

مجله مخاطرات محیط طبیعی

(علمی – پژوهشی)

دوره هشتم

شماره بیست و دوم

زمستان ۱۳۹۸

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

همکاران علمی این شماره

محسن جامی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات- **مژگان انتظاری**، دانشگاه اصفهان- **مرتضی اسمعیل‌نژاد**، دانشگاه بیرجند- **صادق کریمی**، دانشگاه باهنر کرمان- **ابراهیم مرادی**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **محمود هاشمی‌تبار**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **محمود خسروی**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **علیرضا شهریاری**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **محمد دارند**، دانشگاه کردستان- **مهران شبانکاری**، دانشگاه آزاد اسلامی - **بختیار محمدی**، دانشگاه کردستان- **حمید نظری‌پور**، دانشگاه باهنر کرمان- **محسن حمیدیان‌پور**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **کوهزاد رئیس‌پور**، دانشگاه زنجان- **صمد فتوحی**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **سیدعلی المدرسی**، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد- **نوراله نیک‌پور**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **عباسعلی ولی**، دانشگاه کاشان- **محسن آرمش**، دانشگاه سیستان و بلوچستان- **محمد ذونعمت کرمانی**، دانشگاه باهنر کرمان- **داریوش رحیمی**، دانشگاه اصفهان- **رضا اسماعیلی**، مدیر اجرایی مرکز پایش آلاینده های زیست محیطی مشهد- **کمال امیدوار**، دانشگاه یزد- **رضا دوستان**، دانشگاه فردوسی مشهد- **ملیحه عرفانی**، دانشگاه زابل- **عباسعلی آروین**، دانشگاه پیام نور اصفهان.

ویراستار ادبی فارسی: ادهم سیدزاده

ویراستار ادبی انگلیسی: دکتر زادمهر ترابی

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 هشتم

شماره بیست و دوم

زمستان ۱۳۹۸

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 می شود:
پایگاه استنادی علوم جهان اسلام – www.isc.gov.ir
پایگاه اینترنتی جهاد دانشگاهی – www.sid.ir
بانک اطلاعاتی نشریات کشور – www.magiran.com

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

پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی (مطالعه ی موردی: حوضه ی آبخیر سد چم گردلان ایلام) ۱

ذبیح اله رستمی، سید علی المدرسی*، علی اکبر جمالی ۱

بررسی اثرات تغییر اقلیم بر امنیت غذایی ایران ۱۹

سروش کیانی قلعه سرد، جواد شهرکی*، احمد اکبری، علی سردار شهرکی ۱۹

اثر تغییر اقلیم بر فنولوژی بادام در استان چهار محال و بختیاری ۴۱

مریم سید عبداللهی، بهلول علیجانی*، قاسم عزیزی، فریده اسدیان ۴۱

پیش‌بینی بارش‌های سنگین غرب کشور بر اساس برآوردهای رادار هواشناسی با استفاده از روش Z-R ۵۹

فرشاد صفرپور، جواد خوشحال دستجردی*، سید ابوالفضل مسعودیان ۵۹

بررسی کارایی شاخص BADI: رویکرد بهبود یافته جهت تشخیص طوفان‌های گردوغبار خاورمیانه با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS ۷۵

سیدعبدالحسین آرامی، مجید اونق، علی محمدیان بهبهانی*، مهری اکبری، علیرضا زراسوندی ۷۵

بررسی فرونشست زمین ناشی از برداشت بی رویه آب زیرزمینی در دشت کردی شیرازی، استان هرمزگان ۹۵

سیده محدثه موسوی، هادی جعفری*، علی اکبر مومنی، جهانگیر سپهری ۹۵

شناسایی مکان‌های مستعد برای سیلاب با الگوهای خود همبستگی فضایی سرعت نفوذ آب در خاک ۱۱۱

محمدصادق علیائی*، علی باریکلو، مسلم ثروتی ۱۱۱

تحلیل و محاسبه ابزارهای موردنیاز برای حفاظت کیفی آب بمنظور کمینه کردن مخاطرات وارده به محیط زیست ۱۲۳

محسن دهقانی درمیان، غلامرضا عزیزیان*، سید آرمان هاشمی منفرد ۱۲۳

بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی و دبی رواناب حوضه آبریز عموقین ۱۴۵

