختر البرز، حرکت برشی چپگرد کوچکی گزارش‌شده است.



شکل ۳: جهت‌یابی تنش حداکثر بهینه‌شده بر اساس داده‌های گسلی اندازه‌گیری شده در طول بخشی از گسل شمال البرز



شکل ۳: (ادامه): الف – نزدیک سنگچال ب- شمال تیار ج- سنگچال د- گنگرج کلا ه- فیروزجاه-گاوزن محله و- شلدره ز- نفتچال ح- سوته کلا ط- آبکسر ی- ورکی ک- لاجیم ل- کلیج کلا



شکل ۴: پرتگاه‌های گسلی، شاخه‌های گسل شمال البرز در مجاورت روستای سنگچال.

ظریفی و همکاران (۲۰۱۳) نیز به بررسی داده‌های لرزه‌ای ایران در یک دوره زمانی خاص پرداخته‌اند و جهت‌های تنش بیشینه در ایران را برآورد کرده‌اند. قدیمی و همکاران (۱۳۹۵)، نرخ تنش لرزه‌ای و زمین سنجی[1] را محاسبه کرده و با توجه به آهنگ تنش لرزه‌ای و زمین سنجی، احتمال وقوع زمین‌لرزه بزرگ در البرز خاوری و مرکزی را بحث کرده‌اند. در این تحقیق، جهت‌یابی تنش بیشینه بر اساس حل سازوکار ژرفی گسلش و داده‌های جدول ۱ استخراج و در شکل ۵ نمایش داده‌شده است.

آن‌گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود؛ بردارهای سیاه‌رنگ جهت‌یابی اصلی تنش‌های زمین سنجی را بر اساس پژوهش قدیمی و همکاران (۱۳۹۵) در این پهنه نشان می‌دهد. بردارهای بنفش‌رنگ جهت‌یابی بیشینه تنش حاکم استنتاج شده از داده‌های لرزه‌ای را نشان می‌دهد و بردارهای زردرنگ جهت‌های بیشینه تنش حاکم حاصل از تحلیل داده‌های گسلی است که در بخشی از گسل شمال البرز در محدوده رخداد زمین‌لرزه‌ای ۱۳۳۶ سنگچال برداشت شده است. بدون شک، جهت‌یابی هماهنگ سه روش تحلیل گسلی، لرزه‌ای و بررسی‌های زمین سنجی نشانگر دقت و صحت بررسی‌ها و تأییدکننده جهت فشردگی شمال خاور – جنوب باختر و حرکت برشی چپگرد در البرز مرکزی و خاوری است.

جدول ۱: پارامترهای منشأ زمین‌لرزه‌ها- سازوکارهایی که در شکل ۵ نمایش داده‌شده، بر پایه‌ی این داده‌ها رسم شده است. عمق ارائه‌شده دارای خطا است. *جکسون و همکاران (۲۰۰۲)=آ کاتالوگ زمین‌لرزه‌های هاروارد*

Date (yyyymmdd)	Time (hh:mm)	Lat. (N)	Long (E)	M	Plane 1			Plane 2			Z (Km)	Ref
					s1	d1	r1	s1	d1	r1		
19570702	0042	36.05	52.45	6.8	104	44	80	297	46	99		J
19830325	1157	35.95	52.26	5.4	280	68	4	188	85	157	33	J
19830326	0407	35.88	52.01	5.4	104	61	17	6	75	150	10	CMT
19900120	0127	35.82	52.92	5.9	357	66	172	90	82	24	33	J
19920922	1405	36.33	52.7	5	268	44	75	108	47	104	33	J
20120111	1708	36.37	53.1	5	114	31	71	316	60	101	30.6	CMT

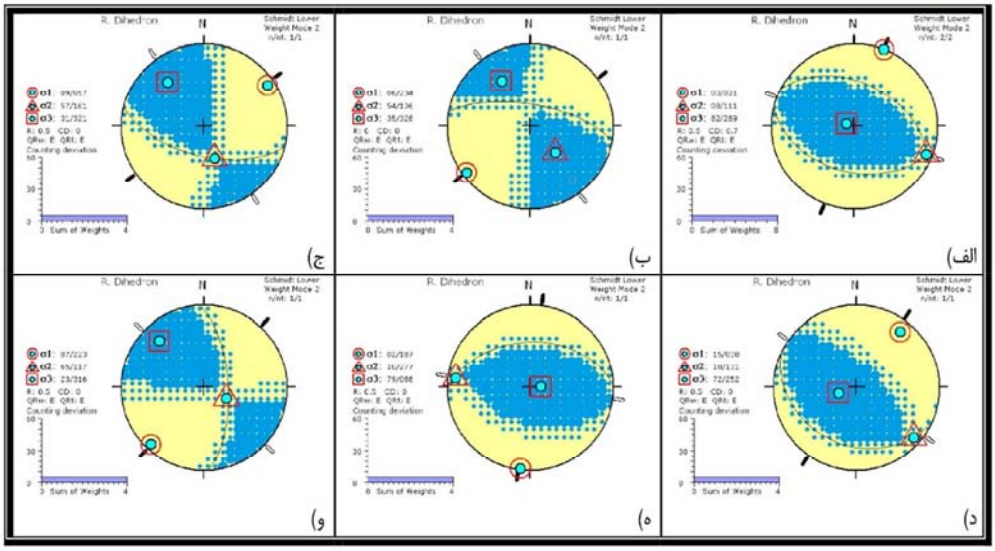
CMT= Centroid Moment Tensor

Harvard Catalogue http://www.globalcmt.org.html

به جرأت می‌توان گفت در تمامی پهنه‌های البرز، بردار فشارش بر بردار کشش غالب است. البرز درعین‌حال که در حال کوتاه شدگی و بالاآمدگی مستمر است؛ با یک حرکت چپگرد در بخش خاوری باعث نازک شدگی پهنای البرز خاوری نسبت به پهنای البرز باختری گردیده است. البرز مرکزی نیز به دلیل محدود شدن از دو طرف و وجود پوسته سخت و ستبر خزری در ناحیه شمال تحت تأثیر فشارش همه‌جانبه بوده و میزان حرکت برشی چپگرد آن، ناچیز خواهد بود.

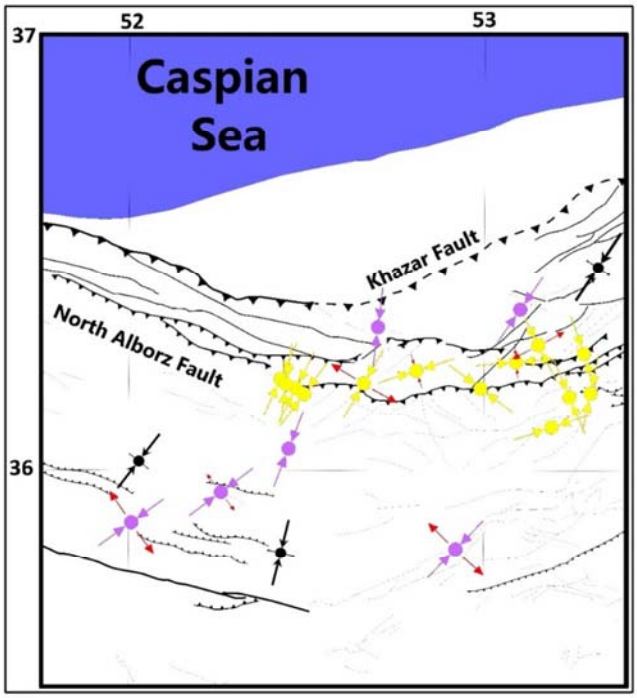
1.Geodetic

این نتایج، پژوهش جمور و همکاران (۲۰۱۰) را که به کمک داده‌های زمین سنجی انجام‌شده، مورد تأیید قرار می‌دهد (شکل ۷). همان‌طور که در شکل مشخص شده، میزان جابجایی فشردگی و برشی در دامنه شمالی البرز در بخش مرکزی و خاوری اختلاف معناداری را نشان می‌دهد. مقایسه این دو عدد نشانگر غالب بودن فشردگی در بخش مرکزی و افزایش حرکت برشی چپگرد در ناحیه خاوری البرز است.

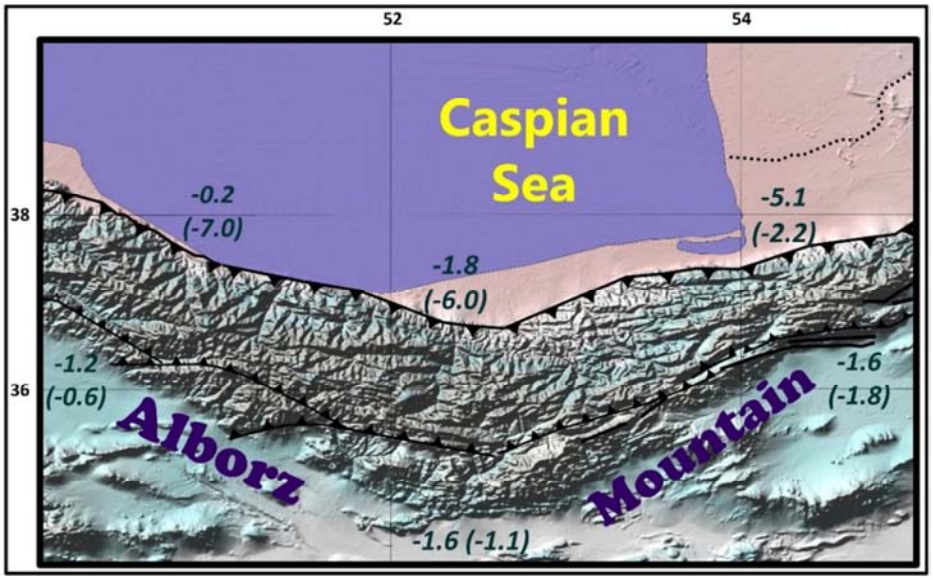


شکل ۵: حل سازوکار ژرفی گسلش و جهت‌یابی تنش اقتباس‌شده از آن در زمین‌لرزه‌های بزرگ اطراف گسل شمال البرز.

الف- زمین‌لرزه ۱۹۵۷/۰۷/۰۲ ب- زمین‌لرزه ۱۹۸۳/۰۳/۲۵ ج- زمین‌لرزه ۱۹۸۳/۰۳/۲۶ د-زمین لرزه ۲۰۱۲/۰۱/۱۱ ه- زمین‌لرزه ۱۹۹۲/۰۹/۲۲ و- زمین‌لرزه ۱۹۹۰/۰۱/۲۰



شکل ۶: بردارهای جهت‌یابی بیشینه تنش حاکم بر گستره البرز مرکزی – خاوری در راستای گسل شمال البرز.
رنگ زرد داده‌های گسلی، رنگ بنفش داده‌های زمین‌لرزه‌ای و رنگ سیاه داده‌های زمین سنجی



شکل ۷: آهنگ لغزش گسل‌های البرز مرکزی – خاوری (mm/y). *داده‌ها اقتباس از جمور و همکاران (۲۰۱۰).* **عددهای بدون پرانتز آهنگ حرکت امتدادی هستند که علامت مثبت نشانگر راستگرد و منفی جنبایی چپگرد را نشان می‌دهد. اعداد داخل پرانتز، آهنگ لغزش شیبی است که منفی معرف معکوس و مثبت آن نشانگر عادی بودن حرکت است.**

نتیجه‌گیری

در این بررسی به کمک داده‌های صحرایی و داده‌های گسلی برداشت‌شده، جهت‌یابی تنش بیشینه برای گسل اصلی گستره انجام‌شده است. از سوی دیگر، از داده‌های لرزه‌ای محدود موجود نیز استفاده‌شده و جهت‌یابی تنش مسبب زمین‌لرزه‌های رخداده استخراج گردیده است. بدین ترتیب، با توجه به مجموع داده‌ها و مباحث عنوان‌شده، نتایج زیر حاصل گردید.

۱- در کل البرز، بردار فشاری غالب بر بردار کششی بوده و بر این اساس رخدادهای زمین‌لرزه‌ای آتی از نوع فشاری با مؤلفه‌ی برشی پیش‌بینی می‌شود.

۲- با توجه به فشاری بودن رخدادهای لرزه‌ای این گستره، بزرگای زمین‌لرزه‌ها، بالا با دوره بازگشت طولانی است.

۳- بردار برشی گسل‌ها در البرز خاوری چپگرد و در البرز مرکزی نیز چپگرد است. با این تفاوت که هر چه از بخش مرکزی به سمت خاور پیش می‌رویم، مقدار جابجایی برشی بیشتر شده و به اهمیت بردار برشی چپگرد، افزوده می‌شود. این حرکت چپگرد در گسل‌های البرز خاوری منجر به نازک شدن پهنای البرز در بخش خاوری نیز شده است.

۴- اهمیت بردار فشاری در بخش مرکزی نسبت به بخش خاوری بیشتر بوده پس بنابراین گسل‌ها در بخش مرکزی بیشتر معکوس و در بخش خاوری معکوس امتدادلغز خواهد بود. بنابراین، رخدادهای زمین‌لرزه‌ای البرز مرکزی بزرگای بیشتری نسبت به البرز خاوری خواهند داشت. هرچند گسل‌های البرز خاوری نیز از دیدگاه لرزه‌ای جنبا و پرخطر (خطر متوسط به بالا) بوده و انتظار رخداد زمین‌لرزه‌ای با بزرگای ۵/۵ تا ۷ ریشتر دور از تصور نیست.

منابع

آقانباتی سید علی (۱۳۸۳)، زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.

پدرامی منوچهر (۱۳۶۷)، سن مطلق مرز زیرین کواترنر در حدود ۶۰۰ هزار سال است. مجله علوم دانشگاه تهران، سال هفدهم، شماره ۳-۴، صص ۱۰۵-۱۱۴.

خرمی فاطمه، حسامی خالد، نانکلی حمیدرضا، توکلی فرخ (۱۳۹۰)، بررسی زمین‌ساخت جنبا در منطقه البرز با استفاده از مشاهدات شبکه دائمی GPS، فصلنامه علمی پژوهشی علوم زمین، سال بیست و یکم، شماره ۸۲، صص ۲۲۳-۲۳۰.

قدیمی افسانه، مقتصد آذر خسرو، نانکلی حمیدرضا (۱۳۹۵)، مطالعه تغییر شکل هندسی پوسته زمین در منطقه البرز با استفاده از داده‌های GPS و مشاهدات لرزه‌نگاری، نشریه علمی پژوهشی علوم و فنون نقشه‌برداری، سال پنجم، شماره چهار، صص ۱۸۷-۱۹۸.

نبوی محمد حسن (۱۳۵۵)، دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران: انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰۹ ص.

Allenbach, P., (1966), Geologie und Petrographie des Damavand und seiner Umgebung (Zentral-Elburz) Iran. Diss. ETH Zürich, 145 p.

Ambraseys, N. N. (1974), Historical seismicity of north-central Iran In Materials for the study of seismotectonic of Iran; North Central Iran. Geol. Surv. Iran, 29, 47-95.

Ambraseys, N. N. (1968), early earthquakes in North-Central Iran. Bulletin of the Seismological Society of America, 58(2), 485-496.

Angelier, J. (1975), Sur l’analyse de measures recueillies dans des sites failles: l’utilite d’ une confrontation entre les methods dynamiques et cinematiques. CR Seances Acad. Sci. Paris D 281, 1805–1808.

Angelier, J. (1979), Determination of the mean principal directions of stresses for a given fault population. Tectonophysics, 56(3–4), TI7–T26.
Angelier, J. (1984), Tectonic analysis of fault slip data sets. J. Geophys. Res. 89(B7), 5835–5848.
Angelier, J. (1990), Inversion of field data in fault tectonics to obtain the regional stress III: a new rapid direct inversion method by analytical means. Geophys. J. Int. 103(2), 363–376.
Angelier, J., Goguel, J. (1979), Sur une méthode simple de determination des axes principaux des contraintes pour une population defailles. CRA cad. Sci. 288(1), 307–310.
Angelier, J., Mechler, P. (1977), Sur une méthode graphique de recherché des contraintes principals' également utilizable en tectonique et en séismologie: la method des dièdres droits. Bull. Soc. Géol. France 7(19(6)), 1309–1318.
Ballato, P., Cifelli, F., Heidarzadeh, Gh., Ghassemi, M. R., Wickert, A. D., Hassanzadeh, J., Dupont-Nivet, G., Balling, Ph., Sudo, M., Zeilinger, G., Schmitt, A. K., Mattei, M., Strecker, M. R. (2016), Tectono-sedimentary evolution of the northern Iranian Plateau: insights from middle-late Miocene foreland-basin deposits. Basin Research, 29(4), 417-446.
Ballato, P., Landgraf, A., Schildgen, T. F., Stockli, D. F., Fox, M., Ghassemi, M. R., Kirby, E., Strecker, M. R. (2015), The growth of a mountain belt forced by base-level fall: Tectonics and surface processes during the evolution of the Alborz Mountains, N Iran. Earth and Planetary Science Letters, 425, 204-218.
Berberian, M., Qorashi, M., Jackson, J., Priestley, K., Wallace, T. (1992), The Rudbar-Tarom earthquake of 20 June 1990 in NW Persia: Preliminary field and seismological observations, and its tectonic significance. Bulletin of the Seismological Society of America, 82(4), 1726-1755.
Berberian, M. (1983), The southern Caspian: A compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust. Canadian Journal of Earth Sciences, 20(2), 163-183.
Bobek, H. (1937), Die Rolle der Eiszeit in Nordwestiran, Borntraeger.
Carey, M. E., Brunier, M.B. (1974), Analyse théoretique et numérique d une modèle mécanique élémentaire applique a l étude d une population de failles. CR Acad. Sci 279 D, 891–894.
Delvaux, D. and B. Sperner (2003), New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program. Geological Society, London, Special Publications, 212(1), 75-100.
Djamour, Y., Vernant, Ph., Bayer, R., Nankali, H.R., Ritz J-F., Hinderer, J., Hatam, Y., Luck, B., Le Moigne, N., Sedighi, M., Khorrami. F. (2010), GPS and gravity constraints on continental deformation in the Alborz Mountain range, Iran. Geophysical Journal International, 183(3), 1287-1301.
Etchecopar, A., Vasseur, G., Daignieres, M. (1981), An inverse problem in micro- tectonics for the determination of stress tensors from fault striation analysis. J. Struct. Geol. 3(1), 51–65.
Ehlers, E. (1971), Sudkaspisches Tiefland (Nordiran) und Kaspisches Meer: Beitrage zu ihrer Entwicklungsgeschichte im Jung-und Postpleistozan. Tübinger Geogr. Studien, 44.
Fedorov, P. V. (1957), Stratigraphie pleistozäner Sedimente und die Entwicklungsgeschichte des Kaspischen Meeres. Trudy GeoI, 10.
Fry, N. (1999), Striated faults: the visual appreciation of their constraint on possible palaeostress tensors. J. Struct. Geol. 21(1), 7–27.
Gansser, A., (1969), The large earthquakes of Iran and their geological frame: Eclog. Geol. Helv., 62(2), 443-466.
Gephart, J.W. (1990), Stress and the direction of slip on fault planes. Tectonics 9(4), 845–858.
Gephart, J.W., Forsyth, D.W. (1984). An improved method for determining the regional stress tensor using earthquake focal mechanism data: application to the San Fernando Earthquake sequence. J. Geophys. Res. 89 (B11), 9305–9320.
Gillard, D. and M. Wyss (1995), Comparison of strain and stress tensor orientation: Application to Iran and southern California. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 100(B11), 22197-22213.
Hardcastle, K.C., Hills, L.S. (1991), Brute3 and Select: Quick Basic 4 program for determination of stress tensor configurations and separation of heterogeneous populations of fault slip data. Comput. Geosci. 17(1), 23–43.
Huang, Q. (1988), Computer-based method to separate heterogeneous sets of fault- slip data into subsets. J. Struct. Geol. 10(3), 278–299.
Jackson, J., Priestley, K., Allen, M., Berberian, M. (2002), Active tectonics of the South Caspian Basin. Geophysical Journal International, 148(2), 214-245.
Jackson, J. and D. McKenzie (1984), Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. Geophysical Journal International, 77(1), 185-264.
Javidfakhr, B., Bellier, O., Shabanian, E., Siame, L., Léanni, L., Bourlès, D., Ahmadian, S. (2011), Fault kinematics and active tectonics at the southeastern boundary of the eastern Alborz (Abr and Khij fault zones): Geodynamic implications for NNE Iran., Journal of Geodynamics, 52(3), 290-303.
Jung, D., Kursten, M. and Tarkian, M., (1976), Post- Mesozoic volcanism in Iran and its relation to the subduction of the Afro-Arabian under the Eurasian plate. In: Pilger, A., Rosler, A., (Eds.), afar between continental and oceanic rifting. Schweizerbartsche Verlagbuchhandlung, Stuttgart, 175-181.
Krejci, D., Richter, C. (1991), SPLIT: a Turbo-C program for the graphical representation and separation of fault-slip data sets. Comput. Geosci. 17(6), 801–811.

Krumsiek, K. (1976), Zur Bewegung der Iranisch-Afghanischen Platte. Geologische Rundschau, 65(1), 909-929.
Lisle, R.J. (1988), ROMSA: a BASIC program for paleo stress analysis using fault- striation data. Comput. Geosci. 14(2), 255–259.
Lisle, R.J., Orife, T. (2002), STRESSTAT: a Basic program for numerical evaluation of stress inversion results. Comput. Geosci. 28(9), 1037–1040.
Masson, F., Anvari, M., Djamour, Y., Walpersdorf, A., Tavakoli, F., Daignières, M., Nankali, H., Van Gorp, S. (2007), Large-scale velocity field and strain tensor in Iran inferred from GPS measurements: new insight for the present-day deformation pattern within NE Iran. Geophysical Journal International, 170(1), 436-440.
Masson, F., Chéry, J., Hatzfeld, D., Martinod, J., Vernant, P., Tavakoli, F., Ghafory-Ashtiani, M. (2004), Seismic versus aseismic deformation in Iran inferred from earthquakes and geodetic data. Geophysical Journal International, 160(1), 217-226.
Mostafa, M.E. (2005), Iterative direct inversion: an exact complementary solution for inverting fault-slip data to obtain palaeostresses. Comput. Geosci. 31(8), 1059–1070.
Mousavi, Z., Walpersdorf, A., Walker, R. T., Tavakoli, F., Pathier, E., Nankali, H., Nilfouroushan, F., Djamour. Y. (2013), Global Positioning System constraints on the active tectonics of NE Iran and the South Caspian region. Earth and Planetary Science Letters, 377-378, 287-298.
Nabavi, M.S., (1972), The seismicity of Iran [M. Phil. Thesis]: London, Imperial College, London University. 273p.
Nemčok, M., Lisle, R.J. (1995), A stress inversion procedure for more polyphase fault/slip data sets. J. Struct. Geol. 17(10), 1445–1453.
Nowroozi, A. A. (1971), Seismo-tectonics of the Persian plateau, eastern Turkey, Caucasus, and Hindu-Kush regions. Bulletin of the Seismological Society of America, 61(2), 317-341.
Orife, T., Arlegui, L., Lisle, R.J. (2002), DIPSLIP: Quick Basic stress in version program for analyzing sets of faults without slip lineations. Compute. Geosci. 28(6), 775–781.
Pascal, C. (2004), SORTAN: a UNIX program focal culation and graphical presentation of fault slip as induced by stresses. Comput. Geosci. 30(3), 259–265.
Raufi, F. and O. Sickenberg (1973), Zur Geologie und Paläontologie der Becken von Lagman und Jalalabad, Geologische Jahrbuch, 3, 63-99.
Reches, Z. (1987), Determination of the tectonic stress tensor from slip along faults with Coulomb yield condition. Tectonics 6(6), 849–861.
Rivière, A., (1934), Contribution à l'étude géologique de l'Elburz (Perse). Revue de Géographie, Physique ET Géologie Dynamique, 7, 1-90.
Sasvári, Á. and Baharev, A. (2014), SG2PS (structural geology to postscript converter) – A graphical solution for brittle structural data evaluation and paleo stress calculation. Comput. Geosci. 66, 81-93.
Shan, Y., Li, Z., Lin, G. (2004), A stress inversion procedure for automatic recognition of polyphase fault/slip data sets. J. Struct. Geol. 26(5), 919–925.
Shorrock, C., Lisle, R.J. (1998), DATACON: a Quick Basic program to reformat orientation data from faults. Comput. Geosci. 24(6), 585–590.
Stöcklin, J. (1960), Ein Quershhnitt durch den ost, Elburz. Eclogae Geologicae Helvetiae, 52(2), 681-694.
Spang, J.H. (1972), Numerical method for dynamic analysis of calcite twin lamellae. Geol. Soc. Am. Bull. 83(2), 467–472.
Sperner, B., Ratschbacher, L., Ott, R. (1993), Fault striae analysis: a Turbo Pascal program package for graphical presentation and reduced stress tensor calculation. Comput. Geosci. 19(9), 1362–1388.
Taboada, A., Tourneret, C., Laurent, P. (1991), An interactive program for the graphical representation of striated faults and applied normal and tangential stresses. Comput. Geosci. 17(9), 1281–1310.
Tchalenko, J.S. (1974), Recent Destructive Earthquakes in the Central Alborz (Iran). Engineering Seismology, Imperial College, London.
Tobore, O., Lisle, R.J. (2003), Numerical processing of palaeostress results. J. Struct. Geol. 25(6), 949–957.
Turner, F.J. (1953), Nature and dynamic interpretation of deformation lamellae in calcite of three marbles. Am. J. Sci., 251, 276–298.
Vernant, Ph., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M. R., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, J., Ashtiani, A., Bayer R., Tavakoli, F., Chéry, J. (2004), Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman. Geophysical Journal International, 157(1), 381-398.
Will, T.M., Powell, R. (1991), A robust approach to the calculation of paleo stress fields from fault plane data. J. Struct. Geol. 13(7), 813–821.
Yin, Z.M., Ranalli, G. (1995), Estimation of the frictional strength of faults from inversion of fault-slip data – a new method. J. Struct. Geol. 17(9), 1327–1335.

Zarifi, Z., Nilfouroushan, F., Raeesi, M. (2013), Crustal Stress Map of Iran: Insight from Seismic and Geodetic Computations. Pure and Applied Geophysics, 171(7), 1219-1236.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۵/۱۵
تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۲۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۱۱
صفحات: ۱۵۰ - ۱۲۹

بکارگیری مدل شبکه عصبی پرسپترون چند لایه (M .L.P) در پهنه بندی آسیب‌پذیری شهری با تأکید بر زلزله(مورد مطالعه منطقه۲۰ شهرداری تهران)

لقمان محمودی[۱]، محمد تقی رضویان[۲]، مرتضی قورچی[۳]* ، عباس استاد تقی زاده[۴]

چکیده

منطقه ۲۰ (شهر ری) جنوبی‌ترین منطقه شهری، شهرداری تهران با ۴۵۳۷۴۰ نفر جمعیت و وسعت ۲۲ کیلومترمربع داخل محدوده شهری و ۱۷۸ کیلومترمربع خارج محدوده است. خطر زمین‌لرزه در این منطقه به دلیل موقعیت جغرافیایی و زمین‌ساختی، وجود گسل‌های متعدد در اطراف آن، وقوع زلزله‌های مخرب تاریخی متعدد در محدوده آن و سایر شواهد زمین‌ساخت و زمین‌شناختی بسیار بالا ارزیابی می‌شود. این پژوهش با بررسی وضع موجود و تحلیل و سطح‌بندی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های منطقه و با بهره‌گیری مدل MLP راهبرد تازه‌ای را در این خصوص ارائه نموده است. نتایج حاصل از مدل بر اساس متغیرهای ورودی نشان می‌دهد که روش استاندارد طبقه‌بندی نسبت به روش استاندارد حداکثر و حداقل از کارایی و دقت بالاتری برخوردار است. با مشاهده نقشه روش استاندارد طبقه‌بندی در مدل بکار گرفته‌شده، درمی‌یابیم که لکه‌های نارنجی و تقریباً آبی که بیشتر در مرکز منطقه پراکنده‌شده‌اند بیشترین همبستگی را با بافت‌های فرسوده را داشته و درجه آسیب‌پذیری بالایی را به خود اختصاص داده است. بر اساس نتایج حاصل از مدل موردنظر به لحاظ گستردگی و پهنه آسیب‌پذیری، از مساحت کل منطقه، ۲۱ درصد دارای آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا، ۶۱درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط، ۱۸درصد از مساحت منطقه دارای آسیب‌پذیری کم می‌باشد و نتایج لایه‌های جمعیتی نشان می‌دهد که ۵۶/۸درصد از کل جمعیت منطقه دارای درجه آسیب‌پذیری بالا، بسیار بالا و ۲۷/۹درصد با درجه متوسط آسیب‌پذیری و ۱۴/۱درصد با درجه آسیب‌پذیری کم می‌باشد که نشان‌دهنده تراکم جمعیتی در ساختمان‌های فرسوده با عرض معابر کم می‌باشد. نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل لایه‌ها نشان می‌دهد که بیشترین آسیب‌پذیری به لحاظ نوع مصالح به ترتیب آجری، نیمه فلزی، فلزی و به لحاظ کاربری مراکز آموزشی، کلینک و درمانگاه‌ها از بیشترین درجه آسیب‌پذیری برخوردار بودند.

واژگان کلیدی: مدل M.L.P، روش استاندارد حداکثر- حداقل، سکونتگاه‌های شهری، بافت فرسوده.

[۱]- دانشجوی دکتری، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی تهران
[۲]- استاد، گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه شهید بهشتی تهران
[۳]- استادیار گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری ، دانشگاه شهید بهشتی تهران (نویسنده مسئول) m_ghourchi@sbu.ac.ir
[۴]- استادیار گروه سلامت در حوادث و بلایا، دانشگاه علوم پزشکی تهران

مقدمه

امروزه حدود نیمی از جمعیت شش‌میلیاردی کره زمین در شهرها ساکن هستند و پیش‌بینی شده است که برای ۳۰ سال آینده، از ۲/۲ میلیارد جمعیتی که به ساکنان زمین افزوده خواهند شد، ۱/۲ میلیارد ساکن شهرها خواهند بود و انتظار می‌رود یک میلیارد از این جمعیت در شهرهای کشورهای درحال‌توسعه متولد شوند (الکساندرد، ۲۰۰۷). جدا از افزایش بلایای طبیعی طی دهه‌های گذشته، افزایش قربانیان به دلیل افزایش آسیب‌پذیری جوامع شهری است. بیشترین تعداد حوادث ناگوار در سال ۲۰۰۰به ثبت رسیده است (۸۵۰ حادثه) که ۱۴ درصد از این حوادث به زمین‌لرزه و رانش زمین اختصاص داشته است. علاوه بر این در این سال از هر ۳۰ نفر ۱ نفر در سرتاسر جهان از بلایای طبیعی متأثر گشته است (رضوانی، ۲۰۰۹). چنین برآورد شده است که در هزاره سوم، مخاطرات طبیعی، شهرها و کلان‌شهرهای واقع در نواحی مستعد شناسایی‌شده را درخواهند نوردید که این حوادث در شهرهای کشورهای درحال‌توسعه، جایی که ساختارهای مقاوم در برابر حوادث وجود نداشته و یا به‌خوبی تحکیم نیافته است، خسارت‌های جبران‌ناپذیری را به همراه خواهند داشت (نوجیما و سوگیتو، ۲۰۰۰). با توجه به مخاطرات طبیعی[1]، کشورهای توسعه‌یافته مانند ایالات‌متحده امریکا و ژاپن مدل‌های مختلفی را برای شناسایی ارزیابی آسیب‌پذیری[2] بکار می‌گیرند و از شاخص‌های مانند کمترین عملکرد پل‌ها، سرویس‌های فوریت پزشکی، بیمارستان‌ها، خطوط انتقال نیرو، موقعیت مکانی سکونت‌گاه‌ها، بزرگراه‌ها و ... استفاده می‌نمایند. در ارتباط با آسیب‌پذیری فضاهای شهر، پژوهش‌های در سطح دنیا و کشور انجام‌گرفته است. به‌عنوان‌مثال مارتینلی[3] (مارتینلی، ۲۰۰۸) ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌ها را برای شهرهای ایتالیا با استفاده از مدل (risk-ue) بررسی نموده و خسارت‌های ناشی از زلزله را در سناریوهای مختلف تخمین زده است. بوتر[4] (بوتر، ۲۰۰۹) نقش اطلاعات جغرافیایی را در مورد آسیب‌پذیری فضاهای شهر بررسی نموده و زیر ساختار داده‌های مکانی به پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری اجتماعی و کالبدی در شهر مدلین[5] واقع در کشور کلمبیا پرداخته است. محمدی ده چشمه (۱۳۹۰) در رساله‌ی دکتری خود با عنوان مدل‌سازی مؤلفه‌های ریسک‌پذیر مؤثر در ایمن‌سازی شهر کرج به ارزیابی مؤلفه‌های ایمن‌ساز اجتماعی، کالبدی و محیطی شهر کرج پرداخته است. مدیری (۱۳۸۹) در رساله‌ی دکتری خود با عنوان الزامات مکان‌یابی تأسیسات شهری (با تأکید بر تأسیسات آب شهری) و ارائه‌ی الگوی بهینه از دیدگاه پدافند غیرعامل به الزامات شهر سازانه‌ی پدافند غیرعامل با تأکید بر راهکارها، شاخص‌ها و معیارهای مکان‌یابی تأسیسات شهری با حداقل امکانات و حداکثر پایداری پرداخته است. عباسی زرگله (۱۳۹۳) در پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خود با عنوان ملاحظات پدافند غیرعامل در طرح جامع شهر کرج، شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی مطرح نموده است. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد سه دیدگاه در زمینه‌ی آسیب‌پذیری شهری در ایران است. دیدگاه نخست نگرش متخصصان پدافند غیرعامل و مدیریت بحران است که بیشتر تأکید بر کاربری‌های خطرزای شهری و زیرساخت‌های شهری دارد. دیدگاه دوم