یاسر حسینی*، جواد رمضانی مقدم، زهرا عبدالعلی‌زاده ۱۴۵

تحلیل گسترهٔ فضایی مواد و عناصر آلاینده در محدوده شهری باقرشهر تهران ۱۶۳

حبیب‌اله فصیحی* ۱۶۳

واکاوی و پیش‌بینی پدیده گرد و غبار در جنوب غرب ایران **۱۷۹**

بهروز سبحانی*، وحید صفریان زنگیر ۱۷۹

ارزیابی اثرات محیط زیستی و تعیین سطح پایداری معدن گرانیت بوگ با استفاده از مدل فیلیپس **۱۹۹**

غلامحسن کاخا*، سمیه طبسی، علیرضا دوچشمه گرگیج، محسن جامی ۱۹۹

پایش ماهواره‌ای تغییرات لایه‌ی اُزون در اتمسفر ایران **۲۱۳**

کوهزاد رئیس پور*، حسین عساکره ۲۱۳

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۶/۱۷
تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۲۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۴/۱۵
صفحات: ۱۸ - ۱

پهنه بندی خطر زمین لغزش با استفاده از منطق فازی (مطالعه ی موردی: حوضه ی آبخیر سد چم گردلان ایلام)

ذبیح اله رستمی[۱]، سید علی المدرسی[۲]*، علی اکبر جمالی[۳]

چکیده

موقعیت جغرافیایی حوزه سد ایلام بین حد فاصل '' ۳۶ '۱۶ °۴۶ تا'' ۳۲ '۳۸ °۴۶ طول شرقی و'' ۲۷ '۲۳ °۳۳ تا '' ۵۴ '۳۸ °۳۳ عرض شمالی واقع شده است. مساحت حوضه ۲۲۱/۴ کیلومتر مربع می‌باشد. بلندترین و کوتاه‌ترین نقطه‌ی حوضه ۲۴۰۰ متر و ۶۴۰ متر از سطح دریا می‌باشد. در این پژوهش به منظور تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حوضه‌ی آبخیز سد چم گردلان ایلام از طریق وزن‌دهی به معیارهای اصلی و با استفاده از توابع عضویت فازی در نرم افزار ArcGis و ایجاد بهترین تابع رابطه بین حضور و عدم حضور زمین لغزش و مجموعه‌ای از عوامل استفاده شده است. بدین منظور ابتدا لایه‌های مؤثر بر وقوع لغزش شامل شیب، جهت شیب، ارتفاع، زمین شناسی، کاربری اراضی، فاصله از جاده، فاصله از شبکه‌ی آبراهه، فاصله از گسل و نقشه‌ی بارش تهیه گردید و برای تحلیل‌های فازی مورد استفاده قرار گرفت. پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه‌ی مورد مطالعه با استفاده از اپراتورهای فازی (Gamma، And،Or،Sum،Product) صورت پذیرفت. بعد از مرحله‌ی فازی‌سازی و وزن‌دهی، معیارهای مؤثر در وقوع زمین لغزش‌های منطقه با استفاده از روش مذکور، از طریق عملگرهای گامای فازی با لانداهای۰/۲، ۰/۵، ۰/۸ و ۰/۹ نیز تهیه شد و با مقایسه‌ی نقشه‌های نهایی، مدل ایده‌آل برای پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در این محدوده انتخاب شد. نتایج نشان داد که ازمیان اپراتورها و عملگرهای فوق، عملگرگاما با لاندای ۰/۹ به دلیل فازی سازی مناسب هر معیار با استناد به نقشه‌های پراکنش زمین لغزش‌های رخ داده و نحوه‌ی تفکیک طبقات خطر، روش مناسب‌تری برای پهنه‌بندی زمین لغزش‌ها در این منطقه محسوب می‌شود.

واژگان کلیدی: منطق فازی، اپراتورهای فازی، تابع عضویت، سامانه اطلاعات جغرافیایی، سد چم گردلان ایلام

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد سنجش ازدور و GIS واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد zabrostami_sm2008@yahoo.com
۲- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد(نویسنده مسئول) almodaresi@iauyazd.ac.ir
۳- دانشیار گروه GIS و آبخیزداری، واحد میبد، دانشگاه آزاد اسلامی، میبد jamaliaa@maybodiau.ac.ir

مقدمه

در اکثر فعّالیتهای عمرانی و به‌خصوص در امور سدسازی یکی از مشکلات عمده در هنگام اجرا و بهره‌برداری حرکات توده‌ای زمین می‌باشد. با توجّه به حساسیت سازه‌هایی مانند سدها، بررسی امکان وقوع لغزش‌ها یکی از مراحل اصلی در انتخاب موقعیت ساختگاه سد و مراحل اجرا و بهره‌برداری است. در سدسازی با توجّه به موقعیت قرارگیری پدیده-های لغزش نسبت به موقعیت سازه که ممکن است سبب پرشدن مخزن شود و عمر مفید سد کاهش یافته و یا عدم موفقیّت و یا حتی تخریب سازه سد را به دنبال دارد.