1 Natural hazards
2 Identify vulnerability assessment
3 Martinelli A., Cifani G
4 Botero Fernandez V
5 Medellin

نگرش متخصصان جغرافیا-مخاطرات محیطی است که بیشتر بر عوامل طبیعی تأکید دارد و دیدگاه سوم نگرش شهرسازی- جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری است که بیشتر بر مؤلفه‌های سازه‌های بافت و تراکم شهر تأکید دارد. پیشگاهی فرد و همکارانش (۱۳۹۱) در پژوهشی با نام مدل‌سازی مناطق خطرپذیر با استفاده از مدل AHP در محیط GIS برای مدیریت بحران شهری موردی (منطقه ۸ تبریز) مؤلفه‌هایی چون فاصله از گسل، کیفیت بناها، تراکم جمعیت، مراکز درمانی و اماکن نظامی را مهم‌ترین مؤلفه‌های تأثیرگذار در آسیب‌پذیری نواحی شهر انتخاب کردند و بر اساس آن پهنه‌ی آسیب‌پذیری شهر تبریز را استخراج کردند. رحمتی قائد صفر و همکاران (۱۳۹۰) آسیب‌پذیری بافت شهری منطقه‌ی ۲ شهرداری تهران را با استفاده از مدل ANP [1]و تکنیکFuzzy در سه بخش کالبدی، اجتماعی و محیطی بررسی نمودند. نتایج نشان داده است که بافت شهری منطقه‌ی ۲ شهرداری تهران به میزان متوسط و بالایی آسیب‌پذیر است و این میزان در مناطق شرقی و جنوبی، با توجه به نتایج حاصل از تکنیک فازی بیشتر است. تولایی و همکاران (۱۳۹۲) به بررسی میزان آسیب‌پذیری تعیین مناطق مسکونی محله قرادیان شهرستان سنندج در برابر زلزله با استفاده از مدل فازی پرداختند که نتایج حاصل از این پژوهش نشان داده است تراکم جمعیتی بالا، بالا بودن بعد خانوار، پایین بودن مالکیت ساختمان، ضریب اشغال بالا، کوچک بودن قطعه‌ها، معابر با عرض کم و بن‌بست، عدم دسترسی به فضاهای باز و مناسب و عمر بالای ساختمان‌ها و مقاومت پایین سازه‌ها در برابر زلزله از ویژگی‌های این محدوده است. احد نژاد و همکاران (۱۳۸۸) در محیط GIS با تأکید بر مکان‌یابی کاربری ویژه، به بررسی کاهش خسارت ناشی از زلزله و مدیریت بهینه بحران با استفاده از روش[2]AHP در بافت فرسوده شهر تبریز پرداختند که مراکز درمانی، بهداشتی، آموزشی به‌عنوان کاربری‌هایی که در شرایط بحران جهت خدمات اورژانس و اسکان موقت افراد نیاز می‌باشند به‌عنوان کاربری‌های ویژه موردمطالعه قرارگرفته‌اند. حسن‌زاده و همکاران (۱۳۸۸) در مقاله‌ای به پهنه‌بندی و بررسی مدیریت بحران زلزله با استفاده از روش FUZZY در منطقه ۳۱ کرمان پرداختند که نتایج نشان داد ۸۸ درصد سازه‌های این ناحیه دارای آسیب‌پذیری بیش از ۰۵ درصد، ۰درصد دارای مقاومت متوسط و حدود ۷ درصد دارای مقاومت خوب در برابر شدت برآوردی می‌باشند. تانک[3] (۲۰۱۶) در مقاله‌ای به بررسی خطرپذیری زلزله در شهرستان ماندالی کشور میانمار که در نزدیکی گسل فعال سگینگ قرار دارد، پرداخت. با استفاده از لایه‌های اطلاعاتی لرزه‌ای، زمین‌شناسی، گسل و روش AHP، خطرپذیری شهرستان را به ۵ منطقه با خطر بسیار بالا، بالا، متوسط، کم و بسیار کم تقسیم نمودند که نتایج نشان داده است که بیشترین خطر، در قسمت غربی شهرستان ماندالیکه نزدیک به گسل سگینگ و کمترین خطر در محدوده تپه ماندالی و قسمت‌های شرقی شهرهای پی جی و گون قرار دارد. اردین[4] (۲۰۱۲) در مقاله‌ای به تجزیه‌وتحلیل پارامترهای مربوط به زلزله برای شهر کوچک کچمجه با استفاده از لایه‌های توپوگرافی، فاصله از مرکز زلزله، طبقه‌بندی خاک، روان گرایی و گسل به روش سلسله مراتبی (AHP) پرداخت که درنتیجه به تولید نقشه خطرپذیری شهر منجر شد. صدری کیا و همکاران (۲۰۱۷) آسیب‌پذیری

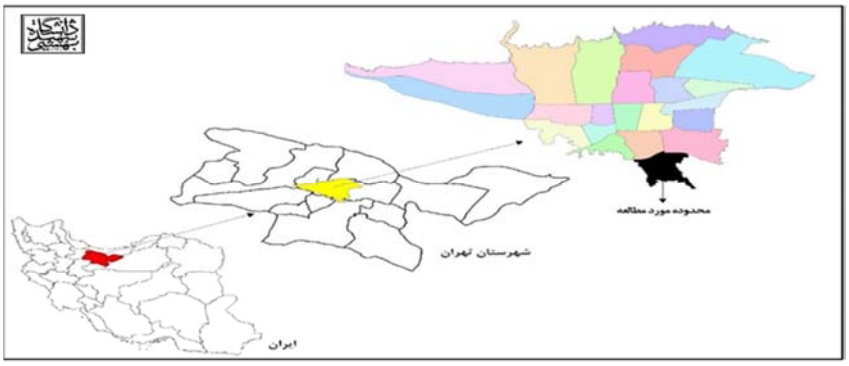
1Analytical Network Process
2Analytical Hierarchy process
3Nwe Z, Thwe tunk
4Erden, T, Karaman H

ناشی از زمین‌لرزه را با تکنیک مجموعه‌های TOPSIS[1]فازی و AHP در مناطقی که داده‌های ناکافی در این زمینه دارند، با استفاده از سه روش ارزیابی نمودند. نمونه موردی آنها در این مطالعه شهر تبریز بود. شاخص‌های موردپژوهش آنها شامل شیب، فاصله از گسل، زمین‌شناسی، نوع بافت، سن بافت، سطح آب زیرزمینی، تعداد طبقه‌ها و سن ساختمان‌ها می‌باشد. با توجه به نتایج به‌عمل‌آمده، روش فازی در تعیین تأثیرهای معیارهای آسیب‌پذیری لرزه‌ای از اولویت بالاتری برخوردار است. محمدپور و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ای به شناسایی و توسعه ارتباط برنامه‌ریزی شهری و مدیریت بحران زلزله، به‌منظور کاهش آسیب‌پذیری لرزه‌ای در بافت قدیمی محله سیروس شهرداری تهران، منطقه۱۲ پرداختند و درنهایت به این نتیجه رسیدند که می‌توان از طریق تحلیل آسیب‌پذیری لرزه‌ای در بافت قدیمی شهری به نقش برنامه‌ریزی شهر برای پارامترهای ساختاری در زمینه‌ی مقابله با زلزله اشاره نمود. چن نن هانگ و همکاران (۲۰۱۴) در مقاله خود به بررسی آسیب‌پذیری و وابستگی متقابل زیرساخت‌های حیاتی شهر در تایوان پرداخته‌اند. کریمی کردآبادی و همکار (۱۳۹۴) در پژوهش خود با استفاده از مدل ترکیبی، Expert Choice و Arc GISو با به‌کارگیری نرم‌افزارهایAHP به پهنه‌بندی خطر زلزله و تأثیر آن در امنیت شهری منطقه یک شهر تهران پرداخته‌اند. متغیرها و شاخص‌های به کار گرفته‌شده جهت ارزیابی و پهنه‌بندی خطر زلزله در منطقه یک کلان‌شهر تهران شامل: کاربری اراضی، فاصله از مراکز خدمات شهری، زمین‌شناسی، فاصله از گسل‌ها، فاصله از جاده، ناپایداری مصالح و فاصله از مناطق پرتراکم جمعیت است. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که منطقه یک کلان‌شهر تهران به‌شدت درخطر زلزله‌خیزی قرار دارد و مناطق دارای خطر خیلی زیاد و زیاد در حدود ۵۰ درصد مساحت منطقه یک را در برمی‌گیرند. جلالیان و همکار (۱۳۹۴) با استفاده از مدل فرایند تحلیل سلسله مراتبی و روش تحلیل چند معیاری فضایی و با به‌کارگیری پنج شاخص گسل، جنس زمین، شیب، زمین‌لغزش و تراکم جمعیت به پهنه‌بندی آسیب‌پذیری زلزله در بخش چورزق شهرستان طارم اقدام نمودند. نتایج حاصل از تحقیق آنها نشان می‌دهد که بخش عمده‌ای از شهرستان طارم و سکونت‌گاه‌های روستایی منطقه در پهنه‌های با خطر بالا (۴۵,۷۱درصد) و خیلی بالا (۱۴,۷۱ درصد) قرارگرفته است. امینی ورکی و همکاران (۱۳۹۳) در پژوهشی به شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آن با استفاده از روش کیو پرداختند و با تجمیع دیدگاه‌های مختلف، مؤلفه‌های تأثیرگذار در آسیب‌پذیری شهرها شناسایی و تعیین شد. یافته‌های پژوهش بر پایه تحلیل عاملی کیو، بیانگر سه دیدگاه در زمینه‌ی آسیب‌پذیری شهری در ایران است. پور عبدل (۱۳۹۲) در پژوهشی به تحلیل آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در بافت کالبدی شهر کرج پرداختند و عوامل آسیب‌زا و آسیب‌پذیر در رابطه با زلزله را موردمطالعه قراردادند. همچنین درجه‌های آسیب‌پذیری هر یک از متغیرها و چگونگی پراکنش آنها را موردبررسی قرار داده و با استفاده از منطق فازی و تلفیق لایه‌ها به این نتیجه رسیدند که متغیرهای تراکم جمعیت، فاصله از گسل و عرض معابر دارای بیشترین تأثیر در میزان آسیب‌پذیری نواحی می‌باشند. قنبری و همکاران (۱۳۹۲) در مقاله خود به شناسایی و پهنه‌بندی محدوده شهر تبریز ازنظر میزان آسیب‌پذیری در مقابل خطر زمین‌لرزه پرداختند. سپس با استفاده از مدل‌های وزن دهی معیار، تحلیل سلسله مراتبی و شاخص همپوشانی نقشه GIS توابع تحلیلی نرم‌افزار

5echnique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

نهایی پهنه‌بندی آسیب‌پذیری شهر در مقابل زلزله تهیه گردید. نتایج حاصل از تحقیق نشان می‌دهد مدل‌ها شباهت زیادی باهم داشتند؛ با این تفاوت که نواحی با خطر بسیار بالا در مدل تحلیل سلسله مراتبی پراکندگی بیشتری نسبت به مدل شاخص همپوشانی داشته و بیشتر قسمت‌های شهر در مدل شاخص همپوشانی در پهنه‌های خطر متوسط قرار گرفتند. در یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت شهر تبریز ازنظر خطر زمین‌لرزه وضعیت مطلوبی نداشته و بیشتر قسمت‌های پرتراکم شهری، بخصوص قسمت‌های شمالی و مرکزی شهر، در پهنه‌های آسیب‌پذیری و خطر بسیار بالا و بالا قرار دارند. شریفی کیا و همکاران (۱۳۹۰) در مقاله‌ای به تحلیل آسیب‌پذیری ناشی از مخاطرات زمینی در ناحیه پرمخاطره و پرجاذبه ولشت پرداختند. یافته تحقیق آنها مؤید آسیب‌پذیر بودن کلیه مسکن‌ها و جمعیت ساکن در آن با درجه آسیب‌پذیری متفاوت بود. ساسان پور و همکاران (۱۳۸۹) در مقاله‌ای افزایش شدت میزان و نحوه آسیب‌پذیری مناطق و واحدهای شهری از زلزله را در اثر عوامل انسان‌ساخت در منطقه پنج کلان‌شهر تهران ارزیابی نمودند. منطقه ۲۰ (شهرری) جنوبی‌ترین منطقه شهری، شهرداری تهران بر اساس آمار سال ۱۳۹۵ با ۴۵۳۷۴۰ نفر جمعیت و وسعت ۲۲ کیلومترمربع داخل محدوده شهری و ۱۷۸ کیلومترمربع حریم بوده، همچنین این منطقه دارای پنج ناحیه داخل محدوده و دو ناحیه خارج محدوده و ۲۰ محله می‌باشد (شکل۱). خطر زمین‌لرزه در این منطقه به دلیل موقعیت جغرافیایی و زمین‌ساختی، وجود گسل‌های متعدد در اطراف آن، وقوع زلزله‌های مخرب تاریخی متعدد در محدوده آن و سایر شواهد تکتونیکی و زمین‌شناختی، بسیار بالا ارزیابی می‌شود. قدیمی‌ترین زمین‌لرزه موجود در کتاب‌های تاریخی و مربوط به ۳۰۰ سال قبل از میلاد مسیح (واپسین روزهای دوره هخامنشی) است که به‌موجب آن نزدیک به ۲ هزار آبادی در گستره میان شهرری و ایوانکی نابود و شهرری نیز به‌کلی ویران‌شده است. شمار دقیق تلفات انسانی این زمین‌لرزه به‌درستی روشن نیست، ولی به‌احتمال بسیار، تلفات زیاد و زمین‌لرزه بزرگ بوده که باعث گسلش سطحی در شهرری و پیرامون ایوانکی (از شهر ری تا ایوانکی) شده است. این زمین‌لرزه باید ازجمله ویران‌کننده‌ترین زمین‌لرزه‌های تاریخ باشد که تاریخ‌نویسان یونان به تشریح آن پرداخته‌اند. بزرگی این زمین‌لرزه حدود ۷/۶ MS = و شدت آن IO=X تخمین زده شده است (امبرسز[1]، ۱۹۷۱). علی‌رغم فعال بودن پهنه تهران و ثبت زمین‌لرزه‌های متعدد کوچک در این پهنه، در قرن حاضر زمین‌لرزه‌ای مخرب در این گستره رخ نداده است و این نبود لرزه‌ای را باید نشانه‌ای از تجمع انرژی دانست که احتمال وقوع زمین‌لرزه‌ای ویرانگر را افزایش می‌دهد (حسینی و فتحی، ۲۰۰۷). این پژوهش درصدد است با بررسی وضع موجود و تحلیل و سطح‌بندی آسیب‌پذیری سکونت‌گاه‌های منطقه و با بهره‌گیری از سیستم‌های تصمیم‌گیری و سیستم اطلاعات جغرافیایی G.I.S و با در نظر گرفتن مؤلفه و شاخص‌های مختلف مدل و راهبرد تازه‌ای را در این خصوص ارائه نماید. به‌عبارت دیگر، این پژوهش به‌دنبال پاسخ به این سوال میباشد؛ چه الگوی و مدل مناسبی میتوان برای شناسایی آسیب پذیری سکونت‌گاههای شهری منطقه ۲۰شهر تهران ارائه داد؟

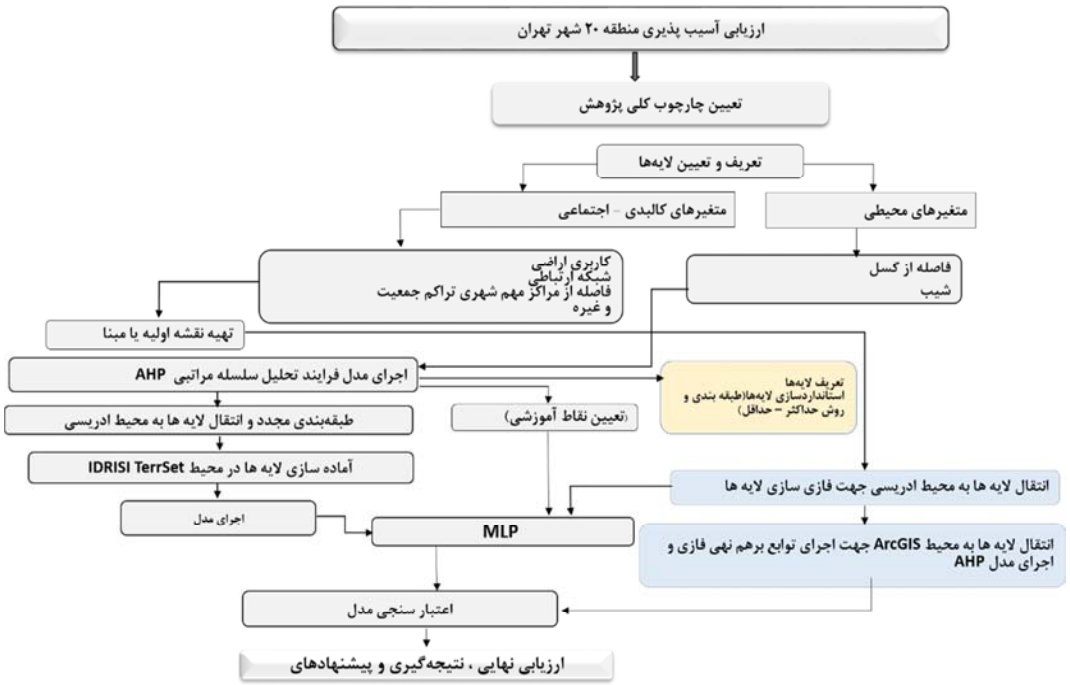
[1] Ambraseys



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه ۲۰ تهران*منبع: نگارندگان*

داده‌ها و روش تحقیق:

به‌طورکلی، داده‌ها شامل داده‌های مکانی (نقشه) و داده‌های توصیفی (غیر فضایی) می‌باشند. داده‌ها و اطلاعات بالا از طریق مراجعه به مراکز و سازمان‌های مربوطه ازجمله شهرداری، سازمان مسکن و شهرسازی و ... اخذ شدند. این داده‌ها و اطلاعات به‌دست‌آمده به‌منظور تحلیل‌های موردنظر ویرایش و آماده شدند که هرکدام بنا به شیوه و روش موردنیاز خود به‌تفصیل توضیح داده خواهند شد. این پژوهش در دسته مطالعه‌های کمی قرار دارد و بر اساس ماهیت و روش از نوع تحقیق‌های توصیفی- تحلیلی و به لحاظ قابلیت اجرایی داشتن نیز از نوع توسعه‌ای- کاربردی است. به‌طورکلی فرایند این پژوهش را می‌توان در شکل۲ خلاصه نمود.



شکل ۲: نمودار فرایند کلی انجام پژوهش منبع: *نگارندگان*

ورود اطلاعات به کامپیوتر

در این مرحله اطلاعات جمع‌آوری‌شده چه در قالب رایانه و چه به‌صورت اسناد غیر رایانه‌ای در فرمت‌های مخصوص به خود وارد کامپیوتر شدند. اطلاعات مکانی با فرمت Autocad و برخی نیز با فرمت Shapfile به محیط نرم‌افزار ۱۰,۴ArcGIS انتقال داده شدند، ویرایش‌های لازم ازجمله اصلاح‌های مکانی، تغییرهای بانک اطلاعاتی و ... در این نرم‌افزار انجام گرفت. این مرحله یکی از مراحل مهم و کلیدی انجام این پژوهش بوده، زیرا اطمینان از صحت و دقت اطلاعات در این مرحله انجام می‌گیرد و در صورت بروز هرگونه اشتباهی، نتایج مدل‌های بکار گرفته‌شده با خطا همراه شده و درنتیجه می‌تواند ماهیت پژوهش را زیر سؤال ببرد؛ بنابراین در این مرحله دقت بسیار زیادی در انتخاب نوع لایه و مرجع اخذ لایه‌ها و همچنین میزان دقت آن صورت پذیرفت.

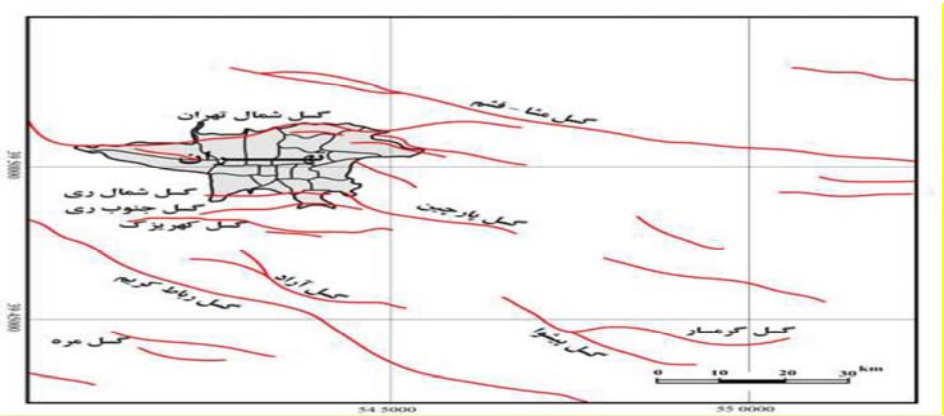
مدیریت و ساماندهی اطلاعات

تبدیل و آماده‌سازی داده‌ها (نقشه) با مشکلات زیادی همراه بوده و نیازمند ویرایش (چه قبل و چه بعد از ورود به محیط GIS) بودند. درنهایت بعد از ویرایش اولیه، ضمن فراخوانی نقشه‌ها در محیط GIS، مجدد نقشه‌ها هم ازنظر مکانی و هم ازنظر جدول توصیف‌های نقشه اصلاح و ویرایش نهایی شدند.

الف - تهیه نقشه‌های اولیه

از هر لایه بر اساس ماهیت و هدف کار، نقشه اولیه تهیه شد. به‌عنوان‌مثال برای تهیه نقشه‌های فاصله (فاصله از شبکه ارتباطی، فضای سبز، مراکز مختلف مورداشاره در پژوهش و ...) از دستور فاصله اقلیدسی[1] استفاده شد. همچنین برای لایه‌هایی که تراکم دارای اهمیت بوده از روش برآورد تراکم کرنل[2] KDE استفاده گردید جدول (۱). گسل‌های موجود در محدوده موردمطالعه گسل‌های جنوب و شمال ری می‌باشد که موقعیت آنها در نقشه تعیین گردیده است شکل (۳) . گسل‌های جنوب و شمال ری شاخص‌ترین گسل‌ها در دشت‌های جنوبی تهران هستند .این گسل‌ها در سراسر هر دو سوی فرونشست ری پراکندگی دارند .فاصله بین این دو گسل تنها ۱ تا ۹ کیلومتر است و به نظر می‌رسد که منشأ هر دو گسل یکی باشد و هر دو آنها شاخه‌هایی از یک گسل باشند (جایکا،۱۳۸۵).

1 Euclidean distance
2 Kernel Density



شکل ۳: موقعیت گسل‌های شهر تهران (منبع جایکا)

جدول ۱: توابع مهم GIS مورداستفاده در پژوهش

ردیف	نوع الگوریتم یا عملکردهای بکار رفته	نوع داده موردنیاز	عملکرد در نرم‌افزار ARCGIS 10.4
۱	Intersect	برداری	به‌منظور برش و محاسبه پدیده‌ها در داخل یک محدوده تعریف‌شده.
۲	Map Algebra	رستری	محاسبات جبری نقشه‌ها
۳	Slope	رستری	تهیه نقشه شیب به درصد یا درجه
٤	Dissolve	برداری	تجمیع یک پدیده بر مبنای یک خصوصیت در بانک اطلاعاتی آن
٥	Euclidean Distance	برداری	فاصله اقلیدسی. جهت تعیین فاصله نسبت به یک پدیده خاص
٦	Reclassify	رستری	جهت طبقه‌بندی دائمی لایه‌ها – در اینجا برای استانداردسازی لایه‌ها به‌کاربرده شد.
۷	Kernel Density	رستری	تابع تراکم کرنل برای به دست آوردن تراکم نقاط و ... بر اساس شعاع عملکردی (در اینجا ۳۱۰ متر) و وزن هر پدیده (نقطه‌ای) برحسب هکتار
۸	Shapes to centroids	برداری	تهیه نقطه مرکزی پدیده‌های سطحی- در اینجا تعیین مرکز سطوح بلوک‌های سرشماری برای اجرای تابع تراکم کرنل
۹	Export Table to MS Excel	برداری	انتقال خصوصیات بانک اطلاعاتی از ArcGIS به محیط Excel
۱۰	Editor	برداری	ویرایش نقشه‌های برداری و بانک اطلاعاتی آن‌ها
۱۱	AHP Extension	مدل	جهت اجرای مدل AHP در محیط نرم‌افزار ArcGIS
۱۲	Multivariate	رستری	محاسبات آماری (ماتریس همبستگی)، مدل تحلیل مؤلفه‌های اصلی PCA
۱۳	Export data	رستری	تبدیل فرمت نقشه‌ها به فرمت قابل‌قبول در محیط نرم‌افزار IDRISI TerrSet

ب - مرحله استانداردسازی

روش طبقه‌بندی: در این روش بر اساس مطالعه‌ها و تحقیق‌های پیشین و همچنین نظرسنجی خبرگان، هر لایه به چندطبقه تقسیم و به هر طبقه یک کد ارزشی داده می‌شود. انتخاب دامنه طبقه‌ها به‌صورت معمولاً در طبقه‌های ۳-۵-۷ طبقه صورت می‌پذیرد. در این پژوهش به‌صورت ۵ طبقه در نظر گرفته شد. چراکه یکی از بهترین حالت‌های ممکن طبقه‌بندی است (۲ طبقه شرایط نامساعد، ۱ طبقه بینابین یا متوسط و ۲ طبقه نیز نمایانگر شرایط مساعد).

روش استاندارد حداکثر- حداقل[1]: در روش حداکثر – حداقل، طیفی از شرایط نامناسب تا مناسب بین صفر و یک ایجاد می‌شود. برای این منظور کافی است حداکثر کد رقومی هر لایه رستری (DN) بر کل DN های لایه مربوطه

1Maximum-minimum standard

تقسیم گردد تا نقشه استاندارد جدید ایجاد شود. فرض مهم در این روش روند خطی آن است. بدین معنی که با افزایش یا کاهش ممتد کدهای رقومی شرایط مناسب یا نامناسب حاصل گردد. باید توجه داشت که در تمام لایه‌های موردنظر روند افزایشی شرایط مساعد را نشان دهد و یا بالعکس. به‌طورکلی در این پژوهش، هدف استفاده از دو روش علاوه بر به دست آوردن دقت بیشتر، مقایسه ضمنی آنها است.

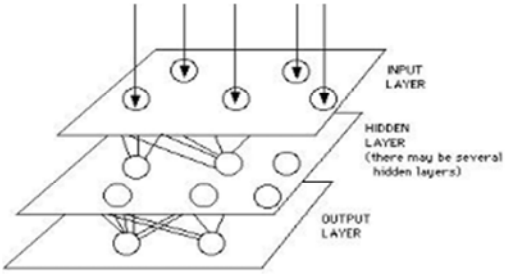
شبکه عصبی

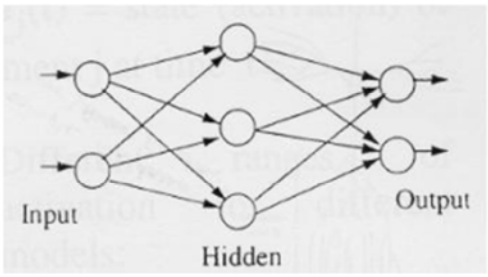
یکی از روش‌های هوش مصنوعی موردتوجه، شبکه‌های عصبی مصنوعی است که بر پایه‌ی ریاضیات و بر اساس تقلید بسیار ساده از سیستم شبکه عصبی بیولوژیک است. گرچه هنوز بیش از ۵۱ سال از ابداع روش‌های محاسباتی مبتنی بر شبکه‌های عصبی مصنوعی نمی‌گذرد، اما این شبکه‌ها به دلیل ویژگی‌هایی همچون پردازش موازی، هوشمندی و انعطاف‌پذیری جایگاه ویژه‌ای در حل مسائل پیچیده از قبیل شناخت الگو، خوشه‌بندی، مدل‌سازی، تخمین و شناسایی و پیش‌بینی برای خود بازکرده است. شبکه‌های عصبی مصنوعی دارای ساختارهایی غیرخطی بر اساس عملکرد مغز انسان هستند. شبکه عصبی مصنوعی ابزار قدرتمندی برای ایجاد مدل است، بخصوص وقتی‌که ارتباطات داده‌های زیرساختی، ناشناخته و نامشخص هستند. ساختار شبکه‌های عصبی مصنوعی به‌صورت لایه‌ای است. هر لایه شامل تعدادی گره یا نورون می‌باشد که گره‌ها به‌وسیله شبکه و با وزن‌های متفاوت به هم مربوط شده‌اند. بر اساس نحوه اتصال گره‌ها به یکدیگر شبکه‌های عصبی به دو گروه تقسیم می‌شوند.

الف - شبکه عصبی پرسپترون ساده[1]: فرانک روزن بلات[2] با اتصال نرون‌ها به طریقی ساده، شبکه عصبی پرسپترون را ابداع کرد و برای نخستین بار این مدل را در کامپیوتر پیاده و داده‌ها را تحلیل نمود (شریفی باقر،۱۳۸۴). پرسپترون تک لایه، برداری از ورودی‌ها با مقادیر حقیقی را دریافت و یک ترکیب خطی از این ورودی‌ها را محاسبه می‌کند؛ اگر حاصل از یک مقدار آستانه بیشتر بود خروجی پرسپترون برابر ۱ و در غیر این صورت معادل ۱- خواهد بود. این شیوه کار باعث می‌شود که پرسپترون یک‌لایه از قابلیت محدودی برخوردار باشد و تنها بتوان از آن برای حل مسائل ساده استفاده کرد.

ب- شبکه عصبی پرسپترون چندلایه :MLP[3]در بسیاری از مسائل ریاضی که بر اساس حل معادله‌های پیچیده غیرخطی حل می‌شود، یک شبکه پرسپترون چندلایه می‌تواند به‌سادگی با تعریف اوزان و توابع مناسب مورداستفاده قرار گیرد. توابع فعالیت مختلفی به فراخور تناسب روش در نرون‌ها مورداستفاده قرار می‌گیرد (البرزی محمود، ۱۳۸۰). یک پرسپترون چندلایه از سه نوع لایه تشکیل می‌شود. نرون‌ها عناصر تشکیل‌دهنده لایه‌ها در شبکه‌های عصبی می‌باشند. عناصر هر لایه با تمام عناصر لایه‌های دیگر در ارتباط است ولی با سایر عناصر در همان لایه ارتباطی ندارد. سه نوع لایه شبکه شامل لایه ورودی، لایه‌های میانی یا پنهان و لایه خروجی است (ماس، ۲۰۰۱). شکل (۴) به‌طور نمادین این لایه‌ها را نشان می‌دهند.

1Simple perceptron neural network
2 Frank Rosenblatt
3 Multi Layer Perceptron





شکل ۴: لایه‌های شبکه‌های عصبی مصنوعی چندلایه

مسأله اصلی در این شبکه‌ها (MLP) تعیین تعداد لایه‌های پنهان و تعداد نورون‌های آنها می‌باشد که در این رابطه نظرهای متفاوتی وجود دارد. در این مورد ثابت شده است که در شبکه‌های عصبی با یک‌لایه مخفی با تابع سیگموئید فرمول (۱) در لایه میانی و تابع خطی در لایه خروجی قادر به‌تقریب تمامی توابع موردنظر با هر درجه تقریب خواهد بود مشروط به این‌که به‌اندازه کافی نورون در لایه مخفی وجود داشته باشد.

$$O = 1/1+e\ net \qquad (۱)$$

در یک مدل نورون مصنوعی ورودی‌هایی وارد نورون می‌شوند که به‌طور خلاصه با بردار x مشخص می‌شوند. هریک از ورودی‌های نورون به یکی از سیگنال‌های ورودی متعلق است. هر سیگنال در یک وزن ارتباطی متناظر متشکل از W1,… که به‌طور خلاصه با بردار W نشان داده می‌شود، ضرب می‌گردد. مقادیر حاصل در داخل نورون جمع شده و مقدار خروجی محاسبه می‌گردد:

$$NET=X1W1+X2W2+\ldots+XnWn=\Sigma Xi.Wi \qquad (۲)$$

نتایج و بحث

معرفی لایه‌های مورداستفاده

برای این پژوهش ۱۵ لایه اطلاعاتی از منطقه موردمطالعه که شامل کالبدی و طبیعی است، در نظر گرفته شد. برای استانداردسازی به روش طبقه‌بندی پس از مطالعه و بررسی منابع مرتبط و نیز پرسشگری از خبرگان، نتایج به‌صورت جدول (۲) ارائه گردید. کلیه لایه‌ها و نقشه‌ها بر اساس جدول مورداشاره طبقه‌بندی و استاندارد گردید که حاصل آن در نقشه‌های طبقه‌بندی نمود پیداکرده است شکل (۱۱،۵،۶،۷،۸،۹،۱۰). نتایج مطالعه‌های زمین‌شناسی نشان می‌دهد که منطقه موردمطالعه از سازند لالون از ماسه‌سنگ‌های آرکوزی با سیمان سیلیسی به رنگ قرمز و صورتی و در برخی نقاط همراه با میان لایه‌های شیلی به رنگ بنفش و قهوه‌ای تشکیل‌شده است. نهشته‌های کواترنر این منطقه شامل مخروط افکنه‌ها، پادگانه‌های آبرفتی و واریزه‌ها می‌باشد که دربرونزد وسیعی در جنوب و جنوب تهران قرار دارد (جایکا،۱۳۸۵).

جدول ۲: نوع و دامنه طبقه‌های لایه‌های مورداستفاده به‌منظور آسیب‌پذیری منطقه ۲۰ شهرداری تهران

نام لایه	مناسبت	دامنه	وزن AHP
نوع مصالح	بسیار مناسب	بتنی	۷
	مناسب	فلزی	
	متوسط	نیمه فلزی	
	نامناسب	آجری	
	بسیار نامناسب	مخلوط خشت و آجر و...	
تراکم سطح اشغال	بسیار مناسب	۰ – ۵۰	۹
	مناسب	۵۱ – ۶۰	
	متوسط	۶۱ – ۸۰	
	نامناسب	۸۱ – ۱۲۰	
	بسیار نامناسب	۱۲۱ – ۲۰۰ و بالاتر	
تعداد طبقات	بسیار مناسب	۱ طبقه	۷
	مناسب	۲و ۳ طبقه	
	متوسط	۴و ۵ طبقه	
	نامناسب	۶ و ۷ طبقه	
	بسیار نامناسب	۸ طبقه و بالاتر	
تراکم تعداد واحدهای مسکونی	بسیار مناسب	۰ – ۱۵	۶
	مناسب	۱۵ – ۳۰	
	متوسط	۳۰ – ۴۵	
	نامناسب	۴۵ – ۶۵	
	بسیار نامناسب	۶۵ و بالاتر	
فاصله از مراکز آموزشی	بسیار مناسب	۴۰۰ و بالاتر	۵
	مناسب	۳۰۱ – ۴۰۰	
	متوسط	۲۰۱ – ۳۰۰	
	نامناسب	۱۰۱ – ۲۰۰	
	بسیار نامناسب	۰ – ۱۰۰	
تراکم جمعیت در هکتار	بسیار مناسب	۰ – ۳۰۰	۸
	مناسب	۳۰۱ – ۶۰۰	
	متوسط	۶۰۱ – ۹۰۰	
	نامناسب	۹۰۱ – ۱۲۰۰	
	بسیار نامناسب	۱۲۰۰ و بالاتر	
فاصله از شبکه ارتباطی اصلی	بسیار مناسب	۰ – ۱۰۰	۷
	مناسب	۱۰۱ – ۲۰۰	
	متوسط	۲۰۱ – ۳۰۰	
	نامناسب	۳۰۱ – ۴۰۰	
	بسیار نامناسب	۴۰۱ و بالاتر	
فاصله از پارک و بوستان	بسیار مناسب	۰ – ۲۰۰	۶
	مناسب	۲۰۱ – ۴۰۰	
	متوسط	۴۰۱ – ۶۰۰	
	نامناسب	۶۰۱ – ۸۰۰	
	بسیار نامناسب	۸۰۱ و بالاتر	
فاصله از مراکز درمانی و بیمارستان	بسیار مناسب	۰ – ۵۰۰	۷
	مناسب	۵۰۱ – ۱۰۰۰	
	متوسط	۱۰۰۱ – ۱۵۰۰	
	نامناسب	۱۵۰۱ – ۲۰۰۰	
	بسیار نامناسب	۲۰۰۱ و بالاتر	
فاصله از مراکز اورژانس	بسیار مناسب	۰ – ۵۰۰	۵
	مناسب	۵۰۱ – ۱۰۰۰	
	متوسط	۱۰۰۱ – ۱۵۰۰	
	نامناسب	۱۵۰۱ – ۲۰۰۰	
	بسیار نامناسب	۲۰۰۱ و بالاتر	
فاصله از پمپ‌بنزین و CNG	بسیار مناسب	۰ – ۱۰۰	۴
	مناسب	۱۰۱ – ۲۰۰	
	متوسط	۲۰۱ – ۳۰۰	
	نامناسب	۳۰۱ – ۴۰۰	
	بسیار نامناسب	۴۰۱ و بالاتر	
فاصله از مراکز آتش‌نشانی	بسیار مناسب	۰ – ۱۰۰۰	۷
	مناسب	۱۰۰۱ – ۲۰۰۰	
	متوسط	۲۰۰۱ – ۳۰۰۰	
	نامناسب	۳۰۰۱ – ۴۰۰۰	
	بسیار نامناسب	۴۰۰۱ و بالاتر	
فاصله از پایگاه مدیریت بحران و هلال‌احمر	بسیار مناسب	۰ – ۵۰۰	۵
	مناسب	۵۰۱ – ۱۰۰۰	
	متوسط	۱۰۰۱ – ۱۵۰۰	
	نامناسب	۱۵۰۱ – ۲۰۰۰	
	بسیار نامناسب	۲۰۰۱ و بالاتر	
دامنه شیب	بسیار مناسب		۷
	مناسب		
	متوسط		
	نامناسب		
	بسیار نامناسب		
فاصله از خط گسل	متوسط	۲۰۰۰ و بالاتر	۹
	نامناسب	۱۰۰۱ – ۲۰۰۰	
	بسیار نامناسب	۰ – ۱۰۰۰	

نقشه‌های استاندارد به روش طبقه‌بندی گروه اول

همان‌گونه که در مطالب بالا اشاره شد، نقشه‌های طبقه‌بندی‌شده در ۵ کلاس بر اساس جدول (۲) تعریف شدند. بر همین پایه از حیث تراکم سطح اشغال و نوع مصالح ساختمانی به‌طورکلی شرایطی نسبتاً مساعدی را می‌توان تصور نمود. تراکم تعداد واحدهای مسکونی و تعداد طبقه‌ها در مرکز منطقه دارای شرایط نامناسب و بافاصله گرفتن از منطقه و به سمت حواشی منطقه شرایط مناسب می‌گردد.

نقشه‌های استاندارد به روش طبقه‌بندی گروه دوم

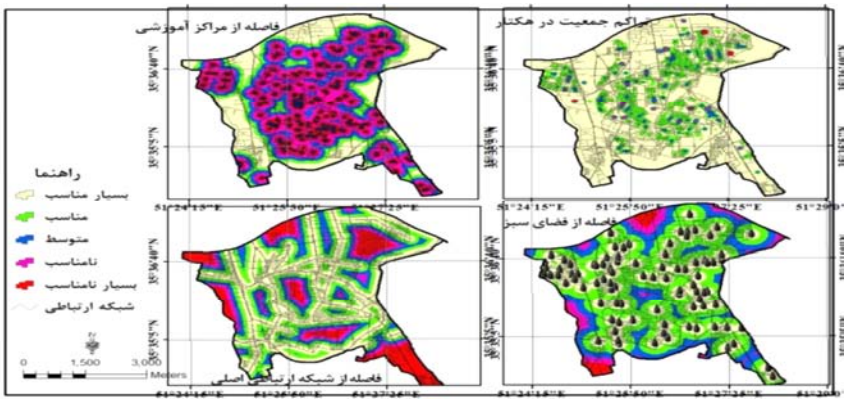
تراکم جمعیت منطبق بر تراکم تعداد واحدهای مسکونی است. در چند پارسل جمعیتی آماری که در قبل بدان‌ها اشاره گردید، تراکم شدید جمعیتی وجود داشته و در مرکز و شمال غرب منطقه متمرکزشده‌اند. ازنظر فاصله از مراکز آموزشی به علت تعداد زیاد آن‌ها پراکنش جغرافیایی در بخش اعظم منطقه شرایط مناسبی و مساعدی کمتر دیده می‌شود. از منظر فاصله از فضاهای سبز و شبکه ارتباطی اصلی محدوده‌ها، پهنه‌های خطرپذیر کمتر و در عوض پهنه‌های مناسب به‌مراتب بیشتر است.

نقشه‌های استاندارد به روش طبقه‌بندی گروه سوم

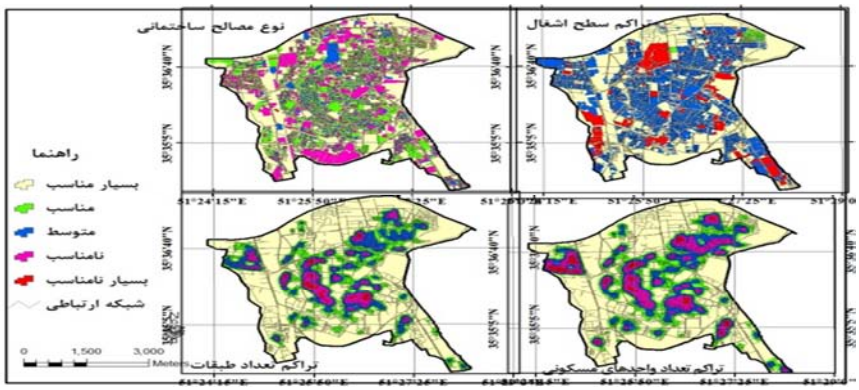
در شکل۸ (گروه سوم) به‌جز بخش‌هایی از منطقه که از خدمات اورژانس و آتش‌نشانی کم نصیب بوده و سایر عوامل فاصله از مراکز درمانی و فاصله از تأسیسات پمپ‌بنزین و گاز دارای پوشش حداکثری شرایط مناسب می‌باشند.

نقشه‌های استاندارد به روش طبقه‌بندی گروه چهارم

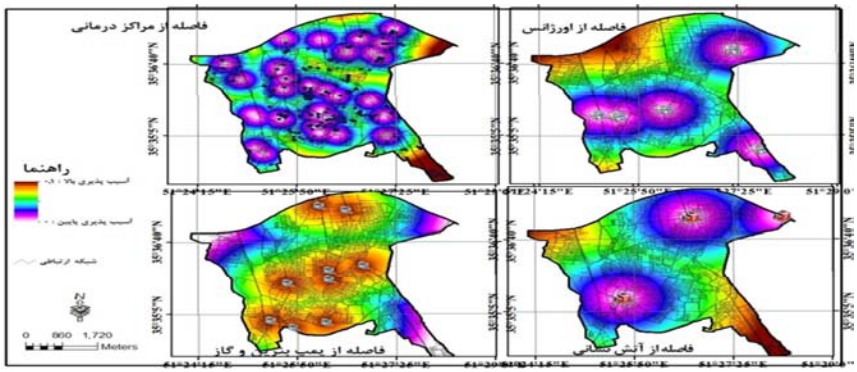
به‌طورکلی بخش‌های عمده‌ای از منطقه ۲۰ تهران ازنظر شیب و وجود پایگاه مدیریت بحران، شرایط مساعدی را نشان می‌دهد؛ اما قرارگیری خط گسل در منطقه ۲۰ به‌عنوان عاملی که می‌توان گفت بسیاری از معادله‌های مدیریت بحران را در کلیه سطوح اجرایی و برنامه‌ریزی محدوده موردمطالعه تحت تأثیر قرار می‌دهد، شرایط بحران‌زایی را برای منطقه مهیا نموده است.



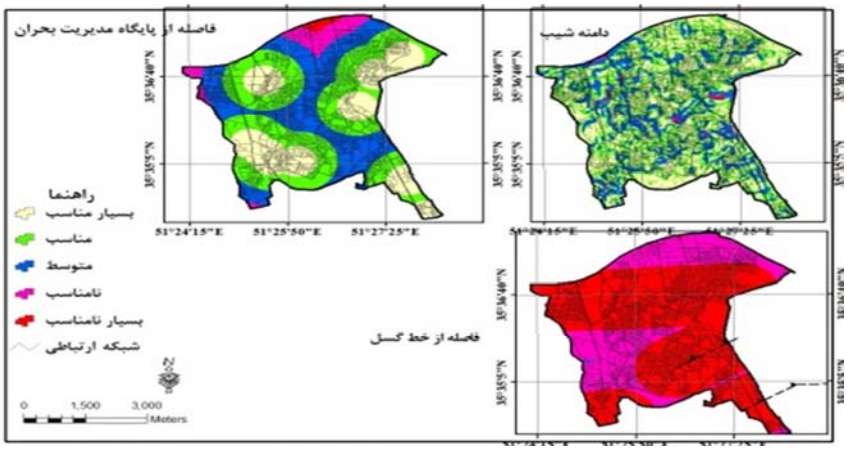
شکل ۵: نقشه‌های استاندارد به روش طبقه‌بندی منطقه ۲۰ شهرداری تهران (گروه اول)



شکل ۶: نقشه‌های استاندارد به روش طبقه‌بندی منطقه ۲۰ شهرداری تهران (گروه دوم)



شکل ۷: نقشه‌های استاندارد به روش طبقه‌بندی منطقه ۲۰ شهرداری تهران (گروه سوم)



شکل ۸: نقشه‌های استاندارد به روش طبقه‌بندی منطقه ۲۰ شهرداری تهران (گروه چهارم)

نقشه‌های استاندارد به روش حداکثر - حداقل گروه اول

همان‌گونه در نقشه‌های گروه اول حاصل از روش حداکثر – حداقل ملاحظه می‌شود، نوعی تمرکز و گرایش به مرکز منطقه سراسر مشهود است. اصولاً تمرکز و فشردگی در مبحث آسیب‌پذیری از اهمیت خاصی برخوردار است. هرچقدر میزان تمرکز بیشتر باشد احتمال خطر و آسیب‌پذیری افزایش پیدا می‌کند. البته پراکنش لایه‌های سطح اشغال و نوع مصالح از این منظر از شدت کمتر برخوردار بوده، ولی لایه‌های تراکم کاربری مسکونی و نیز تعداد طبقه-ها از بعد تمرکز، گرایش شدیدی به سمت نواحی مرکزی منطقه نشان می‌دهند.

نقشه‌های استاندارد به روش حداکثر - حداقل گروه دوم

بر اساس نقشه‌های گروه دوم تراکم جمعیت و فاصله از مراکز آموزشی با گرایش تمرکز به مرکز (البته آموزشی تا حدودی شامل برخی از بخش‌های پیرامون مرکز نیز می‌گردد) باعث آسیب‌پذیری احتمالی بیشتری خواهند شد.

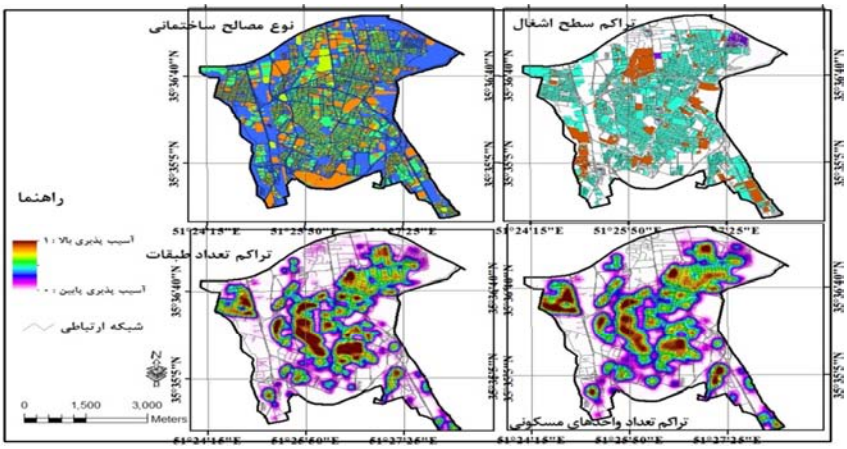
برخلاف آنها فاصله از فضای سبز و فاصله از شبکه ارتباطی وضعیت به‌مراتب بهتری داشته و می‌توانند در مواقع بحران از شدت آن بکاهند.

نقشه‌های استاندارد به روش حداکثر - حداقل گروه سوم

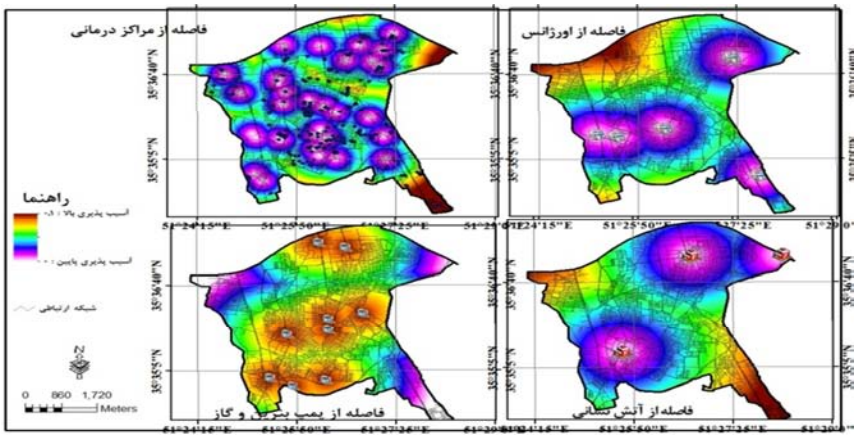
در نقشه‌های گروه سوم به‌جز نقشه فاصله از تأسیسات پمپ‌بنزین و CNG، مابقی لایه‌ها (اورژانس، درمانی و بیمارستان و آتش‌نشانی) بیشتر در مرکز منطقه واقع و یا فاصله خدمات‌رسانی آن‌ها اغلب مرکز منطقه را به‌خوبی پوشش می‌دهند. آنچه مسلم است پهنه‌ای که ممکن است به‌واسطه وجود عامل یا متغیری، مناسب و دارای شرایط خوبی باشد در نقشه‌ای دیگر و به دلیل قرارگیری تأسیسات خطرناک و ... نامناسب باشد. بنابراین قضاوت دقیق، درست و نهایی در ترکیب این متغیرها باهم به دست خواهد آمد. چراکه وضعیت‌های ضدونقیض متغیرها که در قالب نقشه مشخص‌شده‌اند ممکن است سردرگم کننده و ابهام‌آمیز باشد و خواننده و یا حتی پژوهشگر را به‌اشتباه بیندازد.

نقشه‌های استاندارد به روش حداکثر - حداقل گروه چهارم

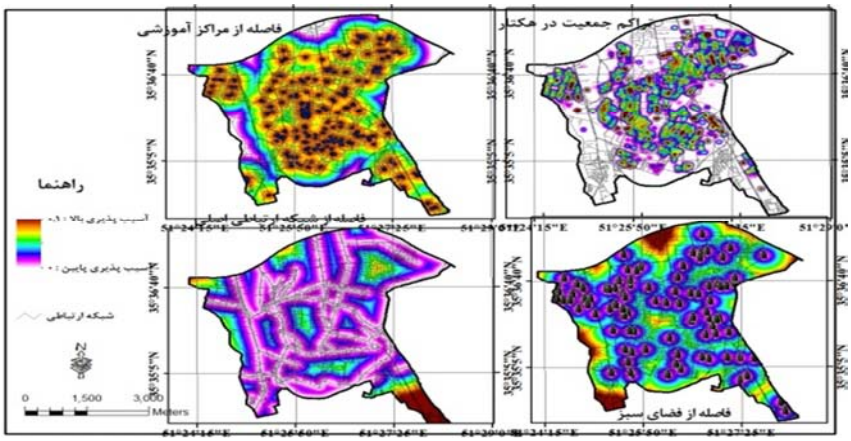
در نقشه‌های گروه چهارم عامل شیب و وجود مراکز مدیریت بحران، شرایط مساعدی را برای رویارویی با بحران فراهم آورده‌اند. بخش‌های اندکی از منطقه از این دو موهبت کم نصیب‌اند. اما خطرناک‌ترین عامل یعنی عامل گسل و فاصله از آن تا حدودی تمام منطقه را پوشش داده و موقعیت گسل‌ها که از بخش‌های مختلف منطقه عبور کرده، نشان از وخامت وضعیت منطقه ۲۰ تهران در زمان بحران دارد.



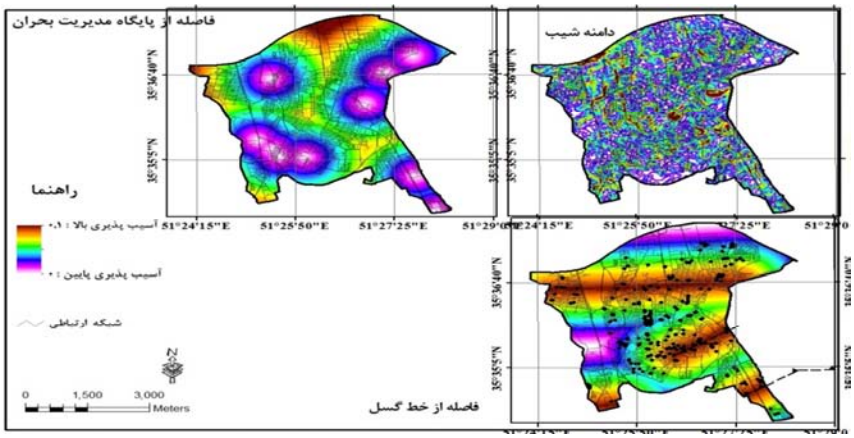
شکل ۹: نقشه‌های استاندارد به روش حداکثر - حداقل منطقه ۲۰ شهرداری تهران (گروه اول)



شکل ۱۰: نقشه‌های استاندارد به روش حداکثر- حداقل منطقه ۲۰ شهرداری تهران (گروه دوم)



شکل ۱۱: نقشه‌های استاندارد به روش حداکثر- حداقل منطقه ۲۰ شهرداری تهران (گروه سوم)



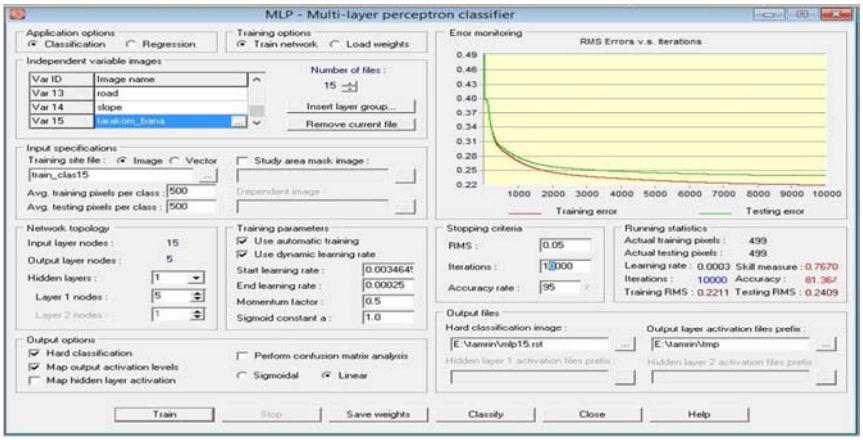
شکل ۱۲: نقشه‌های استاندارد به روش حداکثر - حداقل منطقه ۲۰ شهرداری تهران (گروه چهارم)

نتایج حاصل از روش شبکه‌های عصبی M LP

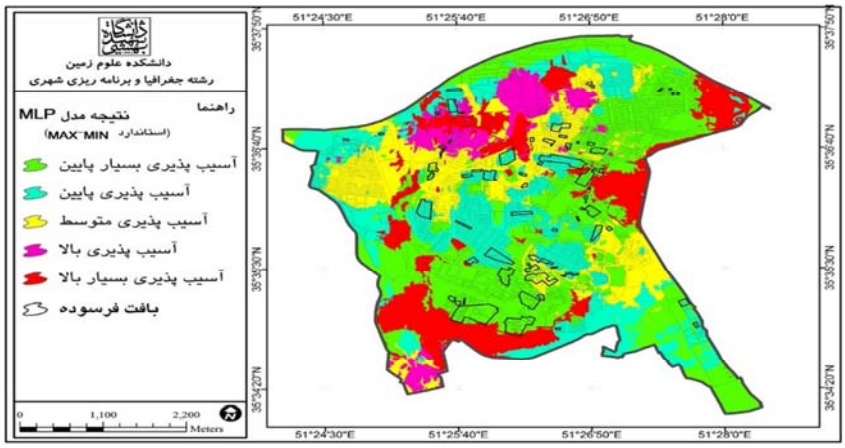
مدل (MLP) مورداستفاده در این پژوهش طبقه‌بندی تصاویر سنجش راه دور (داده‌های رستری) را از طریق یک طبقه‌بندی شبکه عصبی پرسپترون چندلایه با استفاده از الگوریتم پس انتشار[1](BP) انجام می‌دهد.

محاسبه‌ها بر اساس اطلاعات از داده‌های آموزشی صورت می‌پذیرد. برای تهیه این داده‌های آموزشی از مدل‌های تصمیم‌گیری مانند مدل تحلیل سلسله مراتبی، مدل ترکیب خطی وزن‌دار، مدل متوسط وزنی جهت‌دار، مدل تحلیل مؤلفه‌های اصلی و مدل‌های ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی با لایه‌های فازی با دو شیوه استانداردسازی لایه‌ها استفاده گردید. بعد از اجرای هر یک از مدل‌ها جهت اعتبارسنجی و انتخاب بهترین مدل که بالاترین دقت را داشته باشد، معیارهای بیشترین همبستگی بین۱۵ لایه‌های ورودی، انطباق محدوده بافت‌های فرسوده منطقه موردمطالعه با خروجی هر یک از مدل‌ها، توانایی و خروجی بر مبنای کلاس‌های و یا دامنه طیف‌های در نظر و مشاهده‌های میدانی لحاظ گردید. سپس بعد از بازبینی و اعتبار هر مدل با معیارهای بالا، درنهایت مدل تحلیل مؤلفه‌های اصلی به‌عنوان بهترین مدل به‌منظور استخراج داده‌های آموزشی انتخاب گردید و درنهایت داده‌های آموزشی به‌دست‌آمده در مدل اجرا گردید. مدل MLP همچنین تجزیه‌وتحلیل رگرسیون غیر پارامتری را بین متغیرهای ورودی و یک متغیر وابسته انجام می‌دهد که خروجی حاوی یک نرون خروجی، یعنی عضویت پیش‌بینی‌شده است که البته در اینجا از این روش اخیر استفاده‌نشده است. همان‌گونه که اشاره گردید، تعداد متغیرهای مورداستفاده در این رساله شامل ۱۵ لایه ورودی و یک‌لایه داده‌های آموزشی[2] است. مدل شبکه عصبی علیرغم پیچیدگی و سختی کار، مدلی بسیار کارآمد و توانمند درزمینه پیش‌بینی و شبیه‌سازی است. در این مدل همانند سایر مدل‌های دیگر از هر دو روش لایه‌های استاندارد طبقه‌بندی‌شده و حداکثر-حداقل استفاده شد. حاصل این دو روش استانداردسازی در شکل‌های (۱۳،۱۴،۱۵،۱۶،۱۷،۱۸) و جدول‌های (۴،۳) ملاحظه می‌گردد. مقایسه بصری این دولایه خروجی از شبکه‌های عصبی نشان می‌دهد که روش استاندارد طبقه‌بندی نسبت به روش استاندارد حداکثر و حداقل از کارایی و دقت بالاتری برخوردار است، به‌علاوه نتایج اعتبار سنجی هر دو نقشه مؤید و تائید کننده آن است که روش طبقه‌بندی بسیار موفق‌تر عمل کرده است؛ بنابراین از ارائه جزئیات و نتایج اعتبارسنجی مدل حداقل- حداکثر جهت جلوگیری از اطاله کلام اجتناب به عمل آمد. با مشاهده نتایج با توجه به متغیرهای ورودی و خروجی در این پژوهش، به‌طور مشخص مدل (MLP) می‌تواند به‌عنوان یک مدل جامع و کامل، پهنه‌بندی و آسیب‌پذیری سکونت‌گاه‌های شهری را در برابر مخاطرات طبیعی (زلزله) مشخص نماید.

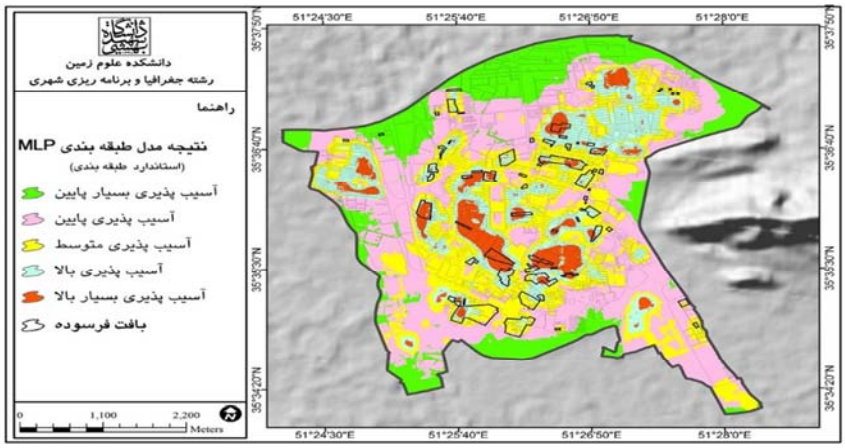
[1] - Back Propagation (BP)
[2] - Site Train



شکل ۱۳: ساختار شبکه عصبی برای ارزیابی آسیب‌پذیری در نرم‌افزار TerrSet.



شکل ۱۴: نتیجه مدل شبکه عصبی (MLP) استاندارد حداکثر -حداقل، منطقه ۲۰ شهرداری



شکل ۱۵: نتیجه مدل شبکه عصبی (MLP) استاندارد طبقه‌بندی‌شده، منطقه ۲۰ شهرداری تهران

جدول ۳: همبستگی کلیه لایه‌ها با لایه در مدل M LP، منطقه ۲۰شهرداری تهران

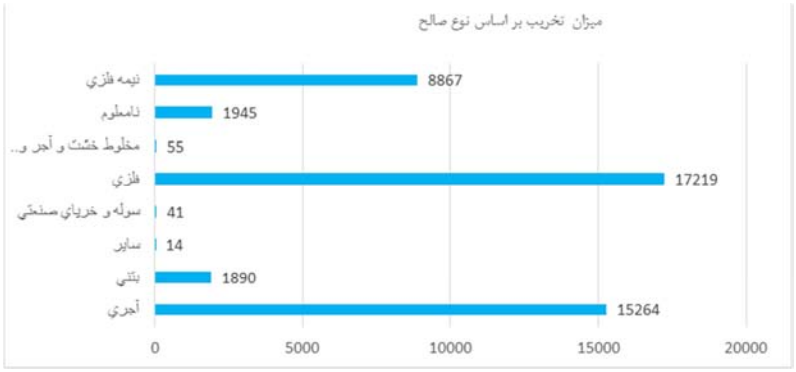
نوع لایه	میزان همبستگی	نوع لایه	میزان همبستگی
فاصله از گسل	۰,۱۹۱	فاصله شبکه ارتباطی	۰/۰۴۹
شیب	۰,۰۶۵	تراکم جمعیت	۰/۴۹۲
فاصله پایگاه مدیریت بحران	۰,۱۶۹	فاصله از مراکز آموزشی	۰/۶۳۶
فاصله از آتش‌نشانی	۰,۱۲۳	تراکم تعداد واحدهای مسکونی	۰/۸۳۸
فاصله از پمپ‌بنزین	۰,۵۹	تراکم تعداد طبقه‌ها	۰/۸۳۴
فاصله اورژانس	۰,۰۳۸۶	تراکم بنا	۰/۳۴۷
فاصله از مراکز درمانی	۰,۲۹۷	نوع مصالح	۰/۱۲۷
فاصله از فضای سبز	۰,۴۳۵	مدل MLP طبقه‌بندی‌شده	۱



شکل ۱۶: میزان آسیب‌پذیری جمعیت در مدل (MLP)



شکل ۱۷: میزان آسیب‌پذیری منطقه به هکتار در مدل (M LP)



شکل ۱۸: میزان آسیب‌پذیری بر اساس نوع مصالح در مدل (M LP)

جدول۴: میزان آسیب‌پذیری بر اساس کاربری‌های مهم منطقه ۲۰ شهرداری تهران در مدل (M LP)

میزان آسیب‌پذیری	تعداد سازه	کد آسیب‌پذیری	کاربری‌های مهم
آسیب‌پذیری بسیار پایین	۲	۱	CNGجایگاه پمپ‌بنزین و
آسیب‌پذیری پایین	۳	۲	CNGجایگاه پمپ‌بنزین و
آسیب‌پذیری متوسط	٤	۳	CNGجایگاه پمپ‌بنزین و
آسیب‌پذیری پایین	۱	۲	اورژانس
آسیب‌پذیری متوسط	۳	۳	اورژانس
آسیب‌پذیری بالا	۱	٤	اورژانس
آسیب‌پذیری بسیار پایین	۱	۱	آتش‌نشانی
آسیب‌پذیری پایین	۱	۲	آتش‌نشانی
آسیب‌پذیری متوسط	۱	۳	آتش‌نشانی
آسیب‌پذیری پایین	۳۷	۲	آموزشی
آسیب‌پذیری متوسط	۱۸۸	۳	آموزشی
آسیب‌پذیری بالا	۱۱۰	٤	آموزشی
آسیب‌پذیری بسیار بالا	۲۰	۵	آموزشی
آسیب‌پذیری پایین	۳۷	۲	پارک و بوستان
آسیب‌پذیری متوسط	۳۵	۳	پارک و بوستان
آسیب‌پذیری بالا	۱۳	٤	پارک و بوستان
آسیب‌پذیری بسیار بالا	٤	۵	پارک و بوستان
آسیب‌پذیری بسیار پایین	۱	۱	پایگاه مدیریت بحران و هلال
آسیب‌پذیری پایین	٤	۲	پایگاه مدیریت بحران و هلال
آسیب‌پذیری متوسط	۳	۳	پایگاه مدیریت بحران و هلال
آسیب‌پذیری بالا	۲	٤	پایگاه مدیریت بحران و هلال
آسیب‌پذیری بسیار پایین	۱	۱	کلینیک و بیمارستان
آسیب‌پذیری پایین	۳	۲	کلینیک و بیمارستان
آسیب‌پذیری متوسط	۱۹	۳	کلینیک و بیمارستان
آسیب‌پذیری بالا	۱۲	٤	کلینیک و بیمارستان
آسیب‌پذیری بسیار بالا	۲	۵	کلینیک و بیمارستان

نتیجه‌گیری

نقش دانش برنامه‌ریزی شهری به دلیل پیوند نزدیک با الگوی سکونت و فعالیت‌های انسانی، در ترویج فرهنگ زندگی با زلزله غیرقابل‌انکار است. همین ویژگی، برخورد این دانش را با پدیده زلزله متفاوت می‌سازد و همچنین بر لزوم پرداختن به امر آسیب‌پذیری از زلزله در برنامه‌ریزی شهری تأکید می‌کند. آسیب‌پذیری سکونت‌گاه‌های شهری با

رویکرد بحران زلزله، معلول یک معیار آسیب‌پذیری خاص نیست. بلکه، برآیند مجموعه‌ای از عوامل و معیارها است که در کنار هم تحلیل آسیب‌پذیری لرزهای سکونتگاه‌های شهری را فراهم می‌سازند. متغیرها و شاخص‌های به کار گرفته‌شده جهت ارزیابی و پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در منطقه ۲۰ کلان‌شهر تهران شامل: فاصله از مراکز آموزشی، تراکم جمعیت در هکتار، فاصله از شبکه ارتباطی اصلی، فاصله از پارک و بوستان، فاصله از مراکز درمانی و بیمارستان، فاصله از مراکز درمانی و بیمارستان، فاصله از مراکز اورژانس، فاصله از پمپ‌بنزین و CNG، فاصله از مراکز آتش‌نشانی، فاصله از پایگاه مدیریت بحران و هلال‌احمر، دامنه شیب و فاصله از خط گسل است. تراکم جمعیتی بالا، بالا بودن بعد خانوار، پایین بودن مالکیت ساختمان، ضریب اشغال بالا، کوچک بودن قطع‌ها، معابر با عرض کم و بن‌بست، عدم دسترسی به فضاهای باز و مناسب و عمر بالای ساختمان‌ها و مقاومت پایین سازه‌ها در برابر زلزله از ویژگی‌های کلی این محدوده است. نتایج حاصل از مدل MLP بر اساس متغیرهای ورودی نشان می‌دهد که روش استاندارد طبقه‌بندی نسبت به روش استاندارد حداکثر و حداقل از کارایی و دقت بالاتری برخوردار است. با مشاهده نقشه روش استاندارد طبقه‌بندی در مدل بکار گرفته‌شده درمی‌یابیم که لکه‌های نارنجی و تا حدودی آبی که بیشتر در مرکز منطقه پراکنده‌شده‌اند بیشترین همبستگی را با بافت‌های فرسوده را داشته و درجه آسیب‌پذیری بالایی را به خود اختصاص داده است بر اساس نتایج حاصل از مدل موردنظر به لحاظ گستردگی و پهنه آسیب‌پذیری، از مساحت کل منطقه، ۲۱ درصد دارای آسیب‌پذیری بالا و بسیار بالا، ۶۱ درصد از مساحت منطقه دارای درجه آسیب‌پذیری متوسط و کم، ۱۸ درصد دارای آسیب‌پذیری بسیارکم می‌باشد. نتایج حاصل از لایه‌های جمعیتی منطقه نشان می‌دهد که ۵۶/۸ درصد از کل جمعیت منطقه دارای درجه آسیب‌پذیری بالا، بسیار بالا و۲۷/۹ درصد با درجه متوسط آسیب‌پذیری و۱۴/۱درصد با درجه آسیب‌پذیری کم می‌باشد که نشان‌دهنده تراکم جمعیتی در ساختمان‌های فرسوده با عرض معابر کم می‌باشند. همچنین نتایج حاصل از لایه‌های نوع مصالح و اماکن مهم منطقه حاکی از آن است که بیشترین آسیب‌پذیری به لحاظ نوع مصالح با توجه به تعداد آمار موجود در مدل به ترتیب فلزی، آجری، نیمه فلزی، نامعلوم و ... می‌باشد و به لحاظ درجه آسیب‌پذیری در اماکن مهم منطقه به ترتیب و با توجه به تعداد مراکز آموزشی، کلینک و درمانگاه، پارک‌ها و بوستان‌ها از آسیب‌پذیری بالایی برخوردار هستند. همان‌طوری که در متن پژوهش اشاره شد. اجرای مدل شبکه عصبی مستلزم تهیه داده‌های آموزشی است و برای تهیه این داده‌های آموزشی از مدل‌های تصمیم‌گیری مانند مدل تحلیل سلسله مراتبی، مدل ترکیب خطی وزن‌دار، مدل متوسط وزنی جهت‌دار، مدل تحلیل مؤلفه‌های اصلی و مدل‌های ترکیبی تحلیل سلسله مراتبی با لایه‌های فازی با دو شیوه استانداردسازی لایه‌ها استفاده گردید. بعد از اجرای هر یک از مدل‌ها جهت اعتبارسنجی و انتخاب بهترین مدل که بالاترین دقت را داشته باشد، معیارهای بیشترین همبستگی بین۱۵ لایه‌ی ورودی، انطباق محدوده بافت‌های فرسوده منطقه موردمطالعه با خروجی هر یک از مدل‌ها، توانایی و خروجی برم بنای کلاس‌ها و یا دامنه طیف‌های در نظر و مشاهده‌های میدانی لحاظ گردید. سپس بعد از بازبینی و اعتبار هر مدل با معیارهای فوق درنهایت مدل تحلیل مؤلفه‌های اصلی به‌عنوان بهترین مدل به‌منظور استخراج داده‌های آموزشی انتخاب گردید. درنهایت داده‌های آموزشی به‌دست‌آمده در مدل MLP اجرا گردید. به‌طور روشن می‌توان به این نتیجه رسید که مدل به‌کارگیری در این پژوهش با توجه به پیشینه تحقیق در این زمینه و فرایند آن، یک مدل جامع و کامل‌تر نسبت مدل‌های به‌کارگیری در پژوهش‌های آسیب‌پذیری است.

به‌عبارت‌دیگر مدل ارزیابی پیشنهادی این تحقیق و تحلیل توأمان معیارها در ارزیابی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌ها، تنوع معیارهای انتخابی و تشابه‌های کالبدی سکونت‌گاه‌های شهری در اکثر نقاط کشور، مدل MLP می‌تواند به‌عنوان مدل جامع و کامل پهنه‌بندی و آسیب‌پذیری سکونت‌گاه‌های شهری در برابر مخاطرات طبیعی (زلزله) مشخص نماید و از کارآیی و مطلوبیت لازم برخوردار و قابل کاربرد برای سایر مناطق شهری باشد.

منابع

البرزی محمود (۱۳۸۰)، آشنایی با شبکه‌های عصبی، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، ص۱۹۱.

احدنژاد محسن، قنبری حکیمه (۱۳۸۸)، کاهش خسارات ناشی از زلزله و مدیریت بهینه بحران با تأکید برمکان یابی کاربری‌های ویژه با استفاده از (G.I.S) نمونه‌برداری بافت فرسوده شهر تبریز همایش سراسری سامانه اطلاعات مکانی، تهران، دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

امینی ورکی، سعید؛ مدیری، مهدی؛ فتح الله، شمسایی؛ قنبری نسب، علی (۱۳۹۳)، شناسایی دیدگاه‌های حاکم بر آسیب‌پذیری شهرها در برابر مخاطرات محیطی و استخراج مؤلفه‌های تأثیرگذار در آن با استفاده از روش کیو، فصلنامه علمی و پژوهشی مدیریت بحران صص،۱۸، ۲۹-۴۲.

پور عبدل، علیرضا. (۱۳۹۲). تحلیل آسیب‌پذیری ناشی از زلزله در بافت کالبدی شهر کرج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، رشته ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی.

پیشگاهی فرد، زهرا؛ اقبالی، ناصر؛ فرجی راد، عبدالرضا؛ بیگ بابایی (۱۳۹۱)، مدل‌سازی تعیین مناطق خطرپذیر با استفاده از مدل (AHP) فصلنامه‌ی علمی-پژوهشی فضای جغرافیایی، صص۱۲-۱۳۸-۱۸۷.

تولایی روح الله؛ اعظمی محمد، حبیبی کیومرث (۱۳۹۶)، تعیین آسیب‌پذیری مناطق مسکونی در برابر زلزله در محیط GIS و ارائه راهکارهایی جهت افزایش پایداری آن مطالعه موردی محله قرادیان شهر سنندج، اولین کنفرانس معماری و فضاهای شهری پایدار، مشهد، گروه پژوهش‌های کاربردی پرمان.

جلالیان، حمید؛ دادگر، حسین (۱۳۹۴)، پهنه‌بندی آسیب‌پذیری سکونتگاه‌های روستایی در برابر زلزله با مدل AHP مطالعه موردی بخش چورزق شهرستان طارم، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، صص۱۲،۳۶-۲۵.

حسن‌زاده رضا، علوی اکبر، شجاعی سیدوحید (۱۳۸۸)، مدیریت بحران زمین‌لرزه در مناطق شهری با استفاده از GIS مطالعه موردی ناحیه ۳۱ شهر کرمان، همایش سراسری سامانه اطلاعات مکانی، تهران، دانشگاه صنعتی مالک اشتر.

رحمتی‌قائد صفر، باستانی‌فر ایمان، سلطانی لیلا (۱۳۹۵)، بررسی تأثیرات تراکم بر آسیب‌پذیری ناشی از زلزله درشهراصفهان با رویکرد فازی، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، صص ۲۲، ۳۲۲-۳۵۷.

ساسان پور و همکاران (۱۳۸۹)، تأثیر عوامل انسان‌ساخت در تشدید پیامدهای مخاطرات طبیعی در محیط‌های کلان‌شهری با کاربرد منطق فازی و سیستم اطلاعات جغرافیایی نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، صص ۱۶،۱۸-۲۱.

شریفی باقر (۱۳۸۴)، پروژه کاربرد شبکه‌های عصبی در پیش‌بینی جریان رودخانه در حوزه معرف کارده، کمیته تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان، دفتر فنی و پژوهش‌های کاربردی شرکت مدیریت منابع آب ایران.

عباس زرگله سعید (۱۳۹۳)، ملاحظات پدافند غیرعامل در طرح جامع شهر کرج، پایان‌نامه‌ی دوره کارشناسی ارشد پدافند غیرعامل، مجتمع دانشگاهی آزمایش و پدافند غیرعامل، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران.

قنبری، ابوالفضل، محمدعلی سالکی، قاسمی معصومه (۱۳۹۲)، پهنه‌بندی میزان آسیب‌پذیری شهرها در مقابل خطر زمین‌لرزه نمونه موردی: شهر تبریز، جغرافیا و مخاطرات محیطی، صص ۳،۲۹-۳۵.

کریمی کردآبادی، مرتضی؛ نجفی، اسماعیل (۱۳۹۴)، ارزیابی خطر زلزله با استفاده مدل ترکیبی در توسعه و امنیت شهری مطالعه موردی: منطقه یک کلان‌شهر تهران، مجله پژوهش‌های فرسایش، صص ۹،۱۰-۱۵.

مدیری مهدی (۱۳۸۹)، الزامات مکان‌یابی تأسیسات شهری (با تأکید بر تأسیسات آب شهری) و ارائه‌ی الگوی بهینه از دیدگاه پدافند غیرعامل، پایان‌نامه‌ی دوره‌ی دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران.

محمدی ده چشمه، مصطفی (۱۳۹۰)، مدل‌سازی مؤلفه‌های ریسک‌پذیر مؤثر در ایمن‌سازی شهر کرج. پایان‌نامه‌ی دوره‌ی دکتری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران.

Alexander, D. (2007). Disaster Management: From Theory to Implementation, Journal of Seismology and Earthquake Engineering, 12,49-59.

Ambraseys, N. N.(1971). Value of historical records of earthquakes. Nature, 232, 375–379.

Botero Fernandez V. (2009). Geo-information for measuring vulnerability to the earthquake: fitness for use approach. PhD thesis, ITC, Netherland.

Chun-Nen Huang. (2014). A method for exploring the interdependencies and important critical infrastructures. Knowledge-Based Systems, 55:66-74.

Erden, T, Karaman H. (2012). Analysis of earthquake parameters to generate hazard maps by integrating AHP and GIS for Küçükçekmece region, Natural Hazards and Earth System Sciences, 12: 475–483.

Hosseini, M. and Fathi H.(2007). On the Relationship of Urban and Regional Planning with Earthquake Risk Management: Tehran Case Study, Proceedings of the 5th Int'l Conference on Seismology and Earthquake Eng. (SEE-5), IIEES, Tehran, Iran, 13-16.

Martinelli A., Cifani G.(2008). Building Vulnerability Assessment and Damage Scenarios in Celano(Italy) Using a Quick Survey Data-based Methodology, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 28, 875-889.

Mohammadpour S, Zali N, Pourahmad A. (2016). Analysis of Seismic Vulnerability Factors in Urban Old Texture with the Approach of Earthquake Crisis Management(Case Study: Sirus Neighborhood), Human Geography Research Quarterly, 48(1):33-5.

Mas J.F, Puig H, Palacio J.L, Sosa-López A. (2001). Modeling deforestation using GIS and artificial neural networks. Environmental Modelling & Software, Volume 19, pp.461-471.

Nwe Z, Thwe tun K, (2016). Seismic Hazard Analysis using AHP-GIS, International conference on Civil, Architectural and Environmental Engineering (CAEE-16), At Bangkok, Thailand.pp.25-29.

Nojima, N., Sugito .(2000). Simulation And Evaluation Of Post-Earthquake Functional Performance Of Transportation Network, pp. 12:19-27.

Rezvani. (2009). Spatial organization of explaining urban systems, Bushehr and Fars, the Journal land use environment, 11:1-9.

Sadrykia M, Delavar M, Zare M. (2017). A GIS-Based Fuzzy Decision-Making Model for Seismic Vulnerability Assessment in Areas with Incomplete Data, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 6(4): 119, DOI: 10.3390/ijgi6040119.

Sharifikia M. (2011). Vulnerability Assessment and Earthquake Risk Mapping in Part of North Iran Using Geospatial Techniques, Springer, Journal of Indian Society of Remote Sensing, 38(4): 708-716.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره نهم، شماره بیست و چهارم، تابستان ۱۳۹۹

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۰۶/۰۹

تاریخ بازنگری نهایی مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۰۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۱/۰۵

صفحات: ۱۷۲ - ۱۵۱

تحلیل فضایی مؤلفه های تاثیرگذار بر آلودگی هوای شهر تبریز

هوشنگ سرور*[۱]، مرضیه اسمعیل پور[۲]، منصور خیری زاده[۳]، مهتاب امرایی[۴]

چکیده

کلان‌شهر تبریز به‌عنوان بزرگ‌ترین شهر در شمال غرب کشور در دهه‌های اخیر با رشد فزاینده جمعیت و توسعه انواع سازه‌های صنعتی، تجاری، خدماتی و مسکونی روبرو بوده است. توسعه فزاینده به‌موازات عدم رعایت معیارهای برنامه‌ریزی کاربری زمین‌ها زمینه افزایش آلودگی هوا در سطح شهر شده است. این پژوهش برای آگاهی از عوامل ایجادکننده آلودگی هوا در سطح شهر تبریز انجام‌گرفته است. روش تحقیق توصیفی و تحلیلی و نوع اطلاعات اسنادی- کتابخانه‌ای می‌باشد. در این راستا از هشت شاخص تراکم ساختمانی، تراکم جمعیتی، تراکم تقاطع‌ها، تراکم ایستگاه‌های اتوبوس، تراکم صنایع، تراکم فضاهای سبز، فاصله از صنایع و ارتفاع به‌عنوان متغیرهای مستقل و شاخص غلظت دی‌اکسید نیتروژن به‌عنوان متغیر وابسته و همچنین جریان باد به‌عنوان یک عامل انتشاردهنده استفاده شد. برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از دو روش رگرسیون حداقل مربعات و رگرسیون وزنی جغرافیایی استفاده گردید. نتایج حاصل از روش حداقل مربعات معمولی نشان می‌دهد که رابطه بین متغیرهای مستقل و وابسته معنادار بوده به‌طوری‌که با افزایش تراکم ساختمانی، تراکم جمعیتی، تراکم تقاطع‌ها، تراکم ایستگاه‌های اتوبوس و تراکم صنایع غلظت دی‌اکسید نیتروژن افزایش می‌یابد. درواقع بین این متغیرها و غلظت دی‌اکسید نیتروژن همبستگی مستقیمی وجود دارد. در مقابل، با افزایش ارتفاع و افزایش فاصله از صنایع غلظت آلاینده یادشده کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده وجود همبستگی معکوس بین این دو متغیر و متغیر وابسته دی‌اکسید نیتروژن می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج مدل رگرسیون جغرافیایی متغیرهای موردبررسی ۶۲ درصد از آلودگی هوای شهر تبریز را تبیین می‌کنند.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، رگرسیون حداقل مربعات، رگرسیون وزنی جغرافیایی، شهر تبریز.

۱- استادیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری، گروه جغرافیا، دانشگاه مراغه(نویسنده مسئول) sarvarh@maragheh.ac.ir

۲- استادیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا، دانشگاه مراغه s.esmaeilpour@gmail.com

۳- دکتری ژئومورفولوژی، مدرس گروه جغرافیا،دانشگاه مراغه m_kheirizadeh@yahoo.com

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، گروه جغرافیا، دانشگاه مراغه amraie1372@yahoo.com

مقدمه

آلودگی یکی از چندین اثر جانبی زیان‌آور استفاده عظیم از انرژی در دنیای صنعتی امروز است. ازآنجایی‌که منابع تولید آلودگی در نواحی جغرافیایی به‌صورت یکسان توزیع نگردیده و تاحدودی در شهرها متمرکز هستند؛ بنابراین تولید آلودگی نیز تمرکز فضایی دارد و این خود از بین بردن آنها را حادتر می‌نماید (وهاب زاده،۱۳۸۳). آلودگی هوا از زمانی که اولین آتش روشن شد، وجود داشته است. با وجوداینکه جنبه‌های مختلف آلودگی در زمان‌های مختلف وجود داشته است، بسیاری از ما آلودگی هوا را به‌عنوان مسأله‌ای در نظر می‌گیریم که پیامد جهان مدرن است. تأثیر آلودگی هوا بر محیط جهانی یک مسأله اثبات‌شده است. در بسیاری از کشورها که به دنبال رشد اقتصادی هستند سطح قابل قبولی از آلودگی هوا از بین رفته است (Abhishek, 2010). صحبت از آلودگی هوا در حقیقت گفتگویی است درباره بسیاری از مواد و ترکیب‌های که از منابع گوناگون طبیعی و بخصوص ساخته دست بشر و فعالیت آدمی وارد هوا می‌شود و باعث دگرگونی خواص فیزیکی و شیمیایی جوی می‌گردد. پیشرفت صنایع و فناوری، توسعه شهری، افزایش و تراکم جمعیت، وسایط نقلیه موتوری، ازدیاد مصرف فراورده‌های نفتی و در بعضی موارد، شرایط خاص اقلیمی و جغرافیایی منطقه باعث افزایش آلودگی هوا می‌گردد (خراسانی و همکاران،۱۳۸۱).

آلودگی یکی از معضل‌های عمده زیست‌محیطی در شهرها، بخصوص شهرهای بزرگ به شمار می‌رود که عوامل مختلفی در تشدید آن تأثیرگذار می‌باشد (قربانی و همکاران،۱۳۹۰). امروزه آلودگی به یکی از چالش‌های اصلی مدیریتی کشورها تبدیل‌شده است؛ به‌گونه‌ای که کشورها علاوه بر سیاست‌ها و اقدام‌های درون مرزهای خود، ساماندهی آلودگی را در حوزه بین‌المللی نیز دنبال می‌کنند. ازجمله مصادیق آلودگی، آلودگی هواست که با توجه به ماهیت آن شیوع بیشتری داشته و در اکثر مناطق جهان کم‌وبیش محسوس می‌باشد (پژویان و مرادحاصل،۱۳۸۶). منظور از آلودگی هوا عبارت است از وجود و یا پخش یک یا چند آلوده‌کننده اعم از جامد، مایع، گاز، تشعشع پرتوزا و غیر پرتوزا در هوای آزاد به مقدار مدتی که کیفیت آن را طوری تغییر دهد که برای انسان و یا سایر موجودهای زنده و یا گیاهان و یا آثار و بناها زیان‌آور باشد (جعفرزاده، ۱۳۸۴). درواقع، پدیده آلودگی هوا و بالا رفتن غلظت آلاینده‌ها از حد مجاز تعیین‌شده به‌وسیله سازمان بهداشت جهانی (WHO)[1] در شهرهای بزرگ، از مهم‌ترین مشکلات زیست‌محیطی کلان‌شهرهای امروزی است که سلامت انسان‌ها را تهدید می‌نماید. با رشد تکنولوژی و خروج آلاینده‌ها از منابع ثابت و صنعتی در شهرها، منابع آلاینده متحرک در بخش حمل‌ونقل شهری به‌عنوان چالش اصلی در راستای آلودگی کلان‌شهرها مطرح است (مشکینی و همکاران، ۱۳۹۵). آلاینده‌های گازی موجود در جو طیف وسیعی دارند و منبع انتشار آنها طبیعی و یا ناشی از فعالیت‌های بشر است. به‌طورمعمول آلاینده‌های گازی به سه دسته کلی شامل: الف) آلاینده‌های اولیه از قبیل دی‌اکسید سولفورها (SO_2)[2]، اکسیدهای نیتروژن (NO_2)[3] و هیدروکربن‌ها (HC)[4]؛ ب)

1- World Health Organization
2- Sulfur Dioxide
3- Nitrogen Dioxide
4- Hydrocarbon

آلاینده‌های ثانویه نظیر ازن (O_3)[۱] و پراکسی‌استیل نیترات (PAN)[۲]؛ و ج) آلاینده‌های سمی از قبیل آزبست، بریلیوم، جیوه، ارسنیک، کادمیوم، بنزن، پلوتونیوم و منگنز تقسیم می‌شوند (عطایی و هاشمی نصب، ۱۳۹۰).

شهر تبریز به‌عنوان یکی از کلان‌شهرهای کشور، در چند دهه اخیر شاهد رشد فزاینده‌ای به اطراف خود بوده است که این نوع رشد و توسعه متناسب با سنجه‌های پایداری شهری نبوده و در حال حاضر با مسائل و ناپایداری‌هایی مواجه است که می‌توان از آلودگی هوا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین این ناپایداری نام برد (شکری فیروزجاه، ۱۳۹۰). آلودگی هوای تبریز همانند آلودگی سایر شهرهای بزرگ از مجموعه‌ای عوامل طبیعی، اقلیمی، انسانی و صنعتی متأثر می-گردد (عابدینی و همکاران،۱۳۹۱). در این پژوهش با توجه به اهمیت دی‌اکسید نیتروژن به بررسی این آلاینده در شهر تبریز پرداخته شده است. این گاز ترکیبی از نیتروزن و اکسیژن بوده و از فراوان‌ترین گازهای موجود در جو به شمار می‌آید. میزان اندکی از این گاز نیز، نظیر متان، تأثیر بسیار زیادی دارد. یک مولکول از این گاز بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ برابر گاز کربنیک اثر گرمایی دارد. مدت ماندگاری این گاز در جو ۱۵۰ سال است که بسیار بیشتر از سایر گازهای گلخانه‌ای است. اکسید نیتروژن موجود در جو با غلظتی معادل ۳۱۶ جزء در میلیارد، ۴۰ درصد بیش از مقدار آن پیش از انقلاب صنعتی است و این براثر فعالیت‌هایی نظیر سوزاندن سوخت‌های فسیلی و چوب به‌ویژه استفاده از کودهای ازته می‌باشد. زمانی که نیتروژن موجود در کودهای شیمیایی در مزارع وارد فرایند نیتروژن دهی خرد زیستمندان خاک می‌شود یا در آب نفوذ می‌کند، به‌صورت دی‌اکسید نیتروژن درمی‌آید (جواهریان و زمانی، ۱۳۹۴). انتشار NO_2 علاوه بر تشکیل باران‌های اسیدی و تخریب لایه ازن، سبب تشکیل ازن در لایه پایینی جو شده که خود عامل اولیه و اصلی آلودگی هوای شهرها است (سلیمانی، ۱۳۹۳).

درمجموع آلودگی هوا در تمام جهان به‌عنوان یکی از بحرانی‌ترین مسائلی است که امروزه توجه بسیاری از متخصصان آب‌وهوا و حتی مردم عادی را به خود جلب کرده است بنابراین در این زمینه تلاش شده که در قالب مقاله‌های پژوهشی و کتب مختلف و سمینارهای جهانی و منطقه‌ای به بررسی این بحران و در برخی موارد به ارائه راه حل‌هایی برای مقابله با آن پرداخته شود. در ادامه به تعدادی از این تجربه‌های داخلی و خارجی و روش کار و نتیجه این بررسی‌ها اشاره می‌شود.

آروین (۱۳۹۷) از آمار روزانه ذرات معلق با قطر کمتر از ۲/۵ میکرن ثبت‌شده در ۷ ایستگاه پایش آلودگی هوا در اصفهان در بازه زمانی ۹۵-۹۱ استفاده کرد و تأثیر آلودگی هوا بر سلامتی انسان را موردبررسی قرار داد. نتایج خودهمبستگی بین داده‌ها نشان داد که داده‌ها به‌طورکامل تصادفی هستند. وی جهت بررسی بهتر کیفیت هوای این شهر، نقشه‌های توزیع ذرات معلق را برای شرایط مناسب، ناسالم و ناسالم برای گروه‌های حساس ترسیم کرد که نشان‌دهنده فراوانی کمتر تعداد روزهای مناسب در شرق و جنوب غرب شهر می‌باشد. صفوی و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی به بررسی و توصیف کیفیت هوای شهر تبریز بر اساس پارامترهای سنجش آلودگی هوا در فصول مختلف و

5- Ozone
6- Peroxyacetyl Nitrate

ارزیابی مشکلات پیشرو پرداختند. در این تحقیق با استفاده از روش توصیفی - تحلیلی و اطلاعات پنج ایستگاه پایش آلودگی هوا در تبریز نقشه‌های پراکنش ترسیم و آنالیز فضایی انجام شد. نتایج نشان داد که دو عامل مهم آلودگی شهر تبریز ذرات معلق و مونوکسید کربن هست و بیشترین وقایع آلودگی مربوط به فصل‌های سرد سال می‌باشد. زارع فرد (۱۳۹۳)، به بررسی تأثیر حمل‌ونقل عمومی قطار شهری بر کاهش آلودگی هوا در شهر شیراز پرداخته و به این نتایج دست یافت که توسعه ناوگان حمل‌ونقل عمومی با قطار شهری در کلان‌شهرها موجب کاهش آلودگی هوا، مصرف سوخت و ترافیک می‌شود. اکبری و صمدزادگان (۱۳۹۴)، الگوهای هم‌مکانی آلودگی هوا و عوامل پویا و ثابت مؤثر بر آن را در بخشی از شهر تهران استخراج کردند. بررسی الگوی به‌دست‌آمده، نخست نشان‌دهنده کارایی الگوی استخراج‌شده و عملکرد مدل بود و دوم بیانگر این موضوع بود که الگوهای استخراجی حول آلودگی‌های متوسط به بالا رخ داد. نتایج حاصل از پیاده‌سازی مدل نشان داد که الگوهای غالب به سمت منطقه مرکزی موردمطالعه گرایش دارند. محمدی و همکارن (۱۳۹۷)، به بررسی آلاینده‌های دی‌اکسید نیتروژن، مونوکسید کربن و ذرات معلق با قطر ۱۰ میکرن با استفاده از رگرسیون اراضی (LUR)[1] در شهر تهران پرداختند. هدف این تحقیق پیش‌بینی تمرکز این آلاینده‌ها در تهران با استفاده از روش رگرسیون کاربری اراضی در سال ۲۰۱۰ بوده، در این پژوهش متغیرهای مستقلی مثل مساحت کاربری اراضی، طول شبکه‌ی معابر و متغیرهای هواشناسی برای پیش‌بینی و مدل‌سازی آلاینده‌های فوق استفاده و نتایج نشانگر دقت زیاد این مدل در پیش‌بینی سه آلاینده‌ی موردنظر، به‌ویژه در فصول گرم است. زو و تل (۲۰۰۵) در تحقیقی به ارزیابی تأثیرات بهداشتی ناشی از آلودگی هوا در تیانجین (چین) پرداختند. آنها با استفاده از داده‌های غلظت آلاینده‌ها و جمعیت در سال ۲۰۰۳، هزینه‌های اقتصادی و اثرات آلودگی هوا را بر روی سلامت انسان در تیانجین موردبررسی قرار دادند. نتایج نشان از هزینه‌های بهداشتی قابل‌توجه در ارتباط با آلودگی هوا در تیانجین می‌باشد و همچنین هزینه‌های اقتصادی تخمین زده‌شده ۱/۱ میلیارد یعنی ۳/۷ درصد از تولید ناخالص تیانجین را شامل می‌شود. رابینسون و همکاران (۲۰۱۳) پژوهشی با عنوان افزایش دقت نگاشت آلودگی دی‌اکسید نیتروژن با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی و زمین‌آمار انجام داده‌اند. در این پژوهش سه روش ژئواستاتیکی (زمین‌آماری) برای تولید نقشه‌های غلظت دی‌اکسید نیتروژن در بریتانیا موردسنجش قرار گرفت. نتایج نشان می‌دهد که رگرسیون وزنی جغرافیایی (GWR)[2] دقیق‌ترین پیش‌بینی را انجام داد. کوپوس و دینگر (۲۰۱۷)، به بررسی دی‌اکسید گوگرد موجود در فضای باز در استانبول پرداختند. با توجه به اندازه‌گیری‌ها، میزان دی‌اکسید گوگرد پایین‌تر از سطح توصیه‌شده توسط دولت ترکیه بود. نتایج همچنین نشان داد که درجه حرارت در مقایسه با سرعت باد و رطوبت تأثیر قابل‌توجهی بر دی‌اکسید گوگرد دارد و نیز مشاهده‌شده که غلظت دی‌اکسید گوگرد در زمستان در مقایسه با سایر فصل‌ها افزایش‌یافته است. شیائوپینگ و زژو (۲۰۱۸)، به بررسی عوامل جغرافیایی تعیین‌کننده‌ی ویژگی‌های فضایی و زمانی کیفیت هوای شهری در چین پرداختند. در این بررسی بر اساس شاخص‌های کیفیت هوای روزانه (AQI)[3]، ویژگی‌های فضایی کیفیت هوا در مناطق مختلف چین بررسی

1- Land Use Regression
2- Geographically Weighted Regression
3- Air Quality Index

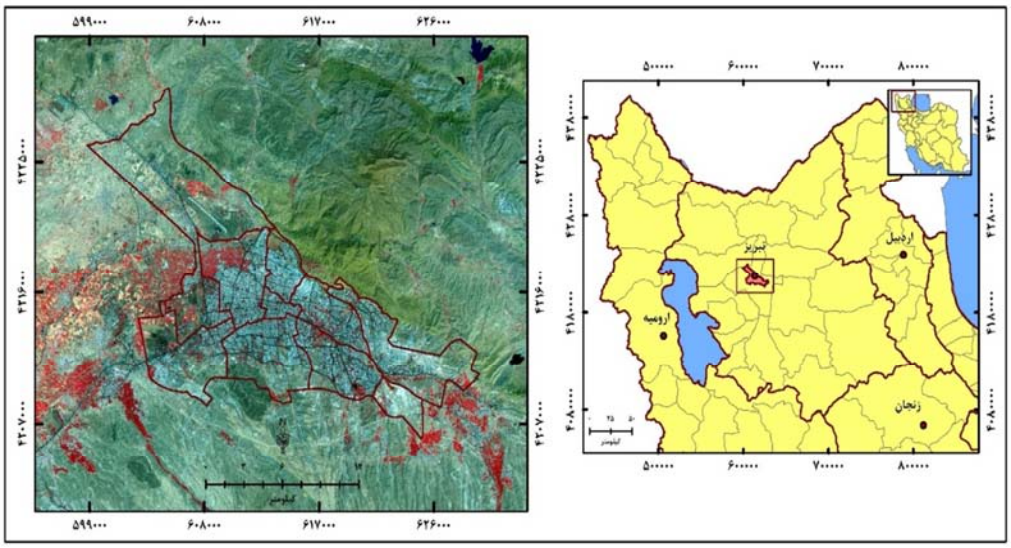
گردید. نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل جغرافیایی نشان می‌دهند که عوامل حاکم بر شاخص کیفیت هوای روزانه در مکان‌های شهری به‌طور قابل‌توجهی متفاوت است. تغییرات توپوگرافی و هواشناسی در مناطق شهری ممکن است منجر به تغییرات در زمان‌بندی غلظت آلاینده‌ها شود. همچنین عوامل انسانی همچون صنایع و ساختارهای شهری همانند عوامل طبیعی تأثیر قابل‌توجهی به کیفیت هوای شهری دارند.

با توجه به افزایش آلودگی در شهرها به‌ویژه کلان‌شهرها هدف این پژوهش علاوه بر تعیین مؤلفه‌های مهم در ایجاد آلودگی، مشخص نمودن سهم هریک از عوامل با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی در سطح شهر تبریز می‌باشد.

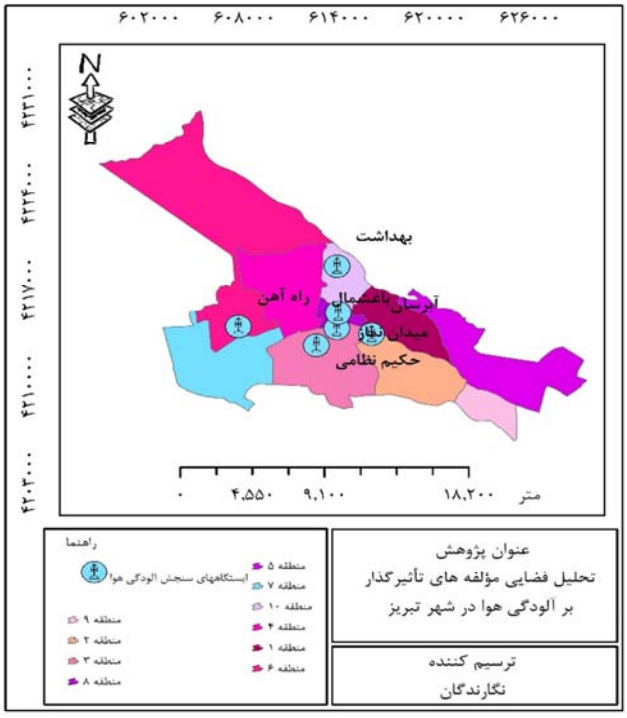
داده‌ها

الف. محدوده موردمطالعه

شهر تبریز به‌عنوان مرکز استان آذربایجان شرقی و بزرگ‌ترین شهر شمال غرب ایران در مختصات جغرافیایی ۴۵ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۳۶ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۹ دقیقه عرض شمالی واقع‌شده است (شکل ۱). بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، جمعیت شهرستان تبریز ۱۷۷۳۰۳۳ نفر و جمعیت مرکز این شهرستان ۱۵۵۸۶۹۳ نفر برآورد شده است (سازمان برنامه‌وبودجه استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۶). در حال حاضر شهر تبریز به‌عنوان دومین قطب صنعتی کشور محسوب می‌شود. مهم‌ترین صنایع و واحدهای آلاینده شهر تبریز در غرب شهر (پالایشگاه، پتروشیمی، نیروگاه)، غرب شهر- کجا آباد (کوره‌های آجرپزی)، اتوبان کسایی- ترمینال تبریز، گورستان‌های پراکنده داخل شهر، جنوب غرب (شهرک صنعتی تبریز ۴) و اول جاده اسپیران پراکنده شده‌اند (طرح‌های توسعه و عمران شهر تبریز جلد دوم، ۱۳۸۵: ۲۲). علاوه بر این، افزایش جمعیت و تراکم وسایط نقلیه موجب افزایش آلودگی هوای شهر شده است. جو شهر تبریز به دلیل کمبود تهویه طبیعی، پایین بودن سرعت باد و پایداری اتمسفر با وارونگی دما مواجه می‌شود و با آغاز دوره سرد سال اغلب روزهای آن با آلودگی هوا همراه است (عقلمند، ۱۳۹۳). اندازه‌گیری غلظت آلاینده‌های هوا در شهر تبریز توسط اداره کل محیط‌زیست استان آذربایجان شرقی و از طریق شش ایستگاه پایه سنجش آلودگی هوا شامل ایستگاه آب‌رسان (ایستگاه ترافیکی- مسکونی)، ایستگاه میدان نماز (ترافیکی- تجاری)، ایستگاه حکیم نظامی (مسکونی- تجاری)، ایستگاه باغ شمال (ایستگاه ترافیکی)، ایستگاه راه‌آهن (ایستگاه مسکونی- صنعتی) و ایستگاه بهداشت صورت می‌پذیرد (شکل ۲).



شکل ۱: موقعیت اداری- سیاسی شهر تبریز در شمال غرب ایران



شکل ۲: موقعیت ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در شهر تبریز

ب. روش تحقیق

در پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی فضایی آلودگی هوای شهر تبریز از هشت متغیر مستقل استفاده گردید. این متغیرها عبارت‌اند از: ارتفاع، تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی، تراکم صنایع، تراکم تقاطع‌ها، تراکم ایستگاه‌های اتوبوس، تراکم فضاهای سبز و فاصله از صنایع بزرگ آلوده‌ساز. با این توضیح که توزیع ارتفاعات در سطح شهر تبریز از روی تصاویر ماهواره‌ای DEM منطقه باقدرت تفکیک مکانی ۱۲/۵ متر مربوط به ماهواره ALOS-PALSAR تهیه گردید. داده‌های طرح جامع شهر تبریز (۱۳۹۵) مبنای محاسبات سایر متغیرهای مستقل تحقیق به شمار می‌آیند. همچنین، غلظت دی‌اکسید نیتروژن به‌عنوان متغیر وابسته پژوهش و معرف مناسب آلودگی هوای شهر مورداستفاده قرار گرفت. در این رابطه، داده‌ها و اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوای شهر از طریق سازمان محیط‌زیست تبریز گردآوری شد. با توجه به فقدان یا ناقص بودن داده‌های ایستگاه‌های مذکور برای سال‌های مختلف تنها اطلاعات مربوط به بازه زمانی ۱۳۹۵ مورداستفاده قرار گرفت. درنهایت جریان باد (همراه با مؤلفه‌های سرعت و جهت) به‌عنوان عامل مؤثر در انتشار آلاینده‌ها مورداستفاده قرار گرفت.

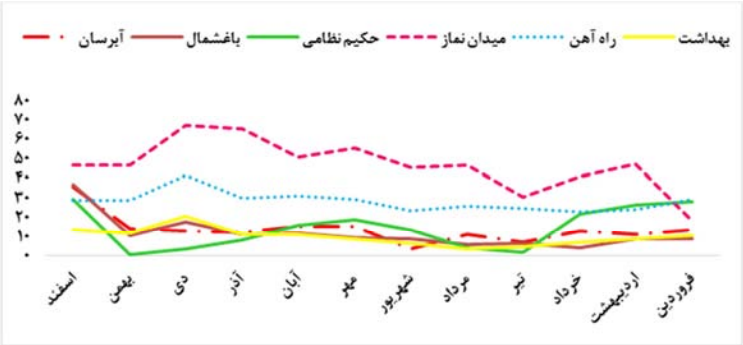
برای تجزیه‌وتحلیل فضایی داده‌ها از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی در بستر نرم‌افزار ArcGIS بهره گرفته شد. روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی یک فن رگرسیون موضعی است که به‌طور معنی‌داری رگرسیون معمولی را برای استفاده در داده‌های مکانی بهبود داده است (قربانی و آقا شریعت مداری،۱۳۹۱). این مدل سهم زیادی در مدل‌سازی فرآیندهای ناهمگون فضایی دارد و توجه زیادی به خاطر عملکرد ظریفش در زمان کاوش تغییرات محلی به خود جلب نموده است (یمانی و همکاران،۱۳۹۶). پارامترهای موضعی تخمین زده‌شده می‌توانند در محل‌های نقاط رگرسیونی ترسیم شوند. مدل رگرسیون وزنی جغرافیایی گسترش‌یافته رگرسیون عمومی است. مدل مذکور به‌منظور به دست آوردن معادله‌های رگرسیونی برای هر منطقه به‌صورت جداگانه اجرا می‌گردد (قربانی،۱۳۹۰). برخلاف الگوهای رگرسیون معمولی که یک معادله رگرسیونی را برای توصیف روابط کلی بین متغیرها برقرار می‌کنند، رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی اطلاعات مکانی تولید می‌کند که تغییرهای مکانی بین روابط متغیرها را بیان می‌کند. بنابراین نقشه‌های تولیدشده از این تحلیل‌ها نقش کلیدی در توصیف و تغییر غیر ایستایی مکانی بین متغیرها بازی می‌کند (قربانی و شریعتمداری، ۱۳۹۱). همچنین، برای ترسیم گلباد نرم‌افزار WRPLOT به کار بسته شد.

جهت تهیه نقشه تراکم ایستگاه‌های اتوبوس، ابتدا موقعیت این ایستگاه‌ها با استفاده از Google map با فرمت قابل ورود به نرم‌افزار GIS تهیه شد و سپس نقشه تراکم ایستگاه‌های اتوبوس ترسیم گردید. علاوه بر این موقعیت صنایع آلوده‌ساز نیز ازجمله پتروشیمی، پالایشگاه، کوره‌های آجرپزی و نیروگاه با استفاده از Google map جهت ترسیم نقشه فاصله از صنایع استخراج شدند. سایر نقشه‌های مربوط به تراکم مانند تراکم صنایع و تراکم فضای سبز از لایه کاربری اراضی شهر تبریز استخراج شد و با استفاده از روابط مربوط نقشه‌های تراکم ترسیم شد. تراکم جمعیت با استفاده از آمار جمعیت مناطق در سال ۱۳۹۵ و با در نظر گرفتن مساحت مناطق ترسیم شدند. نقشه تراکم تقاطع‌ها با استفاده از نقشه شبکه ارتباطی شهر تبریز در محیط نرم‌افزار Arc Map ترسیم شد.

یافته‌های تحقیق

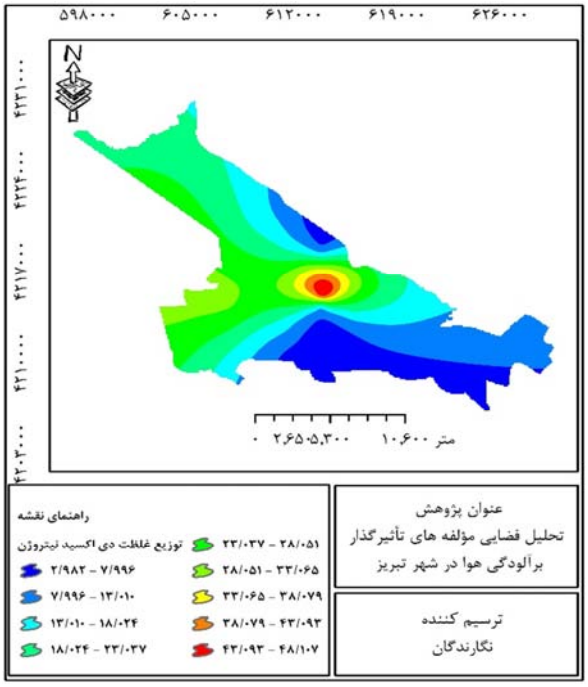
الف. نتایج حاصل از آنالیز دی‌اکسید نیتروژن

نتایج حاصل از بررسی شش نوع آلاینده اصلی در شهر تبریز نشان می‌دهد که کامل‌ترین آمارها متعلق به دی‌اکسید نیتروژن است که دارای آمارهای جامعی در تمام ماه‌های سال و برای شش ایستگاه پایه سنجش آلودگی می‌باشد (شکل ۳)، درحالی‌که سایر آلاینده‌ها دارای اطلاعات ناقص می‌باشند. بنابراین با توجه به حساسیت روش رگرسیون وزنی جغرافیایی که برای تجزیه‌وتحلیل داده‌ها مورداستفاده قرارگرفته، در این پژوهش دی‌اکسید نیتروژن به‌عنوان آلاینده منتخب موردبررسی انتخاب شد.



شکل ۳: تغییرات ماهانه غلظت دی‌اکسید نیتروژن در شهر تبریز در سال ۱۳۹۵

ب. توزیع غلظت دی‌اکسید نیتروژن در سطح شهر تبریز با استفاده از روش‌های درون‌یابی

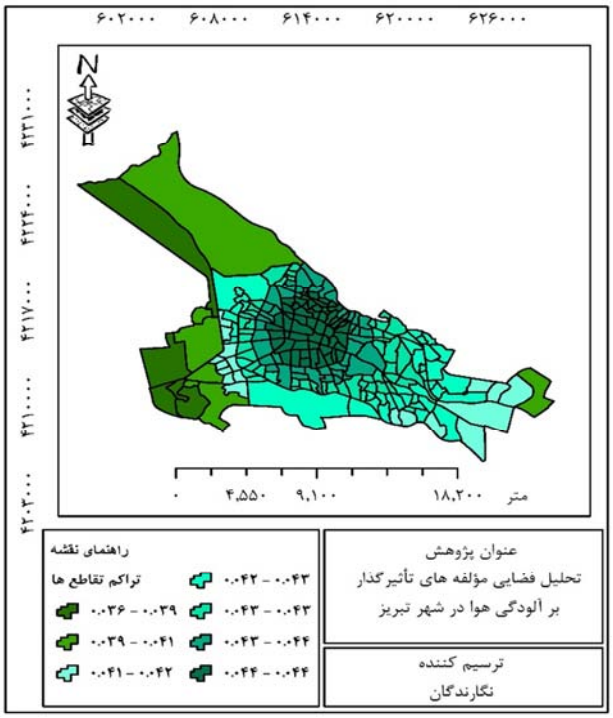


شکل ۴: توزیع غلظت دی‌اکسید نیتروژن در سطح شهر تبریز

بیشترین غلظت دی‌اکسید نیتروژن در قسمت مرکزی شهر تبریز می‌باشد. در این قسمت شهر، تراکم بالای تقاطع‌ها (عامل ایجادکننده حجم بالای ترافیک)، تراکم بالای ساختمانی و جمعیتی و همچنین تراکم بالای ایستگاه‌های اتوبوس وجود دارد که از عوامل اصلی تولید آلاینده‌های هوا به‌ویژه دی‌اکسید نیتروژن می‌باشند. در قسمت‌های شرقی شهر تبریز با توجه به کاهش تدریجی این تراکم‌ها میزان دی‌اکسید نیتروژن نیز کاهش‌یافته و در حد متوسط می‌باشد. میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن در قسمت‌های جنوبی شهر تبریز دارای کمترین میزان می‌باشد، از دلایل اصلی کاهش میزان غلظت این آلاینده در این قسمت از شهر وجود زمین‌های بایر و سطوح پایین تراکم مسکونی، جمعیتی و ... می‌باشد (شکل ۴).

ج. تراکم تقاطع‌ها و تغییرهای غلظت دی‌اکسید نیتروژن

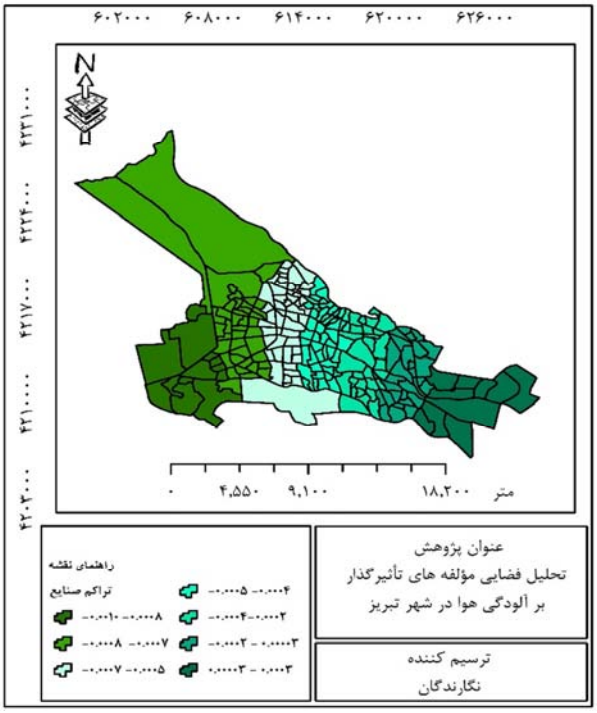
بر اساس پژوهش‌های تقوی (۱۳۹۱)، حاجی حسینلو (۱۳۹۳)، مهرابی کوشکی (۱۳۹۴) و یزدی‌پناه (۱۳۹۵)، تقاطع‌ها از مهم‌ترین عوامل ایجاد ترافیک و افزایش آلاینده‌ها در شهرهای به‌ویژه کلان‌شهرها می‌باشند. خروجی حاصل از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی در شکل (۵)، نشان می‌دهد در مرکز شهر تبریز تراکم تقاطع‌ها بیشترین تأثیرگذاری را برافزایش غلظت دی‌اکسید نیتروژن داشته است. در مناطق جنوب شرقی، شرق و جنوب شهر تبریز از تأثیر این متغیر (تراکم تقاطع‌ها) کاسته می‌شود به‌طوری‌که در قسمت‌های شمالی، شمال غرب و غرب شهر تبریز که کمترین تراکم تقاطع‌ها وجود دارد غلظت دی‌اکسید نیتروژن متأثر از تراکم تقاطع‌ها دارای کمترین میزان می‌باشد.



شکل ۵: تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن متأثر از تراکم تقاطع‌ها در سطح شهر تبریز با روش GWR

د. تراکم صنایع و تغییرهای غلظت دی‌اکسید نیتروژن

یکی از مهم‌ترین عواملی که نظر بسیاری از پژوهشگرانی که در زمینه‌ی آلودگی هوا کار می‌کنند به خود جلب کرده، صنایع و موقعیت آنها در شهرها می‌باشد. صنایع از مهم‌ترین عوامل مؤثر بر تولید آلاینده‌های مختلف هوا به‌ویژه دی-اکسید نیتروژن می‌باشند. شهر تبریز که عظیم‌ترین قطب صنعتی شمال‌غرب کشور می‌باشد در سال‌های اخیر با انواع آلاینده‌های مواجه گردیده است بزرگ‌ترین تراکم صنایع در نواحی شرقی تبریز بوده که روند آلودگی این شهر را به‌شدت افزایش داده است. نتایج حاصل از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی در شکل (۶)، نشان می‌دهد که در بخش-های شرقی و جنوب شرقی تأثیرگذاری تراکم صنایع برافزایش غلظت دی‌اکسید نیتروژن به بیشترین میزان رسیده است، درحالی‌که در مناطق مرکزی شهر تأثیر تراکم صنایع بر غلظت دی‌اکسید نیتروژن کاسته می‌شود، در مناطق شمالی و غربی شهر تبریز تراکم صنایع کمترین ارتباط را با افزایش دی‌اکسید نیتروژن داشته است.

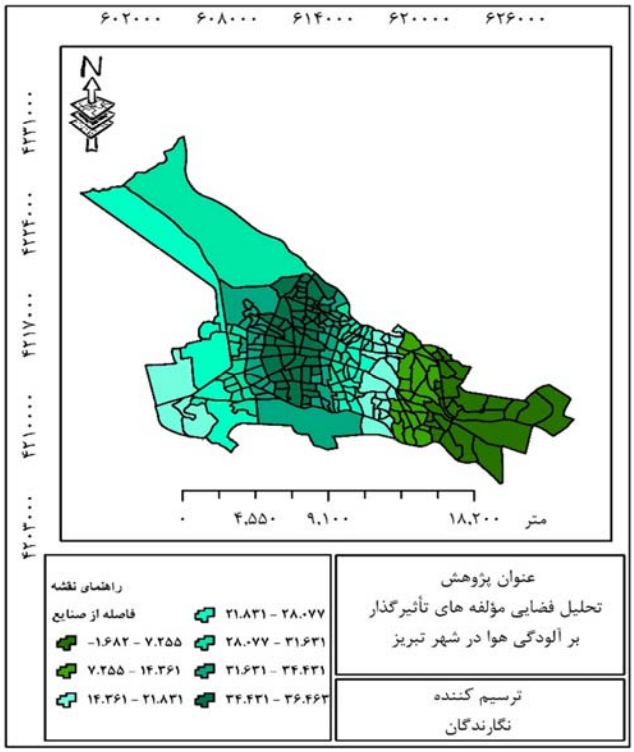


شکل ۶: تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن متأثر از تراکم صنایع در سطح شهر تبریز با روش GWR

ه. فاصله از صنایع عظیم و تغییرهای غلظت دی‌اکسید نیتروژن

بر اساس پژوهش نوروزی‌زاده در سال ۱۳۸۶ نیروگاه حرارتی بافاصله ۸ کیلومتر از شهر تبریز، پالایشگاه تبریز با ۱،۵ کیلومتر فاصله از محدوده شهر تبریز، کارخانه‌ها آجرپزی در بخش غربی تبریز، پتروشیمی در فاصله ۸ کیلومتری از غرب شهر تبریز و صنایع تراکتورسازی در غرب تبریز از مهم‌ترین صنایع آلوده‌ساز تبریز می‌باشند. مصرف سوخت‌های فسیلی در این صنایع به میزان بسیار بالا و همچنین به دلیل فاصله کمی که با محدوده شهر تبریز دارند روند آلودگی این شهر را به‌شدت متأثر ساخته است. همچنان که نتایج حاصل در شکل (۷)، نشان می‌دهد، بیشترین میزان دی-

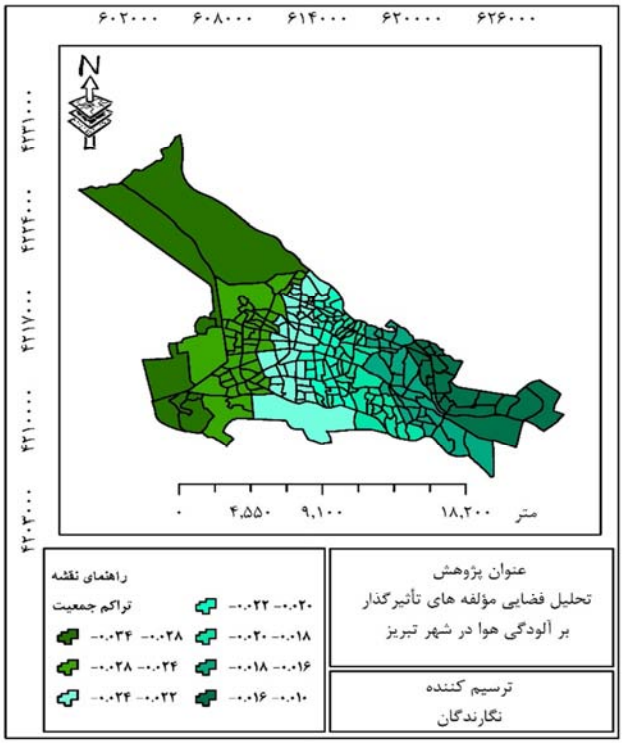
اکسید نیتروژن با توجه به فاصله از صنایع در بخش‌های مرکزی، غربی و جنوب غرب شهر تبریز بوده، یکی از دلایل مهم تراکم بالای غلظت دی‌اکسید نیتروژن در بخش مرکزی تبریز این است که آلاینده‌های ناشی از صنایع غربی پس از هدایت به بخش‌های مرکزی شهر تبریز به دلیل تراکم بالای انواع کاربری‌ها در این بخش تجمع یافته و بالاترین میزان غلظت آلاینده‌ها را سبب می‌شوند. در بخش‌های جنوب شرقی به دلیل این‌که بیشترین فاصله را با صنایع واقع در غرب تبریز دارند کمترین میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن را نشان می‌دهند.



شکل ۷: تغییرات دی‌اکسید نیتروژن متأثر از فاصله از صنایع در سطح شهر تبریز با روش GWR

و. تراکم جمعیت و تغییرهای غلظت دی‌اکسید نیتروژن

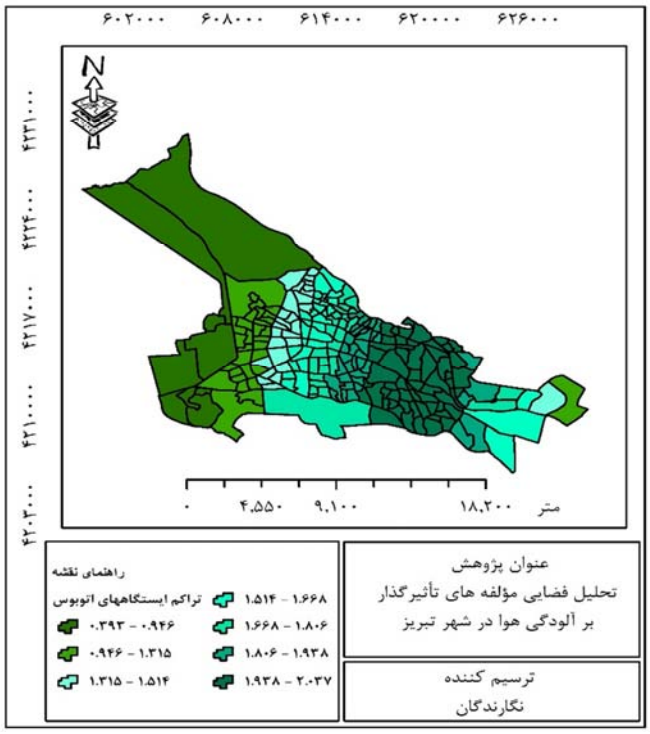
افزایش تراکم جمعیت سبب افزایش تراکم بسیاری از کاربری‌های دیگر و به‌ویژه افزایش تراکم ساختمانی و افزایش استفاده از وسایل نقلیه می‌گردد. در هر قسمت از شهر که تراکم جمعیتی افزایش می‌یابد استفاده از سوخت‌های فسیلی نیز افزایش پیدا می‌کند که این مسأله افزایش آلاینده‌های هوا را در پی دارد. در شکل (۸)، نیز نشان داده‌شده که تراکم جمعیتی در قسمت‌های شرقی، قسمت‌های، مرکزی و شرقی شهر تبریز بیشترین تأثیر را برافزایش میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن داشته است. اما تأثیرپذیری دی‌اکسید نیتروژن از تراکم جمعیت در قسمت‌های شمالی و شمال غرب و غرب به کم‌ترین میزان رسیده است.



شکل ۸: تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن متأثر از تراکم جمعیت در سطح شهر تبریز با روش GWR

ز. تراکم ایستگاه‌های اتوبوس و تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن

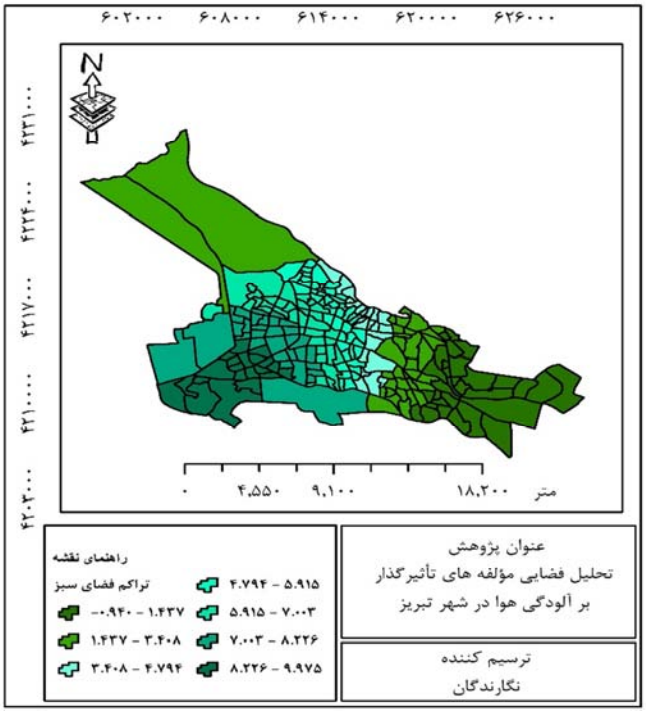
وسایل نقلیه ازجمله مهم‌ترین عوامل تولید آلاینده‌های هوا است. ایستگاه‌های اتوبوس در طی شبانه‌روز به دلیل توقف زیاد و تردد بالای اتوبوس‌های بین‌شهری مواجه هستند از منابع مهم تولید آلودگی می‌باشند. یافته‌ها نشان می‌دهد که شهر تبریز دارای بیش از ۱۶۰ ایستگاه اتوبوس می‌باشد که بیش از ۹۰۰ دستگاه اتوبوس در این ایستگاه‌ها در تردد هستند، با توجه به این آمارهای یادشده و اهمیت وسایل نقلیه می‌توان گفت از عوامل مهم تأثیرگذار بر تولید آلاینده‌ها در شهر تبریز ایستگاه‌های اتوبوس خواهد بود. همچنان که در شکل (۹)، به تصویر کشیده شده است در بخش‌هایی از قسمت‌های شرقی و مرکزی و بخش‌های از قسمت جنوب تبریز افزایش تراکم ایستگاه‌های اتوبوس بیشترین تأثیرگذاری را برافزایش غلظت دی‌اکسید نیتروژن داشته است. به‌طرف قسمت‌های جنوب شرقی تأثیرگذاری این متغیر در حد متوسط بوده و در قسمت‌های شمالی، غربی و جنوب غربی تراکم ایستگاه‌های اتوبوس کم‌ترین تأثیرگذاری را داشته است.



شکل ۹: تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن متأثر از تراکم ایستگاه‌های اتوبوس در سطح شهر تبریز با روش GWR

ح. تراکم فضای سبز و تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن

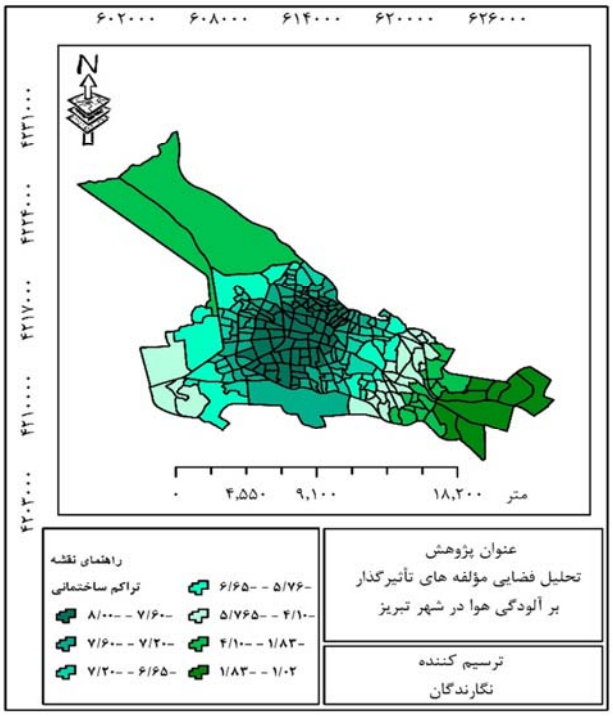
تأثیر فضاهای سبز بر کاهش آلودگی هوا مورد تأیید و تأکید بسیاری از پژوهشگران و برنامه‌ریزان شهری می‌باشد، به‌طوری‌که در بسیاری از شهرهای بزرگ کشورهای توسعه‌یافته که با مشکلات آلودگی هوا و کمبود تراکم فضاهای سبز مواجه هستند ازجمله کشور ژاپن طرح بام‌های سبز را برای تعدیل هوا و کاهش آلاینده‌های هوا اجرا کرده‌اند. یافته نشان می‌دهد که در حالت کلی فضاهای سبز در شهر تبریز محدود می‌باشد به‌طوری‌که در بخش مرکزی شهر تبریز کم‌ترین میزان فضاهای سبز وجود داشته است. در حالت عادی باید با افزایش فضاهای سبز آلودگی کاهش پیدا کند اما این مسأله برای شهر تبریز صدق نمی‌کند. همچنان که در شکل (۱۰) نشان داده‌شده، در بخش‌های غربی تبریز بااین‌وجود که فضاهای سبز در حد متوسط می‌باشد اما به دلیل اینکه زمین‌ها بیشتر زمین‌های کشاورزی بوده و همچنین در غرب تبریز صنایع بسیار عظیمی مثل پالایشگاه تبریز، پتروشیمی تبریز، کارخانه‌های آجرپزی و صنایع تراکتورسازی قرار دارند، میزان آلودگی در این قسمت بسیار بالا بوده است.



شکل ۱۰: تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن متأثر از تراکم فضاهای سبز در سطح شهر تبریز در روش GWR

ط. استفاده از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی برای بررسی مهم‌ترین عامل تأثیرگذار برافزایش دی‌اکسید نیتروژن در بخش مرکزی شهر تبریز

در مناطق مرکزی شهرها با تراکم ساختمانی بالا توان تهویه هوای شهری پایین بوده و نیاز به انرژی برای کنترل افزایش بی‌رویه دما افزایش می‌یابد. هم‌چنین تراکم بالای ساختمانی مانع جریان باد می‌شود و وقتی چنین اتفاقی رخ دهد و در برابر جهت جریان باد مانع ایجاد شود، دمای هوا افزایش‌یافته و سبب افزایش آلاینده‌های هوا می‌شود. یافته‌ها نشان داده که تراکم ساختمانی در مرکز شهر تبریز به‌عنوان مهم‌ترین عامل مؤثر برافزایش میزان دی‌اکسید نیتروژن می‌باشد. بیشترین تراکم ساختمانی در شهر تبریز در بخش مرکزی این شهر می‌باشد. مسأله بالا از عوامل مهم تأثیرگذار بر افزایش میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن در این بخش از تبریز می‌باشد. شکل (۱۱) نیز این موضوع را تأیید می‌کند. همان‌طور که در این نقشه نمایش داده‌شده، بخش مرکزی شهر تبریز بیشترین تراکم ساختمانی را داشته و سبب گردیده که میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن در مرکز به بالاترین میزان خود برسد به‌طوری‌که هر چه از بخش مرکزی فاصله گرفته و به سمت مناطق با تراکم ساختمانی متوسط و کم به‌ویژه در قسمت‌های جنوبی و غربی حرکت می‌کنیم از شدت این تأثیرگذاری کاسته می‌شود و در قسمت‌های شمالی و جنوب شرقی تبریز به کم‌ترین میزان می‌رسد.

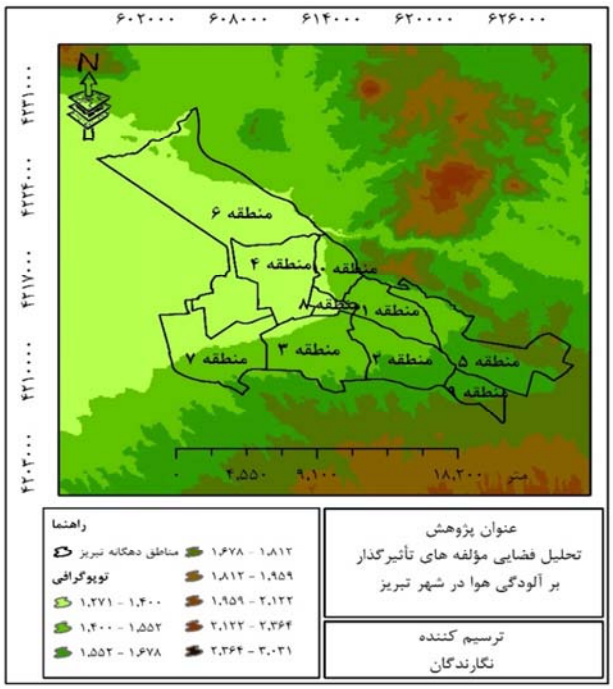


شکل ۱۱: تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن در سطح شهر تبریز بر اساس تراکم ساختمانی با روش GWR

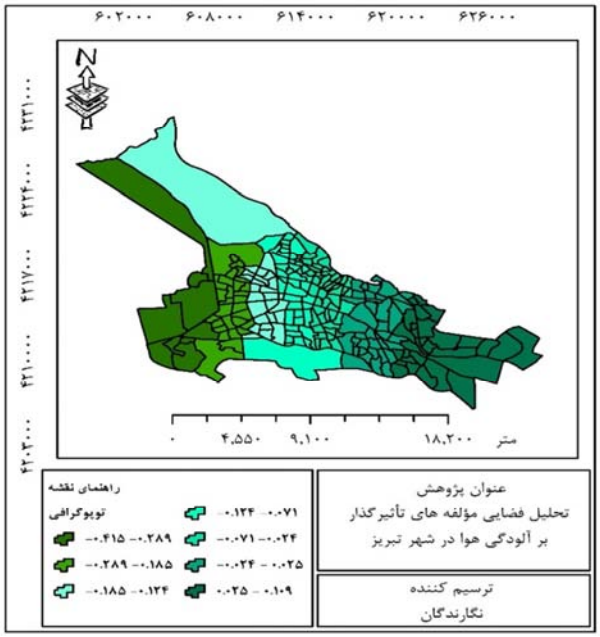
ی. استفاده از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی برای بررسی تأثیر ارتفاعات در جنوب شرق تبریز بر دی‌اکسید نیتروژن

در این بخش نیز ارتفاعات به‌عنوان متغیر مستقل و غلظت دی‌اکسید نیتروژن به‌عنوان متغیر وابسته می‌باشد. نتایج حاصل از تأثیرگذاری ارتفاعات بر تغییرات دی‌اکسید نیتروژن با استفاده از روش‌های حداقل مربعات معمولی (OLS)[1] و رگرسیون وزنی جغرافیایی به شکل زیر می‌باشد: شهر تبریز با خطوط ارتفاعی احاطه‌شده که قسمت‌های جنوب شرقی و شرق تبریز بالاترین ارتفاع را در برگرفته است که به سمت مرکز شهر از این ارتفاعات کاسته می‌شود و جنوب غرب پست‌ترین نقاط تبریز را در برگرفته است. در مناطق مرتفع شهر تبریز از میزان آلودگی هوا کاسته می‌شود، همان‌طور که در شکل (۱۳)، نیز نشان داده‌شده، قسمت‌های جنوب شرقی که دارای بیشترین ارتفاع در شهر تبریز می‌باشند تأثیر ارتفاع بر دی‌اکسید نیتروژن دارای بیشترین میزان بوده و به‌تدریج به سمت مرکز شهر تبریز از این میزان کاسته می‌شود به‌نحوی‌که در قسمت‌های غربی به کمترین میزان تأثیرگذاری می‌رسد.

1- Ordinary Least Square



شکل ۱۲: وضعیت توپوگرافی (ارتفاع) شهر تبریز و محدوده‌های اطراف



شکل ۱۳: تغییرهای دی‌اکسید نیتروژن متأثر از توپوگرافی (ارتفاع) در سطح شهر تبریز با روش GWR

ک. ترسیم گلباد سرعت و جهت باد برای بررسی تأثیر جریان باد بر انتشار دی‌اکسید نیتروژن در غرب شهر تبریز

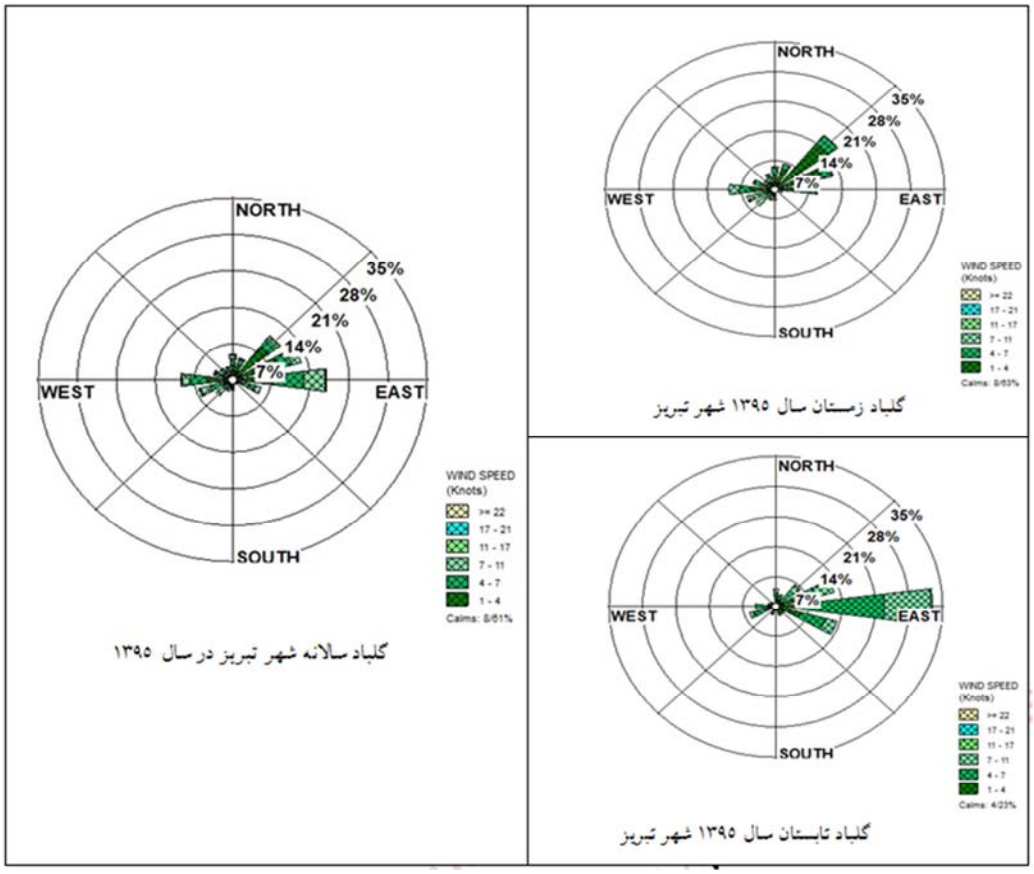
مهم‌ترین عامل انتشار آلودگی هوا، باد و جریانات جوی است. جریان‌های صعودی در تبریز برحسب قدرت و ارتفاع صعود، عامل آلوده‌کننده را به طبقه‌های بالایی جو می‌برد و جریان‌های افقی در طبقه‌های بالایی باعث انتشار این عوامل در فضا و درنتیجه تداوم آنها می‌شود و جریان‌های نزولی برعکس عمل می‌نمایند؛ به این معنی که علاوه بر ممانعت از صعود هوای طبقه‌های پایین، ضمن نزول خود عوامل آلوده‌کننده را از طبقه‌های بالایی به سطح زمین می-آورند و جریان‌های افقی در سطح زمین باعث انتشار این عوامل به نواحی مجاور می‌گردند. جهت جریان هوا در این شهر بر اساس جهت حرکت هوا در پرفشارها و کم‌فشارهای شرقی و غربی بوده است. برای بررسی تأثیر باد بر میزان دی‌اکسید نیتروژن در بخش‌های غربی با استفاده از آمارهای روزانه جهت و سرعت باد و از طریق نرم‌افزار WRPLOT گلباد سالانه و گلباد زمستان و تابستان ترسیم گردید. اطلاعات مربوط به داده‌های سرعت و جهت باد در بازه زمانی فروردین تا اسفند سال ۱۳۹۵ بوده و از طریق سازمان آب و هواشناسی شهر تبریز گردآوری‌شده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که جهت باد غالب در مقیاس سالانه شرقی و باد نائب غالب تاحدودی شمال شرقی است (اسمعیل پور،۱۳۹۳) در گلباد زمستان باد غالب (۲۱ درصد از کل بادها) دارای جهت شمال شرقی می‌باشد که ۷ درصد از این بادها با سرعت ۷-۱۱ متر بر ثانیه، ۹ درصد با سرعت ۴-۱ متر بر ثانیه و ۵ درصد با سرعت ۴-۷ متر بر ثانیه بوده است. باد غالب نائب در گلباد زمستان جهت شرقی داشته است. این بادها یکی از عوامل اصلی هدایت‌کننده آلاینده-های ناشی از صنایع شرق تبریز به سمت مرکز شهر در فصل زمستان می‌باشند. در گلباد تابستان باد غالب در جهت شرق (۳۵ درصد کل بادها) بوده و حدود ۷ درصد از این بادها دارای سرعت ۷-۱۱ متر بر ثانیه، ۱۴ درصد سرعت ۱-۴ متر بر ثانیه و ۱۴ درصد ۴-۷ متر بر ثانیه جریان داشته‌اند. گلباد سالانه نیز نشان می‌دهد که جهت باد غالب جهت شرقی (۲۱ درصد از کل باده‌ها) و باد نائب غالب جهت شمال شرقی داشته است، در گلباد سالانه ۱۴ درصد از بادهای غالب سرعت ۱-۴ متر بر ثانیه و ۷ درصد سرعت ۴-۷ متر بر ثانیه داشته است. بر این اساس نتایج نشان می‌دهد که بادهای غربی بسیار ضعیف‌تر از بادهای شرقی بوده و تأثیر این عامل بر انتشار آلاینده‌ها در غرب بسیار کم می‌باشد و نمی‌توان جریان باد را به‌عنوان یک عامل که نقش اساسی در انتشار دی‌اکسید نیتروژن در غرب شهر تبریز داشته باشد در نظر گرفت.

جدول ۱: میانگین ماهانه سرعت باد در شهر تبریز در سال ۱۳۹۵

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میانگین	۴/۲۱	۴/۳۱	۴/۵۴	۴/۹۶	۴/۶۵	۴/۱۳	۳/۳۱	۲/۹	۲/۴۵	۲/۴۵	۳/۰۶	۳/۸۱



شکل ۱۴: میانگین ماهانه سرعت باد در شهر تبریز در سال ۱۳۹۵



شکل ۱۵: گلباد سالانه شهر تبریز در سال ۱۳۹۵

نتیجه‌گیری

در این پژوهش برای بررسی عوامل مؤثر بر افزایش میزان دی‌اکسید نیتروژن در سطح شهر تبریز تراکم ساختمانی، جمعیتی، فضاهای سبز، صنایع، تقاطع‌ها، ایستگاه‌های اتوبوس، فاصله از صنایع و توپوگرافی به‌عنوان متغیر مستقل و دی‌اکسید نیتروژن به‌عنوان متغیر مستقل و جریان باد به‌عنوان عامل انتشاردهنده این آلاینده در نظر گرفته شد که نتایج نشان داد هر یک از متغیرهای مستقل در قسمت‌های مختلف شهر به نحوی بر میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن تأثیرگذار بوده‌اند؛ به‌طوری‌که تراکم ساختمانی به‌عنوان مهم‌ترین عامل افزایش‌دهنده غلظت این آلاینده در مرکز شهر تبریز شناخته شد. همچنین در قسمت مرکزی شهر تبریز میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن براثر تراکم تقاطع‌ها و تراکم ساختمانی افزایش‌یافته است. در قسمت‌های شرقی و جنوب شرق تبریز عامل تراکم صنایع و تراکم جمعیتی بیشترین اثرگذاری را برافزایش میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن داشته‌اند. بخش‌های غربی شهر با توجه به جانمایی نامناسب (عدم رعایت فاصله طولی و حریم صنایع) فعالیت‌های صنعتی بزرگی همچون پتروشیمی، تراکتورسازی و

صنایع وابسته به آنها، دارای بیشترین میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن می‌باشد. البته تأثیر این آلاینده‌ها تنها محدود به نواحی غربی شهر نمی‌شود بلکه براثر وزش بادهای ملایم غربی بخش مرکز را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. بنابراین جانمایی نامناسب و همجواری این صنایع با شهر موجب افزایش غلظت دی‌اکسید نیتروژن در قسمت‌های غربی و مرکزی گردیده است. تراکم ایستگاه‌های اتوبوس در قسمت‌های شرقی و مرکزی و بخش‌هایی از قسمت‌های جنوبی بیشترین تأثیرگذاری را بر تغییرهای میزان دی‌اکسید نیتروژن داشته است. بیشترین تأثیر ارتفاعات بر میزان دی-اکسید نیتروژن در قسمت‌های جنوب‌شرقی بوده است. برای بررسی تأثیر باد بر انتشار دی‌اکسید نیتروژن، گلباد سرعت و جهت باد برای سه بازه زمانی سالانه، زمستان و تابستان ترسیم گردید. نتایج حاصل نشان می‌دهد که بادهای غالب جهت شرقی و شمال شرقی داشته و جریان باد در جهت غربی ضعیف بوده و تأثیر چندانی بر افزایش میزان غلظت دی‌اکسید نیتروژن در بخش‌های غربی نداشته است. همچنین خروجی‌های حاصل از روش رگرسیون وزنی جغرافیایی نشان می‌دهد که ضریب تبیین به‌دست‌آمده ۶۲ درصد بود یعنی به‌نوعی ۶۲ درصد از آلودگی‌های شهر تبریز را متغیرهای موردبررسی در این پژوهش توجیه می‌کنند.

درمجموع با توجه به اینکه اهداف تمام پژوهش‌های مرتبط با موضوع آلودگی هوا در مناطق شهری، بررسی تأثیر عوامل انسانی در افزایش شاخص‌های آلودگی هوا می‌باشد، نتایج این تحقیق نیز برخی از نتایج مطروحه در پیشینه را تأیید می‌کند. ازجمله با نتایج بررسی الگوهای هم‌مکانی و آلودگی هوا در منطقه ۶ تهران توسط اکبری و صمد زادگان (۱۳۹۴) که در آن الگوی آلودگی با افزایش تراکم کاربری‌های تجاری، اداری و جمعیتی بخش مرکزی شهر به این سمت گرایش پیدا می‌کند، منطبق می‌باشد. همچنین به‌نوعی نتایج به‌دست‌آمده در تحقیق شیائوپینگ و زژو (۲۰۱۸) مبنی بر تأثیر قابل‌توجه عوامل طبیعی (توپوگرافی) و انسانی (تراکم صنایع) در زمان‌بندی و کیفیت هوای مناطق شهری چین را مورد تأکید قرار می‌دهد.

منابع

آروین عباسعلی، (۱۳۹۷)، بررسی اثر ذرات گردوغبار کمتر از ۲,۵ میکرن بر سلامتی در شهر اصفهان، مجله برنامه‌ریزی فضایی، دوره ۸، شماره ۳، صص.۱۲۴-۱۱۱

اکبری محمد؛ صمدزادگان فرهاد، (۱۳۹۴)، الگو کاوی آلودگی هوای منطقه شهری با استفاده از مدل توسعه‌یافته روش داده‌کاوی هم‌مکان، نشریه علوم و فنون نقشه‌برداری، سال ۵، دوره ۶، صص ۳۰۷-۲۹۳.

اسمعیل پور، مرضیه (۱۳۹۳)، تحلیل انرژی باد و پیش‌بینی سرعت آن در شمال غرب ایران، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تبریز

پژویان جمشید؛ مرادحاصل نیلوفر، (۱۳۸۶)، بررسی اثر رشد اقتصادی بر آلودگی هوا، فصلنامه پژوهشی اقتصادی، سال ۷، شماره ۴، صص ۱۴۱-۱۶۰.

جفعرزاده نفیسه، (۱۳۸۴)، آلودگی هوا در فعالیت‌های اکتشاف و استخراج نفت و گاز، همایش آلودگی هوا و اثرات آن بر سلامت، تهران، مؤسسه مطالعاتی زیست محیط پاک، ۱۵ و ۱۶ شهریور ۱۳۸۴.

خراسانی نعمت‌الله؛ چراغی مهرداد؛ ندافی کاظم؛ کرمی محمود، (۱۳۸۱)، بررسی و مقایسه کیفیت هوا در شهرهای تهران و اصفهان در سال ۱۳۷۸ و ارائه راهکارهایی برای بهبود آن، مجله منابع طبیعی ایران، جلد ۵۵، شماره ۴، صص ۵۵۹ – ۵۶۷.

زارع‌فرد رضا، (۱۳۹۳)، بررسی تأثیر حمل‌ونقل عمومی قطار شهری بر آلودگی هوا، سوخت و ترافیک شهر شیراز، فصلنامه آموزشی، پژوهشی و اطلاع‌رسانی مدیریت شهری نوین، سال ۲، شماره ۵، صص ۴۵-۱۹.

زمانی لیلا، جواهریان زهرا، (۱۳۹۴)، کنکاشی بر روند تحولات شاخص‌های پایداری در نظام بین‌المللی، مجله علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، دوره ۱۷، شماره ۴، ۲۰۲-۱۱۳

سازمان راه و شهرسازی استان آذربایجان شرقی، (۱۳۸۵)، طرح توسعه و عمران تبریز.

سازمان هواشناسی استان آذربایجان شرقی، ۱۳۹۷.

سلیمانی علی، (۱۳۹۳)، بررسی مکانیزم‌های تولید NOX پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.

شکری فیروزجاه پری، (۱۳۹۰)، بررسی میزان آلاینده‌های خروجی از اگزوز اتومبیل‌های شهر کرمانشاه و تأثیر آن بر سلامت انسان، دو فصلنامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری، دوره ۲، شماره ۳، صص ۸۲-۷۵.

صفوی سید نوید؛ موسوی مریم؛ دهقان‌زاده ریحانی رضا؛ شاکری مسعود، (۱۳۹۵)، پهنه‌بندی فصلی و مکانی شاخص کیفیت هوا و آلاینده-های هوای محیطی شهر و بررسی مشکلات اجرایی موجود شهر تبریز به کمک نرم‌افزار GIS، مجله سلامت و بهداشت، دوره ۷، شماره ۲، صص ۱۷۷-۱۵۸.

قربانی رسول؛ حسین زاده دلیرکریم؛ شکری فیروزجاه پری، (۱۳۹۰)، بررسی وضعیت آلودگی هوای شهر تبریز بر اساس تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)، نشریه علمی – پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۶، شماره ۳۹، صص ۱۰۸-۸۹.

قربانی خلیل؛ آقا شریعتمداری زهرا، (۱۳۹۱)، تأثیر گرادیان‌های موضعی در افزایش دقت درون‌یابی داده‌های اقلیمی به روش رگرسیون وزن‌دار جغرافیایی، پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، سال پنجم، شمار ۱۰، صص ۱۴۳-۱۳۲.

مشکینی ابوالفضل؛ آزادی قطار سعید؛ رکن‌الدین افتخاری عبدالرضا؛ مصطفوی احسان؛ احدنژاد روشنی محسن، (۱۳۹۵)، تحلیل ارتباط بین الگوی جغرافیایی سرطان ریه و آلودگی هوا در ساختار فضایی شهر تهران، فصلنامه تحقیقات جغرافیا، سال ۳۱، شماره چهارم، شماره پیاپی ۱۲۳، صص ۲۳-۷.

وات کنت، (۱۳۸۳)، مبانی محیط‌زیست، ترجمه عبدالحسین وهاب‌زاده، مشهد: انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۴۴ صفحه.

Abhishek, T. (2010). Air pollution: measurement, modeling, and mitigation, Routledge, Newyork.501pp.

Chen, X., & Ye, J., (2017, June), When the wind blows: spatial spillover effects of urban air pollution, In 2017 Annual Meeting, July 30-August 1, Chicago, Illinois (No. 258256), Agricultural and Applied Economics Association.

Carlisle, A. J., & Sharp, N. C. C, (2001), Exercise and outdoor ambient air pollution, British journal of sports medicine, 35(4), 214-222.

Fang, C., Liu, H., Li, G., Sun, D., & Miao, Z, (2015), Estimating the impact of urbanization on air quality in China using spatial regression models, Sustainability, 7(11), 15570-15592.

Faisal, K., & Shaker, A., (2017), Improving the Accuracy of Urban Environmental Quality Assessment Using Geographically-Weighted Regression Techniques, Sensors, 17(3), 528.

Guanglong, D., Erqi, X., & Hongqi, Z, (2017), Urban Expansion and Spatiotemporal Relationships with Driving Factors Revealed by Geographically Weighted Logistic Regression, Journal of Resources and Ecology, 8(3), 277-286.

Kopuz, E. B., & Dincer, B, (2017), Outdoor air quality sulfur dioxide in Istanbul, BULGARIAN CHEMICAL COMMUNICATIONS, 49, 64-69.

Mondal, B., Das, D. N., & Dolui, G, (2015), Modeling spatial variation of explanatory factors of urban expansion of Kolkata: a geographically weighted regression approach, Modeling Earth Systems and Environment, 1(4), and 29.

Robinson, D. P., Lloyd, C. D., & McKinley, J. M, (2013), Increasing the accuracy of nitrogen dioxide (NO2) pollution mapping using geographically weighted regression (GWR) and geostatistics, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 21, 374-383.

English

Abstracts

Research Article

The Effect of Dam Construction on flood and low flow Indices in South of Lake Urmia

Fariba Esfandyari Darabad[1], Raoof Mostafazadeh*[2], Reza Shahmoradi[3], Ali Nasiri Khiavi[4]

Received: 20-12-2017 Revised: 01-02-2018 Accepted: 16-04-2018

Abstract

Rivers are the naturally dynamic features of the landscape that exhibit different characteristics at specific times and in different places as the response of different environmental factors. Dams are among the most important man-made structures along the rivers that can make major changes in the river regime and ultimately in the entire drainage basin. Therefore, the purpose of this study was to investigate the change of hydrological flow indexes under the dam effect (pre and post-dam periods) using an Independent T-test in southern rivers of Lake Urmia. For this attempt, at first, nineteen hydrological indicators of the flow discharge were calculated in four main groups including Peak flows, Flow variability, Low flows, and Flow duration. Then, the effect of dam construction on pre-and post-dam periods before and after the construction of the dam on the hydrological parameters of the flow was analyzed using an independent T-test. According to the results, the values of 1-day minimum discharge, average daily flow in the period after the construction of the dam were significantly different in the period after the construction of the dams. Also, the amount of flow at 10, 50, 75, and 95% exceedance levels were different based on Flow Duration Curves constructed for pre and post dam periods. Meanwhile, the number of days zero flow, skewness, average annual coefficient of variation, Falling rate, Falling days, Flashinnes index, had a significant difference compared to the period before the construction of the dams. Also, the effect of dam construction on the five studied stations, the lowest effects of dam construction was related to Alasagle-Rast hydrometric station and the Sariqamish hydrometric station had the most effect under the dam construction. Construction of the dams has the effect of changing the hydrological parameters of the river region, which can harm plant and animal species. Therefore, the effects of human activities (such as dam construction) provide the possibility of making logical management decisions that can play an important role in optimizing the exploitation of rivers.

Keywords: Independent T-test, Flow Variability, Rate of Rising, Low Flows, Dam effect, Regulated flow.

[1]- Associate Prof, Dept of Natural Geography, Faculty of Humanities, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.

[2]*- Assist. Prof., Natural Resources Dept of Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.
Email: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir

[3]- Master of Geomorphology in Environmental Planning, University of Mohaghegh Ardabili, Iran.

[4]- M.Sc. Student of Watershed Management Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

References

References (in Persian)

Abdollahi-Pour, A., Moazami-Goudarzi, S., Zakeri-Nayeri, M. (2015). Evaluation of Three Algorithms for the Daily Hydrological Modeling of the Sarough Chai Basin Using the Satellite Precipitation Products and Applying the IHACRES Model. Water Resources Engineering, 8, 59-72. [In Persian]

Amini, H., Mostafazadeh, R., Esmali Ouri, A., Raoof, M. (2019). Hydrological drought response of regulated river flow under the influence of the dam reservoir in Ardabil Province. Journal of the Earth and Space Physics, 45(2), 473-486. [In Persian]

Azarang, F., Telvari, A.R., Sedghi, H., Shafaie-bajestan, M. (2017). Large dam effects on flow regime and hydraulic parameters of the river (Case study: Karkheh river, downstream of reservoir dam). Journal of Water and Soil 31 (1). 11-27. [In Persian]

Bayati Khatibi, M. (2006). Investigating the effect of Sahand Dam on changing the morphology of Qarnqu river bed on its erosion and sedimentation characteristics (Case study; Qaranqu basin, eastern slopes of Sahand mountain (northwest of Iran). Geography and Development Iranian Journal, 11, 199-220. [In Persian]

Esfandyari-Darabad, F., Mostafazadeh, R., Shahmoradi, R., Nasiri Khiavi, A. (2020). Investigating the Effect of Bukan's Dam Construction on Hydrological Indices of Zarrinehrood River Based on the Flow Duration Curve. Water and Soil Science, 29(4), 147-159. [In Persian]

Khorooshi, S., Mostafazadeh, R., Esmali Ouri, A., Raoof, M. (2016). River health, importance, and applications. Extension and Development of Watershed Management, 4(13), 35-40. [In Persian]

Khorooshi, S., Mostafazadeh, R., Esmali Ouri, A., Raoof, M. (2017). Spatiotemporal assessment of the hydrologic river health index variations in Ardabil Province Watersheds. Ecohydrology, 2, 379-393. [In Persian]

Moghaddasi, N., Sheikh, V.B., Najafinejad, A., Karimirad, I. (2016).Effect of mechanical measures on peak flow of Boostan Dam Watershed using Watershed Modeling System. Watershed Engineering and Management, 8(3), 332-338. [In Persian]

Mohtashami, N., Saberm I., Nazari, M.R., Rafiee. (2015). Evaluation of Environmental Damage of Alborz Dam in Mazandaran By using the Choice Experiment Approach. Agricultural Economics, 8(4), 127-153. [In Persian]

Piri, Z., Rezaie Moghadam., M., Ashouri, M. (2012). Assessment of The Effect of Dam Construction River pattern And Pass changes Using GIS & RS (Case Study: AHAR CHAI River). Geography and Environmental Planning, 25(4), 1-12. [In Persian]

Sada. (2015). Urmia Lake: Causes of drought and possible threats, report of the Socio-Cultural Committee of Urmia Lake Rehabilitation Headquarters (Sada). Tehran, September 2015, 1-37, (http://ulrp.sharif.ir). [In Persian]

Yasi, M. (2017). Rivers and dam management in water supply and management to Lake Urmia. Strategic Research Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 2(1), 59-76. [In Persian]

References (in English)

Arthington, A.H. (2012). Environmental Flows Saving Rivers in the Third Millennium. University of California Press, Berkeley, CA, 1-406.

Bunn, S.E., Arthington, A.H. (2002). Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. Environmental Management, 30(4), 492–507.

Catalano, M.J., Bozek, M.A., Pellett, T.D. (2007). Effects of dam removal on the fish assemblage structure and spatial distributions in the Baraboo River, Wisconsin. North American Journal of Fisheries Management, 27, 519–530.

Chen, Y.D., Yang, T., Xu, C.Y., Zhang, Q., Chen, X., Hao, Z.C. (2010). Hydrologic Alteration Along with the Middle and Upper East River (Dongjiang) Basin, South China: a visually enhanced mining on the results of the RVA method, 9-18.

Derrick, B., Toher, D., White, P. (2017). How to compare the means of two samples that include paired observations and independent observations: A companion to Derrick, Russ, Toher, and White (2017)". The Quantitative Methods for Psychology, 13(2), 120–126. DOI:10.20982/tqmp.13.2.p120.

Fay, M.p., Proschan, M.A. (2010). "Wilcoxon–Mann–Whitney or t-test? On assumptions for hypothesis tests and multiple interpretations of decision rules", Statistics Surveys, 4, 1–39. DOI:10.1214/09-SS051. PMC 2857732 Freely accessible. PMID 20414472.

FitzHugh, T.W., Vogel, R.M. (2011). The impact of dams on flood flows in the United States. River Research and Applications, 27(10), 1192-1215.

Graf, W.L. (1999). Damnation: a geographic census of American dams and their large-scale hydrologic impacts, Water Resources Research, 35 (4), 1305–1311.

Grill, G., Lehner, B., Lumsdon, A. E., MacDonald, G. K., Zarfl, C., Liermann, C. R. (2015). An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. Environmental Research Letters, 10(1), 1-16.

ICOLD, (2007), Dams and the World's Water, International Commission on Large Dams, 1-64...

Kennard, M.J., Mackay, S.J., Pusey, B.J., Olden, J.D., Marsh, N. (2010a). Quantifying uncertainty in the estimation of hydrologic metrics for ecohydrological studies. River Research and Applications, 26(2), 137–156.

Kennard, M.J., Pusey, B.J., Olden, J.D., Machay, S.J., Stein, J.L., Marsh, N. (2010b). Classification of natural flow regimes in Australia to support environmental flow management. Freshwater Biology, 55, 171–193.

Lehner, B., Reidy, L.C.A., Revenga, C., Fekete, B., Vörösmarty, C.J., Crouzet, P., Döll, P., Endejan, M., Frenken, K., Magome, J., Nilsson, C., Robertson, J., Rödel, R., Sindorf, N., Wisser, D. (2011). High-resolution mapping of the world's reservoirs and dams for sustainable river-flow management. Frontiers in Ecology and the Environment, 9, 494-542.

Marston, R.A., Mills, J.D., Wrazien, D.R., Bassett, B., and Splinter, D.K. (2005). Effects of Jackson Lake Dam on the Snake River and its floodplain, Grand Teton National Park, Wyoming, USA, Geomorphology, 71, 79-98.

Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M., Revenga, C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems, Science, 308, 405–408.

Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegaard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E., Stromberg, J.C. (1997). The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. Bioscience, 47,769–784.

Poff, N.L., Olden, J.D., Merritt, D., Pepin, D., 2007. Homogenization of regional river dynamics by dams and global biodiversity implications. Proceeding of the. National Academy of Science of the USA, 104, 5732–5737.

Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J., Braun, D.P. (1996). A Method for Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems, Conservation Biology, 1163-1174.

Shaerikarimi, S., Yasi, M., Eslamian, S. (2012). Use of hydrological methods for the assessment of environmental flow in a river reach". International Journal of Environmental. Science and Technology, 9(3),549- 558.

Slawski, T.M., Veraldi, F.M., Pescitelli, S.M., Pauers, M.J. (2008). Effects of tributary spatial position, urbanization, and multiple low-head dams on warm water fish community structure in a Midwestern stream, North American Journal of Fisheries Management, 28, 1020–1035.

Sojka, M., Jaskula, J., Wischer-Dysarz, J., and Dysarz, T. (2016). Assessment of dam construction impact on hydrological regime changes in lowland river – A case of study: the Stare Miasto reservoir located on the Powa River, Journal of Water and Land Development, 30(1), 119-125.

Van Looy, K., Tormos, Th., Souchon Y. (2013). Disentangling dam impacts in river networks, Ecological Indicators, 37, 10-20.

Vörösmarty, C.J., McIntyre, P.B., Gessner, M.O., Dudgeon, D., Prusevich, A., Green, P., Glidden, S., Bunn, S.E., Sullivan, C.A., Liermann, C.R., Davies, P.M. (2010). Global threats to human water security and river biodiversity, Nature, 467, 555–561.

Zhang, Q., Gu, X., Singh, V.P., Chen, X. (2015). Evaluation of Ecological Instream Flow Using Multiple Ecological Indicators with Consideration of Hydrological Alterations, Journal of Hydrology, 529, 711-722.

Zhang, Y., Shao, Q. and Zhao, T. (2017). Comprehensive assessment of dam impacts on flow regimes with consideration of interannual variations, Journal of Hydrology, 1-47.

Zou, Q., Liang, S.H. (2015). Effects of Dams on River Flow Regime Based on IHA/RVA. Remote Sensing and GIS for Hydrology and Water Resources, IAHS Publications, 368, 1-6.

Research Article

Simulation of Heavy Metals Transport in the Groundwater of Golgohar Iron Ore Mine Aquifer

Reza Jahanshahi*[1], Sepideh Mali[2], Elham Ravand[3]

Received: 11-09-2018 Revised: 10-12-2018 Accepted: 12-03-2019

Abstract

The Golegohar mine area is located at 53 km southwest of Sirjan city, Kerman province, Iran. The mine is one of the largest open-pit mines in the country. Due to exploitation, the pit floor level is below the water table. Current dewatering operation is going on by groundwater pumping in digging wells in or out of the pit to prevent flooding. Until now, discharged water and tailings have been disposed near pit without proper environmental safeguards. This water is in contact with minerals containing heavy metals and it may dissolve or suspend them. Therefore, a tailings dam, constructed with environmental standards, has been proposed to address this problem. So the groundwater pollution plume is studied using FEFLOW software. The results of the sorption isotherm tests for Ni, Cu, and Co show good agreement with the Liner and Freundlich models. Moreover, the plot of Kd for every single solution concentration indicates that the Kd is increasing with Cu concentration while it is decreasing for other metals. Examining the isotherms indicate that Ni and Co behave similarly, while the Cu behavior is different despite equal initial molar concentrations. This implies that the sorption of Cu is higher than Co and Ni. Flow and mass transport simulation in the groundwater of area show due to the dewatering, a capture zone has been developed near the pit. So groundwater pollution plume moves toward the pit and contamination migration (advection) has been prevented to other area. In addition to results of mass transport simulation in the tailings dam show that due to low material permeability and hydraulic gradient in the aquifer, the retention time of the groundwater pollution plume will be long.

Keywords: Pollution Plume, Isotherm Test, Tailings Dam, Groundwater Contamination Modelling, FEFLOW Software.

[1]*- Assistant Professor of Hydrogeology, Geology Department, Faculty of Sciences, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
Email: jahanshahireza@science.usb.ac.ir

[2]- Ph.D Student of Hydrogeology, Faculty of Geosciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

[3]- M.Sc of Hydrogeology, Geology Department, Faculty of Sciences, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

References

References (in Persian)

Darvishzadeh, A. (1991) Geology of Iran. Amirkabir Publication, Tehran, 1-901. [In Persian]

Doulati Ardejani, F., Shafaei Tonekaboni, S. Z., Kakaei, R., (2004) Modeling of water problems in open pit mines using finite element method. Iranian Society of Mining Engineering, Tarbiat Modares University. [In Persian]

Hosseini Sabzevari, S.M., (2007) Investigation of hydrogeological characteristics in the groundwater aquifer of GolGohar mine, Sirjan. M.Sc Thesis, Shahrood University of Technology. [In Persian]

Jahanshahi, R., (2013) Environmental effects of Gol-e-Gohar Iron Ore Mine on groundwater of the area. Ph.D. Thesis, Shiraz University. [In Persian]

Jahanshahi, R., Ravand E., Asadi, N., Mali, S., Hosseini Sabzevari, S.M., (2017) Simulation and prediction of the dewatering process in the porous media and hard rock in the open pit of Golgohar iron ore mine. Advanced Applied Geology, no 24 (26-37). [In Persian]

References (in English)

Biehler. D., Falck. W. E., (1999), Simulation of the effects of geochemical reactions on groundwater quality during planned flooding of the Königstein uranium mine, Saxony, Germany. Hydrogeology Journal 7:284–293.

Dhakate. R., Singh. V. S., Hodlur. G. K., (2008), Impact assessment of chromite mining on groundwater through simulation modeling study in Sukinda chromite mining area, Orissa, India, Journal of Hazardous Materials 160:535–547.

Garzonio. C. A., Piccinini. L., Gargini. A., (2014), Groundwater Modeling of Fractured Aquifers in Mines: The Case Study of Gavorrano (Tuscany, Italy), Rock Mech. Rock Eng. 47:905–921.

Jahanshahi. R., Zare. M., (2014), A metal sorption/desorption study to assess the potential efficiency of a tailings dam at the Golgohar Iron Ore Mine, Iran, Mine Water Environ. 33:228–240.

Li. T., Li. L., Song. H., Meng. L., Zhang. S., Huang. G., (2016), Evaluation of groundwater pollution in a mining area using analytical solution: a case study of the Yimin open‑pit mine in China, Springer Plus 5:392.

Molson. J. W., Fala. O., Aubertin. M., Bussie`re. B., (2005), Numerical simulations of pyrite oxidation and acid mine drainage in unsaturated waste rock piles, Journal of Contaminant Hydrology 78:343– 371.

Schwartz. M. O., Kgomanyane. J., (2008), Modelling natural attenuation of heavy-metal groundwater contamination in the Selebi-Phikwe mining area, Botswana, Environ. Geol. 54:819–830.

Song. C., Chao. W., Fu-qiang. Y., Rui-xue. B., (2011), Heavy metal pollution model of tailings and the pollution simulation by visualization, Journal of Coal Science & Engineering (China) 17(3):355–359.

Sracek. O., Gzyl. G., Frolik. A., Kubica. Z., Bzowski. Z., Gwo´zdziewicz. M., Kura. K., (2010), Evaluation of the impacts of mine drainage from a coal waste pile on the surrounding environment at Smolnica, southern Poland, Environ. Monit Assess 165:233–254.

Todd. D. K., Mays Larry. W., (2005), Groundwater hydrology, John Wiley & Sons, New York.

Young. H., Sung. J., Jeen. W., (2016), Geochemical interactions of mine seepage water with an aquifer: laboratory tests and reactive transport modeling, Environ. Earth Sci. 75:1333.

Zhang, H., Wang, Y., Yang, R, Ye, R., (2018), Modeling the effects of phosphate mining on groundwater at different stages of mine development. Mine Water and the Environment, 37: 3, pp 604–616.

Research Article

Tempo-spatial behavior of Surface Urban Heat Island of Isfahan Metropolitan Area

S.A. Maoodian*[1], M. Montazeri[2]

Received: 13-01-2019 Revised: 26-09-2019 Accepted: 28-12-2019

Abstract

The population of Isfahan has increased ten times over the past six decades. The rapid urbanization of the historical city of Isfahan has had a great environmental impact. At the same time, drying of Zayandeh Rood, increasing the air temperature, decreasing rain has brought the city to a critical environmental situation. The emergence of the urban heat island is only one of the consequences of the environmental changes of the past decades. Urban heat island has consequences for the health of citizens and it affects the consumption of water and energy. In this study, MODIS Aqua/LST data was used for night and day from 1379 to 1395. By using this data, the background climate of the metropolis of Isfahan was identified with the distance-azimuth (DA) charts. Then the representative pixel within the city and the representative pixel of the background climate were identified. Based on the time series of LST over these two pixels SUHI index of Isfahan metropolis was calculated. Studies show that the Isfahan metropolitan area is colder than the suburbs during the day and it is warmer than its surroundings during the night. The magnitude of the SUHI is maximal in January and is weaker in the summer. Regarding the temporal and spatial behavior of the SUHI, it seems that the changes made by the city in humidity, albedo, and composition of the atmosphere have played an important role in the emergence of the SUHI. Zayandeh Rood has played a major role in modulating the land surface temperature in the metropolitan area of Isfahan, and its drying has had environmental consequences.

Keywords: Urban heat island, Land surface temperature, Isfahan metropolis.

[1]*- Prof. of Climatology, Department of Physical Geography, University of Isfahan, Isfahan, Iran Email: s.a.masoodian@geo.ui.ac.ir

[2]- Assistant Prof. of Climatology, Department of Physical Geography, University of Isfahan, Isfahan, Iran

References

References (in Persian)

Golestannejad, A., Rashedipoor, A., Babasafari, A., Khalilian, M., Moosavi, S.R., Nasri, A., (2015), Atlas of Isfahan Metropolis, Hamseda Publications, pp. 348-1. [In Persian]
Keikhosravi, M. S., Climatology of Snow Cover in Iran Using Remote Sensing Data, PhD Thesis in Climatology, Department of Physical Geography, University of Isfahan, 2016. [In Persian]
Masoodian, S.A., (2005), Trend Analysis of Temperature in Iran in The Last Half Century, Researches in Physical Geography, No. 54, pp. 45-29. [In Persian]

References (in English)

Arnfield, A. J. (2003). Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. International journal of climatology, 23(1), 1-26. P 10.
Jin, M., Dickinson, R. E., & Zhang, D. A. (2005). The footprint of urban areas on global climate as characterized by MODIS. Journal of Climate, 18(10), 1551-1565. P 1570.
Jin, M. S. (2012). Developing an index to measure urban heat island effect using satellite land skin temperature and land cover observations. Journal of Climate, 25(18), 6193-6201. P 6195.
Jones, P. D., Groisman, P. Y., Coughlan, M., Plummer, N., Wang, W. C., & Karl, T. R. (1990). Assessment of urbanization effects in time series of surface air temperature over land. Nature, 347(6289), 169-172. P 170.
Majkowska, A., Kolendowicz, L., Półrolniczak, M., Hauke, J., & Czernecki, B. (2016). The urban heat island in the city of Poznań as derived from Landsat 5 TM. Theoretical and Applied Climatology, 1-15.P 12.
Matson, M., Mcclain, E. P., McGinnis Jr, D. F., & Pritchard, J. A. (1978). Satellite detection of urban heat islands. Monthly Weather Review, 106(12), 1725-1734.P 1730.
McCarthy, M. P., Best, M. J., & Betts, R. A. (2010). Climate change in cities due to global warming and urban effects. Geophysical Research Letters, 37(9).P 17.
Murphy, D. J., Hall, M. H., Hall, C. A., Heisler, G. M., Stehman, S. V., & Anselmi-Molina, C. (2011). The relationship between land cover and the urban heat island in northeastern Puerto Rico. International Journal of Climatology, 31(8), 1222-1239.P 1230.
Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Ottle, C., Bréon, F. M., & Myneni, R. B. (2012). Surface urban heat island across 419 global big cities. Environmental science & technology, 46(2), 696-703.P 698.
Peterson, T. C., & Owen, T. W. (2005). Urban heat island assessment: Metadata are important. Journal of Climate, 18(14), 2637-2646.P 2638.
Rao, P. K. (1972). Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite. Bulletin of the American meteorological society, 53(7), 647.P 15.
Rizwan, A. M., Dennis, L. Y., & Chunho, L. I. U. (2008). A review on the generation, determination, and mitigation of Urban Heat Island. Journal of Environmental Sciences, 20(1), 120-128.P 122.
Schwarz, N., Lautenbach, S., & Seppelt, R. (2011). Exploring indicators for quantifying surface urban heat islands of European cities with MODIS land surface temperatures. Remote Sensing of Environment, 115(12), 3175-3186. P 3175.
Zhang, D. L., Shou, Y. X., Dickerson, R. R., & Chen, F. (2011). Impact of upstream urbanization on the urban heat island effects along the Washington-Baltimore corridor. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 50(10), 2012-2029. P 2015.
Wan, ZHENGMING (1999). MODIS Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basis Document (LST ATBD). NASA, pp. 1-77.P 36.

Research Article

Detecting Areas Vulnerable to Sand Encroachment Using Remote Sensing and GIS Techniques; Case Study: Rigan, Fahraj and Narmashir Counties, Kerman Province

Ali Mehrabi*[1]

Received: 10-03-2019 Revised: 18-05-2019 Accepted: 25-06-2019

Abstract

Sand dune advancement poses a major threat to agricultural land, residential areas and residents of the eastern and southeastern parts of Kerman province. So that the occurrence of frequent sandstorms today is one of the most important environmental problems in these areas. The purpose of this research is to identify the range of Rigan, Fahraj and Narmeshir cities in terms of Sand Encroachment potential. For this purpose, the sand dunes vulnerability index (SDEVI) was used. In this regard, five effective factors in the spread of sand, including wind intensity, soil moisture, topography, lithology type, and vegetation were used. After preparing the relevant maps, all of them were ranked in terms of impact on vulnerability and integrated into the GIS environment and the final vulnerability map was prepared. Accordingly, an area of 345 square kilometers is located in the area of high and very high vulnerability. The southern half of the city of Narmashir, 68 villages and parts of the communication network between the three Fahraj, Rigan and Narmeshir counties are in very high risk of Sand Encroachment. In order to verify the results of the SDEVI index, OLI sensor images related to Landsat 8 satellite and SENTINEL 1 radar images were used. By dividing the infrared band on the blue band, the sandy areas were identified and applying the correlation change technique (CCD) to radar images, the stability of sandy areas was determined. The results confirm the accuracy of the vulnerability index.

Keywords: Sand Dunes Expansion, Vulnerability, SDEVI Index, Satellite Image Processing, Kerman Province.

[1]*- Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
Email: Mehrabi@uk.ac.ir

References

References (in Persian)

Amandadi, R., (2004), Investigation of sedimentary deposits of Fahrej, Rigan, and Bam, Master's thesis, Department of Geology, Islamic Azad University, Shahrood branch. [In Persian]

Khosravi, M., Fotohi, S., Piruzzadeh, S., (2016), A Survey on Spatial-temporal Changes of Coastal Sand Dunes Using Remote Sensing (RS). Case Study: West of Zarabad Region, Jsaeh., 2 (4):1-14. [In Persian]

Refahi, H., (2004), Wind erosion and its control, Third edition. Tehran, Tehran University Press.

Maghsoodi, M., Mohamadi, A., Khanbabaie, Z., Mahboobi, S., Baharvand, M., Hajizadeh, A., (2017), Reg movement monitoring and Barchans in West of Lot region (Pashoeyeh), Quantitative Geomorphological Research, 5(4): 176- 189. [In Persian]

Mehrabi A., (2018), Identification of the new and active buried salt dome evidence in the Zagros region using interferometry method of SENTINEL-1 and ASAR radar images, 9(4): 90-101. [In Persian]

References (in English)

Afrasinei, G., Melis, M., Claudio Arras, C., Pistis, M., Buttau, C., Ghiglieri, G., (2018), Spatiotemporal and spectral analysis of sand encroachment dynamics in southern Tunisia, European Journal of Remote Sensing, 51(1): 352–374

Ahmady-Birgani, H., McQueen, K.G., Moeinaddini, M., Naseri, H., (2017), Sand dune encroachment and desertification processes of the Rigboland Sand Sea, Central Iran. Sci. Rep. 2017, 7, 1523

Al-Harthi, A.A., (2002), Geohazard Assesment of Sand Dunes between Jeddah and Al-lith, Western Saudi Arabia, Environmental geology.

Attanayake, A., Xu, D., Guo, X., Lamb, E., (2018), Long-term sand dune spatiotemporal dynamics and endemic plant habitat extent in the Athabasca sand dunes of northern Saskatchewan, Remote Sensing in Ecology and Conservation, 9(3): 1-17.

Bodart, C., Ozer, A., (2007), The use of SAR interferometric coherence images to study sandy desertification in southeast Niger: Preliminary results, In Proceedings of the Envisat Symposium, Montreux, Switzerland, 23–27 April

Bullard, J.E., White, K., (2012), Quantifying iron oxide coatings on dune sands using spectrometric measurements: An example from the Simpson-Strzelecki Desert, Australia. J. Geophys. Res. Solid Earth 107. ECV 5-1–ECV 5-11.

Effat, H.A., Hegazy, M.N., Haack, B., (2011), Mapping sand dunes risk related to their terrain characteristics using SRTM data and cartographic modeling, J. Land Use Sci. 23(6): 231–243.

Fadhil, A., (2013), Sand dunes monitoring using remote sensing and GIS techniques for some sites in Iraq, Intelligent Information, Control, and Communication Technology for Agricultural Engineering, PIAGENG.

Gaber, A., Abdelkareem, M., Abdelsadek, I.S., Koch, M., El-Baz, F., (2018), Using InSAR Coherence for Investigating the Interplay of Fluvial and Aeolian Features in Arid Lands: Implications for Groundwater Potential in Egypt, Remote Sens. 2018(10): 832-845.

Giannini, A., Biasutti, M., Verstraete, M.M., (2008), A climate model-based review of drought in the Sahel: Desertification, the re-greening, and climate change. Glob. Planet. Chang. 24(64): 119–128.

Gomez, D., Salvador, P., Sanz, J., Casanova, C., Casanova J., (2018), Detecting Areas Vulnerable to Sand Encroachment Using Remote Sensing and GIS Techniques in Nouakchott, Mauritania, Remote Sens. 24(10): 541-564.

Hamdan, M.A., Refaat, A.A., Abdel Wahed, M., (2016), Morphologic characteristics and migration rate assessment of barchan dunes in the Southeastern Western Desert of Egypt, Geomorphology 16(257): 57–74.

Havivi, S., Amir, D., Schvartzman, I., August, Y., Maman, S., Rotman, S.R., Blumberg, D.G., (2018), Mapping dune dynamics by InSAR coherence, Earth Surf. Process. Landf. 2018(43): 1229–1240.

Holden, S., Shiferaw, B., (2004), Land degradation, drought and food security in a less-favored area in the Ethiopian highlands: A bioeconomic model with market imperfections. Agric. Econ. 20(30): 31–49.

Hugenholtz, C.H., Bender, D., Wolfe, C.A., (2010), Declining sand dune activity in the southern Canadian prairies: Historical. context, controls, and ecosystem implications, Journal of Aeolian Research, 21(12): 71–82.

Lancaster, N., Helm, P. A., (2000), a test of a climatic index of dune mobility using measurements from the southwestern United States. Earth Surf. Process. Landf. J. Br. Geomorphol. Res. Group 20(25): 197–207.

Livingstone, I., Warren, A., (2014), Aeolian Geomorphology: An Introduction; Longman: Harlow, UK.

Liu, J.G., Black, A., Lee, H., Hanaizumi, H., Moore, J.M., (2001), Land surface change detection in a desert area in Algeria using multi-temporal ERS SAR coherence images, Int. J. Remote Sens., 22(31): 2463–2477.

Mehrabi, A., Dastanpour, M., Radfar, Sh., Vaziri, MR., Derakhshani, R., (2015), Detection of fault lineaments of the Zagros fold-thrust belt based on Landsat imagery interpretation and their spatial relationship with Hormoz Series salt dome locations using GIS analysis, Geosciences, 24 (95): 17-32.

Mehrabi, A., Derakhshani, R., Rahnama-Rad, J., (2009), Spatial Association of Mineralization and Fractures in Meiduk Porphyry Copper Mine, Journal of Geotechnical Geology (Applied Geology), 5(2): 148-155.

Mehrabi, A., Derakhshani, R., (2010), Generation of an integrated geochemical-geological predictive model of porphyry-Cu potential, Chahargonbad District, Iran, Geochimica et Cosmochimica Acta, 74(12): A694-A694.

Mihi, A., Tarai, N., Chenchouni, H., (2017), Can palm date plantations and oasification be used as a proxy to fight sustainably against desertification and sand encroachment in hot drylands? Ecol. Indic. 12(2): 23-41.

Pye, K., Tsoar, H., (2008), Aeolian Sand and Sand Dunes; Springer: Berlin, Germany.

Schlenker, W., Lobell, D.B., (2010), Robust negative impacts of climate change on African agriculture, Environ. Res. Lett. 2010(5): 10-23.

United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD)., (2004), Preserving Our Common Ground: UNCCD 10 Years on; United Nations Convention to Combat Desertification: Bonn, Germany.

Varma, S., Shah, V., Banerjee, B., Buddhiraju, K., (2014), Change Detection of Desert Sand Dunes: A Remote Sensing Approach, Advances in Remote Sensing, 2014(3): 10-22.

Yizhaq, H., Ashkenazy, Y., Tsoar, H., (2009), Sand dune dynamics and climate change: A modeling approach. J. Geophys. Res. Earth Surf, 9(12):103-114.

Zhao, H., Yi. Y., Zhou. R., Zhao. X., Zhang, T., Drake, S., (2006), Wind erosion and sand accumulation effects on soil properties in Horqin Sandy Farmland, Inner Mongolia, Journal of Catena, 6(2): 71-79.

Research Article

The Impacts of Climate Change on The Risk of Cold Stress in Autumn Crop Pattern (Case Study: Tropical and Subtropical areas of Kerman province)

Fateme Bayatani[1], Gholamabas Fallah Ghalhari*[2], Mokhtar Karami[3], Javad Taeei Samiromi[4]

Received: 06-04-2019 Revised: 03-07-2019 Accepted: 17-09-2019

Abstract

Global warming leads to changes in precipitation patterns, temperature, and other climatic variables. These impacts affect the risk of thermal stresses in cropping systems. This study was carried out to evaluate the effect of climate change on the cold stress variation of potato plants in the tropical regions of Kerman province. To this end, changes in the occurrence of cold stress in the observation data of Jiroft, Kahnouj, and Manoajan stations were analyzed(from 1981 to 2005) and the future period (from 2011to2100). The future course data, using general circulation model CanESM2 with respect torcp26, rcp45 and RCP 85 scenarios were quantified by SDSM software. For this, the climactic indices were used to evaluate the changes in cold stress of potatoes by the tolerance thresholds of potatoes and based on the average of long-term climate data and the probability of its occurrence during the growth period. The results showed that in the Jiroft station, the probability of occurrence of early and late temperature below 5º decreased to 83% and 63% respectivelydintheKahnoj and Manoajan stations the probability of occurrence of early and late temperature below 5º in the future period decreased and increased, respectively. Also, the date of the beginning and end of cold stress was shifted to the beginning and end of the cold season. The statistical analysis of data indicated that the days of cold stress ($5 \leq T \leq 0$) will increase from 2011to2040 in the Jiroft station, and from 2071to2100 in the Manojan station but it showed a decreasing in the Kahnouj station. The results show that the days with freezing stress will increase in the future in the Jiroft, Kahnoj, and Manojan stations, as a result, date of early and late cold stress will happen 10 days earlier and 14 days later compared to long term average of climate in the study area.

Keywords: climate change, general circulation model, exponential microscale, potato, Kerman.

[1]- PhD Student of Climatology, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevar University, Sabzevar, Iran.

[2]- *Associate Professor of Natural Geography, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran. Email:g.fallah@hsu.ac.ir

[3]- Assistant Professor of Natural Geography, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.

[4]- Assistant Professor of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Jiroft University, Jiroft, Iran.

References

References (in Persian)

Alizadeh, A., (2010), Climate and meteorological agriculture. Mashhad. Imam Reza University Press. First Edition, 502p. [In Persian]

Ashraf, B., MousaviBaygi, M., Kamali, GH, A., Davari, K., (2011), Prediction of Water Requirement of Sugar beet during 2011-2030 by Using Simulated Weather Data with LARS-WG Downscaling Model. Journal of Water and Soil, 25(5). pp.1184-1196. [In Persian]

Dalghandy, M., MesahBavaki, E., Ajorluo, M. J., BorumandNasab, S., Andarziyan, B., (2015), Risk Assessment of Climate Change Effects on Wheat Growth Performance and Technology (Case Study: Ahvaz City). Water and irrigation management, 4(2). pp.161-175. [In Persian]

Esmaili, R., Ataie, H., FallahGhalhary, G. A., (2011), Assessment of Climate Change Impact on the Future Development of Apricot and Almond Species. (Case Study: Khorasan Razavi Province). Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 21/2(1). pp.145-162. [In Persian]

FallahGhalhary, G. A., (2014), Statistical downscaling of climatic data. 263p. [In Persian]

Ghorbani, Kh., Valizadeh, I, (2014), Investigation of the Effects of Ice Falls and Spares in Agriculture Under Climate Change (Case Study: Mashhad, Tabriz, Qazvin), Water and Soil Conservation Research, 21(4). pp. 197-214. [In Persian]

Koocheki, A., KhajehHosseini, M., (2008), New Farming. Mashhad. Publications University of Mashhad, 704p. [In Persian]

Mohammadi, H., Gozlukho, M., (2010), The effect of early and late spring frost on cereal crops in Karaj, Geographical Quarterly of the Territory, 7(27). pp.93-109. [In Persian]

RezaeeZaman, M., Afruzi, A., (2015), Evaluation of the climate change impacts on the crop yields and proposing the changing cropping pattern strategy (case study: Simineh Rood basin) Journal of Source Custody Water and Soil, 4(4). pp.64-51. [In Persian]

Sayary, N., Alizadeh, A., AvalBanayan, M., FaridHosseini, A. R., HesamiKermani, M. R., (2011), Study of drought trend under climate change conditions in Kashfrud basin, climate research, 2(7). pp.21-42. [In Persian]

TaieSamiromi, J., Mirbaghery, V., Amiry, A., Azami, Z., (2017), Evaluation of Agricultural Climate Appropriateness of Potato Winter Cultivars in Kerman Province. Crop Production, 10(1). pp.95-113... [In Persian]

References (in English)

Charron, I., (2014), A Guidebook on Climate Scenarios: Using Climate Information to Guide Adaptation Research and Decisions, Ouranos, pp. 86.

Ewing, E. E., (1981), Heat stress and the tuberization stimulus, Amer, Potato, Vol.1, No.58.

Haverkort A.J., and MacKerron D.K.L., (1995), Potato Ecology and Modelling of crops under Conditions Limiting Growth, Springer-Science Business Media, B.V. p371.

Holden, N. M., Brereton, A. J., Fealy, R., Sweeney, J., (2002), Possible change in Irish climate and its impact on barley and potato yields, Agricultural and Forest Meteorology, Vol. 116. No.3. pp.181–196.

IPCC., (2001), Climate change 2001: The Scientific Basis, Contribution of Working Group to the Third Assessment Report of the intergovernmental Panell on climate change, Cambridge Univ, Press, New York, NY, USA. pp. 881.

Naresh Kumar, S., Govindakrishnan, P. M., Swarooparani, D. N., Nitin, CH., Surabhi, J., Aggarwal, P. K., (2015), Assessment of the impact of climate change on potato and potential adaptation gains in the Indo-Gangetic Plains of India. International Journal of Plant Production, Vol. 9, No.1, pp. 151-169.

Nadler, A. J., (2007), An agro-climatic risk assessment of crop production on the Canada Prairies, A Thesis Submitted for the Degree of MSc, Department of Soil Science, University of Manitoba, Winnipeg Manitoba, pp. 251.

Pulatov, B., Linderson, M. L., Hall, K., Jönsson, A. M., (2015), Modeling climate change impact on potato crop phenology, and risk of frost damage and heat stress in northern Europe, Agricultural and Forest Meteorology, Vol.214, No.215. pp. 281–292.

Rosenzwig, C., Liverman. D., (2006), Predicated effects of climate change on agriculture: A comparison of temperature and tropical regions in global climate change, pp. 342-61.

Shock, C. C., Feibert. E. B. G., (2002), Deficit irrigation on a potato. In deficit irrigation practices, FAO Rome, pp. 47-56.

Saadi, S., Todorovic, M., Tanasijevic, L., Pereira, L. S., Pizzigalli, C., Lionello, P., (2015), Climate change and Mediterranean agriculture: Impacts on winter wheat and tomato crop evapotranspiration, irrigation requirements and yield, Agricultural Water Management, Vol. 147. pp.103–115.

Sands, P. J., Hackett, C., Nix, H. A., (1979), A model of the development and bulking of potato (Solanumtuberosum) derivation from a well-managed crop, Field Crop Res, Vol. 2, pp. 309-331.
Sarparast, R., and Mashayekhi, K., (2014), Heat unit evaluation of potato genotypes for determining different maturity groups in Gorgan region, EJCP., Vol.7, No.3. pp. 123-143. (In Persian)
Tanasijevic, L., Todorovic, M., Pereira, L. S., Pizzigalli, C., Lionello, P., (2014), Impacts of climate change on olive crop evapotranspiration and irrigation requirements in the Mediterranean region, Agricultural Water Management, pp. 144.54–68.
Van Keulen, H., Van Diepen, C. A., (1994), Crop growth models and agroecological characterization.Proceedings of the first congress of the European Society of Agronomy, 5-7 December 1990, Session 2, pp. 1-16.
Van Laar, H. H., Goudriaan, J., Van Keulen H., (1992), simulation of crop growth for potential and water-limited production situations (as applied to spring wheat), simulation Report CABOTT 27.CABO-DLO, WAU TPE, Wageningen.

Research Article

Estimation of runoff height and flood maximum discharge using Cellular Automata and SCS models, (Case Study: Lavijrood watershed)

Hasan Shabaninia[1], Sadraldin Motevalli*[2], GholamReza Janbaz Ghobadi[3], Shahriar Khaledi[4]

Received: 22-04-2019 Revised: 28-11-2019 Accepted: 12-02-2020

Abstract

The Lavijrood watershed can produce seasonal floods; this is due to its topographical and physiological situation, climate system, non-compliance with technical construction standards, riverside violation, geology, and the other factors that affect the runoff production. In this research, we investigated the performance of the cellular automata (CA) and SCS model as a suitable estimation method and examined the possibility of integrating the method with the ArcGIS application to simulate the flood hazards and the hydrograph flow for the Lavijrood. The runoff height and the flood hazard were obtained through the SCS method. The flood simulation using the SCS method requires the data of land use, hydrologic groups of soils, Digital Elevation Map (DEM), rainfall, and the roughness coefficient of the basin. The raster format of all these layers was prepared with cell sizes of 30×30 m. A large part of the Lavijrood watershed belongs to the hydrological groups C and D, which have very low permeability. This means that a large volume of rainfall converts into runoffs. Due to the low permeability and closeness to the watershed outlet, the northern half, especially in the northwest of the watershed, has a very high runoff depth and height. Also, the flood risk is high in the Lavijrood River route and its surrounding area especially at the downstream. The runoff simulation in this watershed showed that land use, soil, permeability, slope, and the geographical distribution of rainfalls are the most important factors that control runoffs and their movement to downstream locations to produce floods.

Keywords: Flood Risk, Cellular Automata, SCS, GIS, Lavijrood Watershed.

[1]- Ph.D. Student of Climatology, Department of Geography, Islamic Azad University of Nour, Iran

[2]*- Associate Professor, Department of Geography, Islamic Azad University of Nour, Iran. Email: s_motevalli@iaunour.ac.ir

[3]- Assistant Professor, Department of Geography, Islamic Azad University of Nour, Iran.

[4]- Professor, Department of Physical Geography, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

References

References (in Persian)

Aelami. MT., Malekani, L., and Ghorbani, M.A., (2015), Rainfall-runoff modeling in Lighvanchay watershed using cellular automata model, Quantitative Geomorphological Researches Journal, Vol. 3, Issue. 4, pp. 60-73. [In Persian]
Fahimifar, A., Bahri, M.A., and Bakhshayesh Eghbali, N., (2006), Analysis of landslide movement processes based on cellular automata model, 25th Earth Science Conference, Industries and Mines Ministry, Geological Survey of Iran, Tehran. [In Persian]
Ghahroudi Tali, M., (2006), Evaluation of SCS-CN model in runoff estimation (case study: Amir Kabir Dam watershed), Geological and Development Journal, Vol. 4, Issue, 7, pp. 185-198. [In Persian]
Hejazi, A., and Mezbani, M., (2017), Estimation of maximum runoff discharge and height values using Curve Number (CN) method (case study: Sarab watershed od Darrehshahr), Hydro geomorphology Journal, Vol. 5, pp. 63-81. [In Persian]
Hosseinzadeh, M.M., Nosrati, K., and Imeni, S., (2018), Determination of curve number and estimation of runoff potential in Hesarak watershed, Geographical Sciences Applied Researches Journal, Vol. 18, Issue. 51, pp. 133-150. [In Persian]
Khaleghi, S., and Malekani, L., (2016), Flood risk simulation using cellular automata model based od GIS (case study: CherCher watershed), Physical Geography Journal, Vol. 48, Issue. 4, pp. 589-605. [In Persian]
Mostafazadeh, R., Mirzay, SH., and Nadiri, P., (2017), Determination of curve number of rainfall and runoff events and their changes with rainfall components in a forest watershed, Soil and Water Science Journal (Agricultural and Natural Resources Sciences and Technologies), Vol. 4, pp. 15-28. [In Persian]
Sanikhani, H., Khorasani, A., and Dinpajooh, Y., (2012), Simulation of runoff and soil erosion using cellular automata, Iranian Water Research Journal, Vol. 6, Issue. 11, pp. 123-133. [In Persian]

References (in English)

Abou El-Magd, I., Hermas, E., and El Bastawesy, M., (2010), GIS-modeling of the spatial variability of flash flood hazard in Abu Dabbab catchment, Red Sea Region, Egypt, the Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol. 13, pp. 81-88.
Aboudagga, N. (2005). Simulations by cellular automata of the floods in littoral lagoon areas, www.isn-oldenburg.de/projects/earselabstracts2005/ABS-Aboudagga-Nader.html.
Cirbus, J., and Podhoranyi, M. (2013). Cellular Automata for the Flow Simulations on the Earth Surface, Optimization Computation Process. Applied Mathematics & Information Sciences, v. 7(6), p. 2149-2158.
Dewan, A.M., Islam, M.M., Kumamoto, T., and Nishigaki, M., (2007), Evaluating flood hazard for land-use planning in Greater Dhaka of Bangladesh using remote sensing and GIS techniques, Water Resources Manage, Vol. 21, pp. 1601-1612.
Elkhrachy, I., (2015), Flash flood hazard mapping using satellite images and GIS tools: a case study of Najran City, Kingdom of Saudi Arabia (KSA), The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol. 18, pp. 261-278.
Foodi, G.M., Ghoneim E.M., and Arnell, W.N., (2004), Predicting Location Sensitive to Flash Flooding in Arid Environment, Journal of Hydrology, Vol. 292, pp. 48-58
Haq, M., Akhtar, M., Muhammad, S., Paras, S., and Rahmatullah, J., (2012), Techniques of Remote Sensing and GIS for flood monitoring and damage assessment: A case study of Sindh province, Pakistan, the Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences, Vol. 15, pp. 135-141.
Hjelmfelt, A.T., and Mockus, V., (2004), Estimation of Direct Runoff from Storm Rainfall, Part 630 Hydrology National Engineering Handbooks, Chapter 10, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 235p.
Inci, T.Y., Akguül, S., Dengiz, O., and Aküzüm, T., (2006), Estimation of flood discharge for a small watershed using SCS curves number and geographic Information System, River basin flood management journal, pp. 527-538.
June, S., Yuan, Y., and Jing, Z., (2001), The effect of landuse/cover change on surface Runoff in Shenzheh Region, China, Institute of Resources ScienceBeigining normal university, 100875, Beijing.
Kopp, S., and Noman, N. (2008). ArcGIS Spatial Analyst - Hydrologic Modeling, ESRI User Conference Technical Workshop, http://www.scdhec.gov/gis/presentations/ESRI_Conference_08/tws/workshops/tw_37.pdf
Kumar RAI, P., and Mohan, K., (2014), Remote Sensing data & GIS for flood risk zonation mapping in Varanasi District, India, Forum geografic, Studii și cercetări de geografie și protecția mediului, Vol. 13, pp. 25-33.
Lewis, D., Singer, M.J., and Kate, K.W., (2000), Applicability of SCS curve number method for a California Woodlands Watershed, Journal of Soil and Water Conservation, Second Quarter, pp. 48-55.
Rinaldi, P.R., Dalponte, D.D., Vénere, M.J., and Clausse, A. (2012). Graph-based cellular automata for simulation of surface flows in large plains. Asian Journal of Applied Science, v. 5, p. 224-231.
Saravanan, S., and Manjula, R., (2015), Geomorphology based semi-distributed approach for modeling rainfall-runoff modeling using GIS, Aquatic Processes, Vol. 4, pp. 908-916.
Satheeshkumar, S., Venkateswaran, S., and Kannan, R., (2017), Rainfall-runoff estimation using SCS–CN and GIS approach in the Pappiredipatti watershed of the Vaniyar sub-basin, South India, Modeling Earth Systems and Environment, Vol. 3(24), pp. 1- 8.
Schroeder, S.A., and Larsen, J.K., (1990), Antecedent moisture conditions for North Dakota runoff predictions North Dakota, Farm Research, Vol. 48(0097, 5338), pp. 8-11.

Soulis, K.X., and Valiantzas, J.D., (2012), SCS-CN parameter determination using rainfall-runoff data in heterogeneous watershed-the two-CN system approach, Hydrology Earth System Science, Vol. 16, pp. 1001-1015.
Van, T.P.D., Carling, Paul, A., Coulthard, Tom, J., and Atkinson Peter, M. (2007). Cellular automata approach for flood forecasting in a bifurcation river system, PUBLS. INST. GEOPHYS. POL. ACAD. SC., v. E-7 (401), 256 pages.
Vinithra, R., and Yeshodha, L., (2016), Rainfall-runoff modeling using SCS–CN method: a case study of Krishnagiri District, Tamilnadu, International Journal of Science Research, Vol. 5(3), pp. 2319–7064.
Xiao, B., Wang, Q.H., Fan, J., Han, F.P., and Dai, Q.H., (2011), Application of the SCSCN model to runoff estimation in a small watershed with high spatial heterogeneity, Pedosphere, Vol. 21(6), pp. 738-749.
Zhan, X., and Huang, M.L. (2004). ArcCN-Runoff: an ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps, Environmental Modeling & Software, v. 19, p. 875-879.

Research Article

Evaluation of Drought Impact on Tree and Shrub Species such as prosopisep, SalvadoraPersica, and CalligonumComosum in North of Iranshahr in Iran

Naser Rashki[1], Alireza Shahriari*[2], Mohammad Zare[3]

Received: 23-04-2019 Revised: 04-12-2019 Accepted: 26-04-2020

Abstract

Iranshahr County with an area of about 30,000 km2 is one of the warm and arid regions of Iran. This region has faced a drought crisis in recent years that has caused irreparable damage to vegetation. Considering the necessity of awareness of the response of plant species to drought to preserve and restore the ecosystem, in this study, the effect of drought on the species of Prosopisesp, Salvadorapersica and Calligonumcomosum were investigated. In the present study, the drought trend and its periods were determined using the SPI index, and also the changes in the density of three plant species within plots of 50 × 50 m during two periods of wet and drought were investigated. Results showed that parameters of drought and species had a significant effect on plant density in all three species. In general, shrub species were more vulnerable than tree species and species with less root depth became extinct sooner in drought conditions than species with deeper roots.

Keywords: Wet Year, Drought, Tree Species, Iranshahr Plain.

[1]- Phd candidate in management of desert, university of Tehran, Iran.

[2]*- Associate Professor of Faculty of Environmental Hazard, University of Sistan and Baluchestan, Iran.

Email: Ali_shahriari@eco.usb.ac.ir

[3]- Assistant Professor, Faculty of Natural Resources and Eremology, Yazd University, Iran.

References

References (in Persian)

Azarnivand, Hassan, (2009), Ecology of Desert Region, Tehran University Press, 338p. [In Persian]

Javedani, Raziye, (2010), Investigation of Climate Change Effects on Vegetation, Case study of Iranshahr & Nikshar Town, Master's thesis of natural geography from Sistan and Baluchestan University. [In Persian]

Khazaei, Mohammadreza, (2011), Predication of Drought Severity and Rainfall Deficiency, Case study of Kermanshah Province, Master's thesis from the University of Science and Industry, 201p. [In Persian]

Keshavarz, Mohammadreza, (2012), Distribution Model of the direction and intensity of the Drought changes process by Distributive profile of palmer Drought Severity, Journal Of applied Geosciences Research, No, 27, pages, 97 – 110. [In Persian]

Latifi, Lyla, (2016), Assessment of sand Dunes progress by Satellite Imagery during the Recent Drought in Northern and Eastern Plains of Sistan, Master's thesis, Department of Geography of Islamic Azad University of Mashhad. [In Persian]

Mahdavi, Mohammad, (2013), Investigation of the Relationship between Soil properties and Groundwater Table Levels in semi – Dry Grasslands in Gomishan Region of Golestan province, pasture Magazine, 105p. [In Persian]

Nasrollaie, Mohamma, (2014), Assessment of Drought index in Region of Semnan province, with Spi index, Journal Of Agricultural Meteorology, pages, 57 – 66. [In Persian]

Hashempour, farnoosh, (2011), Assessment of Drought stress Effect on some Morphological Characteristics in Five Eucalyptus species, Quarterly Scientific – Research Journal of Forest and Poplar Research in Iran, No, 19, page 223 – 233. [In Persian]

References (in English)

Bajgain, R., Xiao, X., Wagle, P., Basara, J., and Zhou, Y., (2015), Sensitivity analysis of vegetation indices to drought over two tallgrass prairie sites, Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 108, 151-160.

Bodner, G.S., and Robles, M.D., (2017), Enduring a decade of drought, Patterns, and drivers of vegetation change in a semi-arid grassland, Journal of Arid Environments, 136, 1-14.

Fazeli F., M. Ghorbanali and V.Niknam, (2007), the effect of drought on biomass, Biological plant rum: 51(1), 98-103.

Gouveia, C.M., Trigo, R.M., Beguería, S., and Vicente-Serrano, S.M., (2017), Drought impacts on vegetation activity in the Mediterranean region, An assessment using remote sensing data and multi-scale drought indicators, Global and Planetary Change, In Press.

Mcauliffe, J.R., Hamerlynck, E.P., (2010), Perennial plant mortality in the Sonoran and Mojave deserts in response to severe, multi-year drought, Journal of Arid Environments, 74, 885–896.

Mir-Mousavi, H., and Karimi, H, (2013), Effects of drought on vegetation cover using Landsat MODIS images. J. Geograph. Dev, 31, 76-57

McKee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J., (1995), Drought Monitoring with Multiple Time Scales, In Proc, 9th Conf. on Applied Climatology, January 15 - 20, American Meteorological Society, Massachusetts, Pp, 233-236.

Norman, S.P., Koch, F.H., and Hargrove, W.W., 2016. Review of broad-scale drought monitoring of forests, Toward an integrated data mining approach. Forest Ecology and Management, 15, 346-358.

Sardans, J., Penuelas, J., and Estiarte, M., (2008), Warming and drought change trace element bioaccumulation patterns in a Mediterranean shrubland. Chemosphere, 70, 874–885.

Schenk, H.J., and Jackson, R.B., (2002), The global biogeography of roots. Ecological Monographs, 72(3), 311-328.

Sharma, T.C., (2000), drought parameters in relation to truncation levels Hydrol. Process, 14.

Siegal, Z., Karnieli, A., Tsoar, H., (2013), Effects of prolonged drought on the vegetation cover of sand dunes in the NW Negev Desert: Field survey, remote sensing, and conceptual modeling. Aeolian Research, 9, 161-173.

Vyas, S.S., Bhattacharya, B.K., Nigam, R., Guhathakurta, P., Ghosh, K., Chattopadhyay, N., and Gairola, R.M. 2015, A combined deficit index for regional agricultural drought assessment over a semi-arid tract of India using geostationary meteorological satellite data, Inter. J, Appl, Earth Obs, Geoinf. 39, 28-39.

Xu, H., Wang, X., and Zhang, X., (2016), Decreased vegetation growth in response to summer drought in Central Asia from 2000 to 2012, Journal of Applied Earth Observation and Geoformation, 52, 390-402.

Research Article

Neotectonic stresses in the Sangchal earthquake (1957) area – Mazandaran

Hadi Tabassi*[1]

Received: 26-06-2019 Revised: 16-08-2019 Accepted: 25-01-2020

Abstract

The Sangchal earthquake occurred on July 2, 1957, in the central part of the North Alborz fault zone. The North Alborz fault is an arched shape fault that continues from Lahijan to Gonbad-e Kavos. This fault, along with Khazar, Lalehband, Kandovan and Mosha faults have affected the shortening and rising of the Alborz Mountains. This shortening and uplift are accompanied by large earthquake events that continue today. With knowledge of the geometry of faults and how faults are displaced and the use of computational methods for fault analysis and also, the Focal mechanism, direction of maximum tension governing the part of north Alborz fault has been determined. The two methods show similar acceptable results. In addition, considering the comparison of the findings with the results of geodetic studies of the scope, accuracy of the findings is confirmed. The results of the study show that during the North Alborz Fault, the dominant vector is compressive, and the left-lateral slip is observed. From the central part of the Alborz to the east, the left lateral displacement increases and causes shear mechanism in the eastern parts of the Alborz. This movement has caused compressive earthquakes in the central Alborz and compressive-shear earthquakes in the eastern parts. Therefore, the magnitude of future earthquakes in the eastern part is slightly smaller than the central Alborz earthquakes.

Keywords: Neotectonic Stress, North Alborz Fault, Maximum Stress Orientation, Earthquake, Alborz.

[1]*- Assistant Professor in Geology Department, Faculty of Science, Islamic Azad University, Damavand Branch, Iran,
Email: tabassi@damavandiau.ac.ir

References

References (in Persian)

Aghanabati, A., (2004) The Geology of Iran. Geological Survey of Iran, Tehran, 586p .[In Persian]

Ghadimi A, Moghtased Azar K, Nankali H R., (2016), A Study on Crustal Deformation Analysis of the Alborz Region: GPS versus Seismological Observations. JGST, 5(4), 187-198 .[In Persian]

Khorrami, F., Hessami, K., Nankali, H.R., Tavakoli, F. (2011), Active Tectonics of Alborz Mountain using Continuous GPS Measurements. Journal of Geoscience, 21(82), pp. 223-230. [In Persian]

Nabavi, M.H. (1976), History of Iran Geology, Geological Survey of Iran, 109p. [In Persian]

Pedrami, M., (1988), the absolute age of the lower quaternary boundary is 600,000 years. J. of Sci., Tehran Univ., 17(3-4), pp. 105-114. [In Persian]

References (in English)

Allenbach, P., (1966), Geologie und Petrographie des Damavand und seiner Umgebung (Zentral-Elburz) Iran. Diss. ETH Zürich, 145 p.

Ambraseys, N. N. (1974), Historical seismicity of north-central Iran In Materials for the study of seismotectonic of Iran; North Central Iran. Geol. Surv. Iran, 29, 47-95.

Ambraseys, N. N. (1968), early earthquakes in North-Central Iran. Bulletin of the Seismological Society of America, 58(2), 485-496.

Angelier, J. (1975), Sur l'analyse de measures recueillies dans des sites failles: l'utilite d' une confrontation entre les methods dynamiques et cinematiques. CR Seances Acad. Sci. Paris D 281, 1805–1808.

Angelier, J. (1979), Determination of the mean principal directions of stresses for a given fault population. Tectonophysics, 56(3–4), TI7–T26.

Angelier, J. (1984), Tectonic analysis of fault slip data sets. J. Geophys. Res. 89(B7), 5835–5848.

Angelier, J. (1990), Inversion of field data in fault tectonics to obtain the regional stress III: a new rapid direct inversion method by analytical means. Geophys. J. Int. 103(2), 363–376.

Angelier, J., Goguel, J. (1979), Sur une méthode simple de determination des axes principaux des contraintes pour une population defailles. CRA cad. Sci. 288(1), 307–310.

Angelier, J., Mechler, P. (1977), Sur une méthode graphique de recherché des contraintes principals' également utilizable en tectonique et en séismologie: la method des dièdres droits. Bull. Soc. Géol. France 7(19(6)), 1309–1318.

Ballato, P., Cifelli, F., Heidarzadeh, Gh., Ghassemi, M. R., Wickert, A. D., Hassanzadeh, J., Dupont-Nivet, G., Balling, Ph., Sudo, M., Zeilinger, G., Schmitt, A. K., Mattei, M., Strecker, M. R. (2016), Tectono-sedimentary evolution of the northern Iranian Plateau: insights from middle-late Miocene foreland-basin deposits. Basin Research, 29(4), 417-446.

Ballato, P., Landgraf, A., Schildgen, T. F., Stockli, D. F., Fox, M., Ghassemi, M. R., Kirby, E., Strecker, M. R. (2015), The growth of a mountain belt forced by base-level fall: Tectonics and surface processes during the evolution of the Alborz Mountains, N Iran. Earth and Planetary Science Letters, 425, 204-218.

Berberian, M., Qorashi, M., Jackson, J., Priestley, K., Wallace, T. (1992), The Rudbar-Tarom earthquake of 20 June 1990 in NW Persia: Preliminary field and seismological observations, and its tectonic significance. Bulletin of the Seismological Society of America, 82(4), 1726-1755.

Berberian, M. (1983), The southern Caspian: A compressional depression floored by a trapped, modified oceanic crust. Canadian Journal of Earth Sciences, 20(2), 163-183.

Bobek, H. (1937), Die Rolle der Eiszeit in Nordwestiran, Borntraeger.

Carey, M. E., Brunier, M.B. (1974), Analyse théoretique et numérique d une modèle mécanique élémentaire applique a l étude d une population de failles. CR Acad. Sci 279 D, 891–894.

Delvaux, D. and B. Sperner (2003), New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program. Geological Society, London, Special Publications, 212(1), 75-100.

Djamour, Y., Vernant, Ph., Bayer, R., Nankali, H.R., Ritz J-F., Hinderer, J., Hatam, Y., Luck, B., Le Moigne, N., Sedighi, M., Khorrami. F. (2010), GPS and gravity constraints on continental deformation in the Alborz Mountain range, Iran. Geophysical Journal International, 183(3), 1287-1301.

Etchecopar, A., Vasseur, G., Daignieres, M. (1981), An inverse problem in micro- tectonics for the determination of stress tensors from fault striation analysis. J. Struct. Geol. 3(1), 51–65.

Ehlers, E. (1971), Sudkaspisches Tiefland (Nordiran) und Kaspisches Meer: Beitrage zu ihrer Entwicklungsgeschichte im Jung-und Postpleistozan. Tübinger Geogr. Studien, 44.

Fedorov, P. V. (1957), Stratigraphie pleistozäner Sedimente und die Entwicklungsgeschichte des Kaspischen Meeres. Trudy GeoI, 10.

Fry, N. (1999), Striated faults: the visual appreciation of their constraint on possible palaeostress tensors. J. Struct. Geol. 21(1), 7–27.

Gansser, A., (1969), The large earthquakes of Iran and their geological frame: Eclog. Geol. Helv., 62(2), 443-466.

Gephart, J.W. (1990), Stress and the direction of slip on fault planes. Tectonics 9(4), 845–858.

Gephart, J.W., Forsyth, D.W. (1984). An improved method for determining the regional stress tensor using earthquake focal mechanism data: application to the San Fernando Earthquake sequence. J. Geophys. Res. 89 (B11), 9305–9320.

Gillard, D. and M. Wyss (1995), Comparison of strain and stress tensor orientation: Application to Iran and southern California. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 100(B11), 22197-22213.
Hardcastle, K.C., Hills, L.S. (1991), Brute3 and Select: Quick Basic 4 program for determination of stress tensor configurations and separation of heterogeneous populations of fault slip data. Comput. Geosci. 17(1), 23–43.
Huang, Q. (1988), Computer-based method to separate heterogeneous sets of fault- slip data into subsets. J. Struct. Geol. 10(3), 278–299.
Jackson, J., Priestley, K., Allen, M., Berberian, M. (2002), Active tectonics of the South Caspian Basin. Geophysical Journal International, 148(2), 214-245.
Jackson, J. and D. McKenzie (1984), Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between western Turkey and Pakistan. Geophysical Journal International, 77(1), 185-264.
Javidfakhr, B., Bellier, O., Shabanian, E., Siame, L., Léanni, L., Bourlès, D., Ahmadian, S. (2011), Fault kinematics and active tectonics at the southeastern boundary of the eastern Alborz (Abr and Khij fault zones): Geodynamic implications for NNE Iran., Journal of Geodynamics, 52(3), 290-303.
Jung, D., Kursten, M. and Tarkian, M., (1976), Post- Mesozoic volcanism in Iran and its relation to the subduction of the Afro-Arabian under the Eurasian plate. In: Pilger, A., Rosler, A., (Eds.), afar between continental and oceanic rifting. Schweizerbartsche Verlagbuchhandlung, Stuttgart, 175-181.
Krejci, D., Richter, C. (1991), SPLIT: a Turbo-C program for the graphical representation and separation of fault-slip data sets. Comput. Geosci. 17(6), 801–811.
Krumsiek, K. (1976), Zur Bewegung der Iranisch-Afghanischen Platte. Geologische Rundschau, 65(1), 909-929.
Lisle, R.J. (1988), ROMSA: a BASIC program for paleo stress analysis using fault- striation data. Comput. Geosci. 14(2), 255–259.
Lisle, R.J., Orife, T. (2002), STRESSTAT: a Basic program for numerical evaluation of stress inversion results. Comput. Geosci. 28(9), 1037–1040.
Masson, F., Anvari, M., Djamour, Y., Walpersdorf, A., Tavakoli, F., Daignières, M., Nankali, H., Van Gorp, S. (2007), Large-scale velocity field and strain tensor in Iran inferred from GPS measurements: new insight for the present-day deformation pattern within NE Iran. Geophysical Journal International, 170(1), 436-440.
Masson, F., Chéry, J., Hatzfeld, D., Martinod, J., Vernant, P., Tavakoli, F., Ghafory-Ashtiani, M. (2004), Seismic versus aseismic deformation in Iran inferred from earthquakes and geodetic data. Geophysical Journal International, 160(1), 217-226.
Mostafa, M.E. (2005), Iterative direct inversion: an exact complementary solution for inverting fault-slip data to obtain palaeostresses. Comput. Geosci. 31(8), 1059–1070.
Mousavi, Z., Walpersdorf, A., Walker, R. T., Tavakoli, F., Pathier, E., Nankali, H., Nilfouroushan, F., Djamour. Y. (2013), Global Positioning System constraints on the active tectonics of NE Iran and the South Caspian region. Earth and Planetary Science Letters, 377-378, 287-298.
Nabavi, M.S., (1972), The seismicity of Iran [M. Phil. Thesis]: London, Imperial College, London University. 273p.
Nemčok, M., Lisle, R.J. (1995), A stress inversion procedure for more polyphase fault/slip data sets. J. Struct. Geol. 17(10), 1445–1453.
Nowroozi, A. A. (1971), Seismo-tectonics of the Persian plateau, eastern Turkey, Caucasus, and Hindu-Kush regions. Bulletin of the Seismological Society of America, 61(2), 317-341.
Orife, T., Arlegui, L., Lisle, R.J. (2002), DIPSLIP: Quick Basic stress in version program for analyzing sets of faults without slip lineations. Compute. Geosci. 28(6), 775–781.
Pascal, C. (2004), SORTAN: a UNIX program focal culation and graphical presentation of fault slip as induced by stresses. Comput. Geosci. 30(3), 259–265.
Raufi, F. and O. Sickenberg (1973), Zur Geologie und Paläontologie der Becken von Lagman und Jalalabad, Geologische Jahrbuch, 3, 63-99.
Reches, Z. (1987), Determination of the tectonic stress tensor from slip along faults with Coulomb yield condition. Tectonics 6(6), 849–861.
Rivière, A., (1934), Contribution à l'étude géologique de l'Elburz (Perse). Revue de Géographie, Physique ET Géologie Dynamique, 7, 1-90.
Sasvári, Á. and Baharev, A. (2014), SG2PS (structural geology to postscript converter) – A graphical solution for brittle structural data evaluation and paleo stress calculation. Comput. Geosci. 66, 81-93.
Shan, Y., Li, Z., Lin, G. (2004), A stress inversion procedure for automatic recognition of polyphase fault/slip data sets. J. Struct. Geol. 26(5), 919–925.
Shorrock, C., Lisle, R.J. (1998), DATACON: a Quick Basic program to reformat orientation data from faults. Comput. Geosci. 24(6), 585–590.
Stöcklin, J. (1960), Ein Quershhnitt durch den ost, Elburz. Eclogae Geologicae Helvetiae, 52(2), 681-694.
Spang, J.H. (1972), Numerical method for dynamic analysis of calcite twin lamellae. Geol. Soc. Am. Bull. 83(2), 467–472.
Sperner, B., Ratschbacher, L., Ott, R. (1993), Fault striae analysis: a Turbo Pascal program package for graphical presentation and reduced stress tensor calculation. Comput. Geosci. 19(9), 1362–1388.
Taboada, A., Tourneret, C., Laurent, P. (1991), An interactive program for the graphical representation of striated faults and applied normal and tangential stresses. Comput. Geosci. 17(9), 1281–1310.

Tchalenko, J.S. (1974), Recent Destructive Earthquakes in the Central Alborz (Iran). Engineering Seismology, Imperial College, London.
Tobore, O., Lisle, R.J. (2003), Numerical processing of palaeostress results. J. Struct. Geol. 25(6), 949–957.
Turner, F.J. (1953), Nature and dynamic interpretation of deformation lamellae in calcite of three marbles. Am. J. Sci., 251, 276–298.
Vernant, Ph., Nilforoushan, F., Hatzfeld, D., Abbassi, M. R., Vigny, C., Masson, F., Nankali, H., Martinod, J., Ashtiani, A., Bayer R., Tavakoli, F., Chéry, J. (2004), Present-day crustal deformation and plate kinematics in the Middle East constrained by GPS measurements in Iran and northern Oman. Geophysical Journal International, 157(1), 381-398.
Will, T.M., Powell, R. (1991), A robust approach to the calculation of paleo stress fields from fault plane data. J. Struct. Geol. 13(7), 813–821.
Yin, Z.M., Ranalli, G. (1995), Estimation of the frictional strength of faults from inversion of fault-slip data – a new method. J. Struct. Geol. 17(9), 1327–1335.
Zarifi, Z., Nilfouroushan, F., Raeesi, M. (2013), Crustal Stress Map of Iran: Insight from Seismic and Geodetic Computations. Pure and Applied Geophysics, 171(7), 1219-1236.

Research Article

Application of Multilayer Perceptron (MLP) Neural Network Model in Urban Vulnerability Zoning with Emphasis on Earthquake (A Case Study on Municipal District 20 in Tehran)

Loghman Mahmoudi*[1], Mohammad Taghi Razavian[2], Abbas Ostadtaghizadeh[3], Mortaza Ghorchi[4]

Received: 06-08-2019 Revised: 12-01-2020 Accepted: 01-03-2020

Abstract

District 20 (Shahr-e-Ray), as the southernmost urban area among the municipal districts of Tehran, has a population of 4553740 individuals and an area of 22km2 within the urban zone and 178km2 outside this zone. The earthquake risk is estimated to be very high in this region due to the tectonic and geographical position, presence of numerous faults around the region, the occurrence of several historical destructive earthquakes within this area, as well as other tectonic and geological evidence. In the present study, by investigating the current status, analyzing and classifying the vulnerability of the habitats in this region, and using the MLP model, a new strategy is presented. The results of the model based on the input models indicated the higher accuracy and efficiency of the standard classification method compared to the standard max/min method. By taking a look at the map of the standard classification method in the applied model, it can be found that the orange and nearly blue spots, which are mostly scattered in the central part of the region, have the highest correlation with the worn texture and the highest vulnerability. According to the results of the model in terms of vulnerability expansion and zone, out of the total area of the region, 21% has the high and very high vulnerability, 61% medium vulnerability, and 18% low vulnerability. Also, the results of the population layers indicated high, medium, and low vulnerability intensities for 56.8%, 27.9%, and 14.1% of the total population, representing the population density in worn-out buildings with narrow pathways. Moreover, the results concerning the layers of material type and important places showed that the material types including metals, bricks, semi-metallic, respectively, and the important places such as educational centers, clinics, and medical centers have the highest vulnerability intensities.

Keywords: MLP model, Standard method of maximum-minimum, Urban habitations, Worn texture.

[1]*- Ph.D.student of geography and urban planning of Shahid Beheshti, University in Tehran, Iran Email: lo_mahmoudi@sbu.ac.ir

[2]- Professor, Department of Geography and Urban Planning, Shahid Beheshti, University, Tehran, Iran Email: m-razavian@sbu.ac.ir

[3]- Assistant Professor,Department of Health in Disasters and Emergencies, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Iran.

[4]- Assistant Professor, Department of Geography and Urban Planning, Shahid Beheshti, University,Tehran, Iran

References

References (in Persian)

Alborzi Mahmoud (2001). An Introduction to Neural Network; Scientific Publications of Sharif University of Technology, p.191. [in Persian]

Ahadnezhad Mohsen, Ghanbari Hakimeh (2009). Reduction of Earthquake-caused Damages and Optimal Crisis Management with Emphasis on Location of Special Uses via GIS and Sampling from Worn Out District in Tabriz City (Annual Conference on Spatial Information System, Tehran, Malek Ashtar University of Technology). [in Persian]

Amini Varaki Saeid, Modiri Mehdi, Shamsaei Fathollah, Ghanbarinasab Ali (2014). Identification of Dominant Viewpoints on Cities' Vulnerability to Environmental Hazards and Extraction of the Components Affecting It Using Q Methodology; Crisis Management Research & Scientific Quarterly Magazine, pp.18, 29-42. [in Persian]

Pourabdol Alireza (2013). Analysis of Earthquake-caused Vulnerability in Physical Texture of Karaj City; An M.A. Thesis in Geomorphology; Kharazmi University. [in Persian]

Pishgahifard Zahra, Eghbali Naser, Farajirad Abdolreza, Beig Babaei (2012). Modeling of Determination of Risk Areas Using AHP Model; Geographical Space Research-Scientific Quarterly Magazine, pp.12, 138, 187. [in Persian]

Tavallaei Rouhollah, Azami Mohammad, Habibi Kiumars (2017). Determination of Residential Areas' Vulnerability to Earthquake in GIS Environment and Presentation of Solutions to Increase Their Stability: A Case Study on Gharadiyan Neighborhood in Sanandaj City; The 1st Conference on Architecture and Sustainable Urban Spaces, Mashhad, Parman Applied Research Group. [in Persian]

Jalalian Hamid, Dadgar Hossein (2015). Zoning of Seismic Vulnerability of Rural Habitats Using AHP Model: A Case Study on Churzagh District in Tarom County; Geography and Environmental Planning Journal, pp.36, 12-25. [in Persian]

Hassanzadeh Reza, Alavi Akbar, Shojaei Seyyed Vahid (2009). Earthquake Crisis Management in Urban Areas Using GIS: A Case Study on District 31 in Kerman City; National Conference on Spatial Information System, Tehran, Malek Ashtar University of Technology. [in Persian]

Rahmati Ghaed Safar, Bastanifar Iman, Soltani Leila (2016). Investigation of Effects of Urban Density on Earthquake-caused Vulnerability in Isfahan City with Fuzzy Approach; Geography and Environmental Planning Journal, pp.22, 322-357. [in Persian]

Sasanpour et al. (2010). Investigation of Impact of human-made Factors on Intensification of Consequences of Natural Hazards in Metropolitan Environments Using Fuzzy Logics and GIS; Geographical Sciences Applied Research Journal, pp.16, 18-21. [in Persian]

Sharifi Bagher (2005). Using Neural Networks for Prediction of River's Flow in Kardeh Basin; Research Committee of Khorasan Regional Water Supply Company, Applied Research & Technical Center of Iran Water Resources Management Company. [in Persian]

Abbas Zargoleh Saeid (2014). Considerations of Passive Defense in Comprehensive Plan of Karaj City; M.A Thesis in Passive Defense, Passive Defense and Experiment University Complex, Malek Ashtar University of Technology, Tehran. [in Persian]

Ghanbari Abolfazl, Mohammad Ali Saleki, Ghasemi Masoumeh (2013). Zoning Earthquake-Vulnerability of Cities: A Case Study on Tabriz City; Geography and Environmental Hazards, pp.29, 3-35. [in Persian]

Karimi Kordabadi Morteza, Najafi Esmaeil (2015). Assessment of Earthquake Risk Using a Hybrid Model in Urban Security and Development: A Case Study on District-1 in Tehran Metropolitan Area: Erosion Research Journal, pp.10, 9-15. [in Persian]

Modiri Mehdi (2010). Requirements of Location of Urban Facilities (Emphasizing on Urban Water Supply Facilities) and Presenting an optimal Pattern from Passive Defense Perspective; Ph.D. Thesis, Geography College, Tehran University, Tehran. [in Persian]

Mohammadi DahCheshmeh Mostafa (2011). Modeling of Risk Components Affecting Immunization of Karaj City; Ph.D. Thesis, Geography College, Tehran University, Tehran. [in Persian]

References (in English)

Alexander, D. (2007). Disaster Management: From Theory to Implementation, Journal of Seismology and Earthquake Engineering, 12,49-59.

Ambraseys, N. N.(1971). Value of historical records of earthquakes. Nature, 232, 375–379.

Botero Fernandez V. (2009). Geo-information for measuring vulnerability to the earthquake: fitness for use approach. PhD thesis, ITC, Netherland.

Chun-Nen Huang. (2014). A method for exploring the interdependencies and important critical infrastructures. Knowledge-Based Systems, 55:66-74.

Erden, T, Karaman H. (2012). Analysis of earthquake parameters to generate hazard maps by integrating AHP and GIS for Küçükçekmece region, Natural Hazards and Earth System Sciences, 12: 475–483.

Hosseini, M. and Fathi H.(2007). On the Relationship of Urban and Regional Planning with Earthquake Risk Management: Tehran Case Study, Proceedings of the 5th Int'l Conference on Seismology and Earthquake Eng. (SEE-5), IIEES, Tehran, Iran, 13-16.

Martinelli A., Cifani G.(2008). Building Vulnerability Assessment and Damage Scenarios in Celano(Italy) Using a Quick Survey Data-based Methodology, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 28, 875-889.

Mohammadpour S, Zali N, Pourahmad A. (2016). Analysis of Seismic Vulnerability Factors in Urban Old Texture with the Approach of Earthquake Crisis Management(Case Study: Sirus Neighborhood), Human Geography Research Quarterly, 48(1):33-5.

Mas J.F, Puig H, Palacio J.L, Sosa-López A. (2001). Modeling deforestation using GIS and artificial neural networks. Environmental Modelling & Software, Volume 19, pp.461-471.

Nwe Z, Thwe tun K, (2016). Seismic Hazard Analysis using AHP-GIS, International conference on Civil, Architectural and Environmental Engineering (CAEE-16), At Bangkok, Thailand.pp.25-29.

Nojima, N., Sugito .(2000). Simulation And Evaluation Of Post-Earthquake Functional Performance Of Transportation Network, pp. 12:19-27.

Rezvani. (2009). Spatial organization of explaining urban systems, Bushehr and Fars, the Journal land use environment, 11:1-9.

Sadrykia M, Delavar M, Zare M. (2017). A GIS-Based Fuzzy Decision-Making Model for Seismic Vulnerability Assessment in Areas with Incomplete Data, ISPRS Int. J. Geo-Inf., 6(4): 119, DOI: 10.3390/ijgi6040119.

Sharifikia M. (2011). Vulnerability Assessment and Earthquake Risk Mapping in Part of North Iran Using Geospatial Techniques, Springer, Journal of Indian Society of Remote Sensing, 38(4): 708-716.

Research Article

Spatial analysis of factors affecting air pollution in Tabriz city

Hooshang Sarvar*[1], Marziyeh Esmaeilpour[2], Mansour Kirizadeh[3], Mahtab Amrai[4]

Received: 31-08-2019 Revised: 24-12-2019 Accepted: 24-03-2020

Abstract

In recent decades, Tabriz metropolis as the largest city in the northwest of the country has faced increasing population growth and development of industrial, commercial, services and residential structures. Increasing development along with failure to comply with land use planning criteria has led to an increase in air pollution. Current study has been carried out in order to understand factors causing pollution in Tabriz city. Research method is descriptive analytical and the type of the information is documental- library. Eight indicators, i.e. floor area ratio, population density, intersection density, bus stop density, industries density, green spaces density, distance from industries and elevation were used as predictor variable. NO2 concentration was used as dependent variable and wind flow was used as an emission factor. In order to analyze the data, ordinary least squares and geographically weighted regression were used. According to the results of ordinary least square, the relationship between predictor variables and dependent variables is significant. So that the concentration of nitrogen dioxide increases with increase in floor area ratio, population density, intersection density, bus stop density, and industries density. In fact, there is a direct correlation between these variables and the concentration of nitrogen dioxide. By increasing the elevation and the distance from industries, the concentration of this pollutant decreases, which indicates an inverse correlation between these two variables and the dependent variable. Based on the results of geographically weighted regression model, considered variables account for 62% of air pollution in the city. Finally, maps of spatial variations of independent variables were drawn by using geographic weighted regression in the city of Tabriz.

Keywords: air pollution, ordinary least squares regression, geographically weighted regression, Tabriz city.

[1]*- Assistant Professor of Geography and urban planning, Department of Geography, university of Maragheh, Iran
Email: sarvarh@maragheh.ac.ir

[2]- Assistance Professor of Climatology, Department of Geography, university of Maragheh, Iran

[3]- PhD in geomorphology, lecturer Department of Geography, University of Maragheh, Iran

[4]- MSc Geography and Urban Planning, University of Maragheh, Iran

References

References (in Persian)

Akbari, M., Samadzadegan, F., (2014), A sample of air pollution in the urban area using the developed model of data mining method, Journal of Science and Technology of Mapping, Vol. (5), No. 3,pp.293-307 [in Persian]
Arvin, A,.(2018), Investigating the Effect of Dust Particles Less Than 2.5 Microns on Health in Isfahan, Journal of Spatial Planning, Volume (2), No 2, pp,111-124. [in Persian]
Ataei, H., Hashemi Nasab, S., (2010), Identification and analysis of effective atmospheric balance patterns in Isfahan city air pollution. Journal of Urban Research and Planning, Journal of Urban Research and Planning, Volume(2), No 4, pp,97-112. [in Persian]
Esmaeilpour, M., (2014) Wind Energy Analysis and its Speed Forecast in Northwest of Iran, PhD Thesis, University of Tabriz. [in Persian]
East Azarbaijan Province Road and Urban Development Organization, (2006). Tabriz Development and Civil Plan, [in Persian]
East Azarbaijan Meteorological Organization, 2018. [in Persian]
Gorbani, R., Hosseinzadeh Delir, K., Shokri Firoozjah, P,.(2011), Study of the status of air pollution in Tabriz city based on main component analysis (PCA)), Journal of Geography and Planning Volume (16), No, 39, pp, 108 – 89. [in Persian]
Gorbani, K, Aghasriyatmadari, Z,.(2011), Effect of Localized Grades on Increasing the Accuracy of Inland Data Entry by Geographical Weighting Regression, Journal of Watershed Management, Vol(5).No, 10, pp. 132-143. [in Persian]
Jafarzadeh, N., (2005), Air Pollution in Oil and Gas Exploration and Extraction Activities), Conference on Air Pollution and its Effects on Health, Tehran, Institute of Clean Environment Studies, September 15 and 16. [in Persian]
Khorasani, N., Cheraghi, M., Nadafi, K., Karami, M., (2001). Comparison and comparison of air quality in Tehran and Isfahan cities in 1999, Iranian Journal of Natural Resources, Vol. (55), No. 4, pp. 559 – 567. [in Persian]
Meshkini, A, Azadi ghatar, S, Roknaddin Eftekhari, A, Mostafavi, E, Ahadnejad Reveshti, M,.(2014), Analysis of the Relationship between the Lung Cancer Geographic Pattern and Air Pollution in Tehran's Spatial Structure, Quarterly Journal, No. 31, Vol. Successive 123, pp. 7–23. [in Persian]
Pajouyan, J., Moradhasil, N., (2008) Effect of Economic Growth on Air Pollution, Journal of Economic Research, Volume(7), No,4, pp. 141-160. [in Persian]
Quality Index and Environmental Pollutants of the City and Investigation of Existing Problems of Tabriz City Using GIS Software, Journal Health, Volume (7), No 2, pp. 177-158. [in Persian]
Soleimani, A., (2014), Investigation of NOX Production Mechanisms MSc, Amir Kabir University of Technology. [in Persian]
Shokri Firouzjah P., (2011), Investigation of Emissions of Kermanshah Car Exhaust and Its Impact on Human Health, Urban Ecology Research, Volume (2), No 3, pp. 82-75. [in Persian]
Safavi, S., Mousavi, M., Dehghanizadeh, R., Shakeri, M., (2016), Seasonal and spatial zoning of air quality index and environmental pollutants of the city and evaluation of existing problems in Tabriz city using GIS software, Journal of Health, Volume (7), No 2, pp, 158-177. [in Persian]
Watt, Kent, Environmental Principles, Translated by Abdolhossein W,.(2004) Mashhad: Mashhad University Academic Press,p,344. [in Persian]
Zamani, L, Javaherian, Z, (2016), Investigating the Process of Sustainability Indicator Developments in the International System, Journal of Environmental Science and Technology, Volume (17), No4, pp,183-203. [in Persian]

References (in English)

Abhishek, T. (2010). Air pollution: measurement, modeling, and mitigation, Routledge, Newyork.501pp.
Chen, X., & Ye, J., (2017, June), When the wind blows: spatial spillover effects of urban air pollution, In 2017 Annual Meeting, July 30-August 1, Chicago, Illinois (No. 258256), Agricultural and Applied Economics Association.
Carlisle, A. J., & Sharp, N. C. C, (2001), Exercise and outdoor ambient air pollution, British journal of sports medicine, 35(4), 214-222.
Fang, C., Liu, H., Li, G., Sun, D., & Miao, Z, (2015), Estimating the impact of urbanization on air quality in China using spatial regression models, Sustainability, 7(11), 15570-15592.
Faisal, K., & Shaker, A., (2017), Improving the Accuracy of Urban Environmental Quality Assessment Using Geographically-Weighted Regression Techniques, Sensors, 17(3), 528.
Guanglong, D., Erqi, X., & Hongqi, Z, (2017), Urban Expansion and Spatiotemporal Relationships with Driving Factors Revealed by Geographically Weighted Logistic Regression, Journal of Resources and Ecology, 8(3), 277-286.
Kopuz, E. B., & Dincer, B, (2017), Outdoor air quality sulfur dioxide in Istanbul, BULGARIAN CHEMICAL COMMUNICATIONS, 49, 64-69.
Mondal, B., Das, D. N., & Dolui, G, (2015), Modeling spatial variation of explanatory factors of urban expansion of Kolkata: a geographically weighted regression approach, Modeling Earth Systems and Environment, 1(4), and 29.
Robinson, D. P., Lloyd, C. D., & McKinley, J. M, (2013), Increasing the accuracy of nitrogen dioxide (NO2) pollution mapping using geographically weighted regression (GWR) and geostatistics, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 21, 374-383.

Table of Contents

THE EFFECT OF DAM CONSTRUCTION ON FLOOD AND LOW FLOW INDICES IN SOUTH OF LAKE URMIA

Fariba Esfandyari Darabad, Raoof Mostafazadeh*, Reza Shahmoradi, Ali Nasiri Khiavi 1

SIMULATION OF HEAVY METALS TRANSPORT IN THE GROUNDWATER OF GOLGOHAR IRON ORE MINE AQUIFER

Reza Jahanshahi*, Sepideh Mali, Elham Ravand 5

TEMPO-SPATIAL BEHAVIOR OF SURFACE URBAN HEAT ISLAND OF ISFAHAN METROPOLITAN AREA

S.A. Maoodian*, M. Montazeri 7

DETECTING AREAS VULNERABLE TO SAND ENCROACHMENT USING REMOTE SENSING AND GIS TECHNIQUES; CASE STUDY: RIGAN, FAHRAJ AND NARMASHIR COUNTIES, KERMAN PROVINCE

Ali Mehrabi* 9

THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE ON THE RISK OF COLD STRESS IN AUTUMN CROP PATTERN (CASE STUDY: TROPICAL AND SUBTROPICAL AREAS OF KERMAN PROVINCE)

Fateme Bayatani, Gholamabas Fallah Ghalhari*, Mokhtar Karami, Javad Taeei Samiromi 13

ESTIMATION OF RUNOFF HEIGHT AND FLOOD MAXIMUM DISCHARGE USING CELLULAR AUTOMATA AND SCS MODELS, (CASE STUDY: LAVIJROOD WATERSHED)

Hasan Shabaninia, Sadraldin Motevalli*, GholamReza Janbaz Ghobadi, Shahriar Khaledi 17

EVALUATION OF DROUGHT IMPACT ON TREE AND SHRUB SPECIES SUCH AS PROSOPISEP, SALVADORAPERSICA, AND CALLIGONUMCOMOSUM IN NORTH OF IRANSHAHR IN IRAN

Naser Rashki, Alireza Shahriari*, Mohammad Zare..... 21

NEOTECTONIC STRESSES IN THE SANGCHAL EARTHQUAKE (1957) AREA – MAZANDARAN

Hadi Tabassi* 23

APPLICATION OF MULTILAYER PERCEPTRON (MLP) NEURAL NETWORK MODEL IN URBAN VULNERABILITY ZONING WITH EMPHASIS ON EARTHQUAKE (A CASE STUDY ON MUNICIPAL DISTRICT 20 IN TEHRAN)

Loghman Mahmoudi*, Mohammad Taghi Razavian, Abbas Ostadtaghizadeh, Mortaza Ghorchi 27

SPATIAL ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING AIR POLLUTION IN TABRIZ CITY

Hooshang Sarvar*, Marziyeh Esmaeilpour, Mansour Kirizadeh, Mahtab Amrai 31

Vol.: **09**, Issue: **24**, Summer 2020

Concessionaire: Faculty of Geography and Environmental planning, University of Sistan and Baluchestan

Director: Negaresh, Hossein
Editor in Chief: Khosravi, Mahmoud
Manager: Fotoohi, Samad

Editorial Board:

1.	Akbari,A	Prof. in Agricultural Economics- University of Sistan and Baluchestan
2.	Alijani, B.	Prof. in Climatology-University of Kharazmi(Teheran)
3.	Asgary, A.	Associate prof. in Urban planning-York University (Canada)
4.	Ebrahimzadeh,I.	Prof. in Urban planning-University of Sistan and Baluchestan
5.	Fotoohi. S	Associate prof. in Geomorphology-University of Sistan and Baluchestan
6.	Ghayoor, H.A.	Prof. in Physical Geography-University of Isfahan
7.	Jahanbakhsh,S	Prof. in Climatology-University of Tabriz
8.	Khosravi,M	Prof. in Climatology-University of Sistan and Baluchestan
9.	Masoodian,S.A.	Prof. in Climatology-University of Isfahan
10.	Negaresh,H	Prof. in Geomorphology-University of Sistan and Baluchestan
11.	Ramesht,M.H.	Prof.in Geomorphology-University of Isfahan
12.	Shahriyari, A	Associate prof.in Natural Resources-University of Zabol

English Editor: *Dr. Zadmehr Torabi and Marzie Daraei*
Executive Manager: *Masoud Saeedi*
Executive Director: *Marzie Daraei*
Edit and Page Layout: *Marzie Daraei*

University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran, P.O. Box 98135-987,
Tel: +98-54-31136799, Fax: +98-54–33416141, Email: ehazards@usb.ac.ir
Print ISSN: 2676-4377 **Online ISSN: 2676-4385**

In the Name of God

Journal of

Natural Environmental Hazards

(ISC Journal)

Vol.: **09**, Issue: **24**
Summer 2020

University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran, P.O. Box 98135-987,
Tel: +98-54-31136799, Fax: +98-54–33416141, Email: ehazards@usb.ac.ir
Print ISSN: 2676-4377 **Online ISSN: 2676-4385**