وقوع بلایا و سوانح طبیعی هر ساله در نقاط مختلف جهان و ایران خسارات جانی، مالی و زیست محیطی قابل توجّهی به بار می آورد. حرکات توده ای نیز نوع خاصی از سوانح طبیعی و فرمی از فرآیندهای دامنه ای هستند (کرم،۱۳۸۰) که زاییده‌ی شرایط ژئومورفولوژیک، هیدرولوژیک و زمین شناسی محل می‌باشند. این شرایط به همراه فرآیندهای ژئودینامیکی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، فعّالیتهای انسانی، مقدار و شدّت بارندگی و زمین لرزه باعث شکل‌گیری این پدیده می‌گردند (سفیدگری،۱۳۸۱). بررسی ناپایداری‌های دامنه‌ای مانند بسیاری از موضوعات زمین شناسی محیطی[1] به دلیل تنوع عوامل مؤثر در وقوع آن، بسیار پیچیده است. وجود عدم قطعیت که ناشی از مبهم بودن شرایط و مفاهیم مرتبط با پارامترهایی نظیر زمین شناسی، هیدرولوژیکی، تکتونیکی، پوشش گیاهی، بارندگی و فرسایش در بروز ناپایداری دامنه‌ای می‌باشد، لزوم استفاده از روش‌های دقیق و مناسب را در بررسی ناپایداری‌های دامنه‌ای، منطقی می‌نماید. این در حالی است که بسیاری از اطلاعات بالا به صورت محاوره‌ای بوده و از نوع اطلاعات غیردقیق می‌باشند. این گونه محدودیت‌ها دقیقاً ایده اساسی تئوری فازی می‌باشد (فاطمی عقدا و همکاران، ۱۳۸۴). تئوری فازی در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی‌زاده در مقاله‌ای با عنوان "مجموعه‌های فازی" در مجله‌ی اطلاعات و کنترل ارائه گردید (تاناکا، ۱۳۸۳). تئوری فازی، شامل تمام تئوری‌هایی است که از مفاهیم اساسی مجموعه‌های فازی یا توابع عضویت استفاده می‌کند و هدف از ارائه‌ی آن، ایجاد روشی نوین در بیان عدم قطعیت‌ها و ابهامات روزمره است (اشقلی فراهانی،۱۳۸۳). روش‌های مبتنی بر این نظریه همچنان در حال توسعه‌اند و هر سال با ارائه‌ی روش‌های جدیدتری بر مبنای مفاهیم نظریه‌ی مجموعه‌های فازی این امکان فراهم می‌شود تا به استدلال‌های غیر قطعی مبهم و نا معین ذهن انسان صورت‌بندی ریاضی بخشیده شود (شریعت جعفری،۱۳۸۶). سابقه‌ی استفاده از مدل‌های فازی در حل مسائل در زیرمجموعه‌ی علوم زمین به ویژه پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، اندک و محدودند که از آن جمله می‌توان به موارد زیر اشاره نمود: سوری و همکاران (۱۳۹۲) به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از مدل منطق فازی و شبکه عصبی مصنوعی در حوضه کشوری (نوژیان) واقع در استان لرستان پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که مدل منطق فازی با عملگر گامای ۰/۹ روش کارآمدتری نسبت به دیگر عملگرهای منطق فازی و همچنین روش شبکه عصبی مصنوعی در تهیه نقشه خطر لغزش‌های حوضه مورد مطالعه می‌باشد. صفاری و همکاران، (۱۳۹۲) در پژوهشی با عنوان مقایسه مدل نسبت فراوانی و توابع عضویت فازی در پهنه‌بندی خطر زمین لغزش واقع در جاده ارتباطی مریوان سنندج که با مقایسه نقشه‌های نهایی از دو مدل نسبت فراوانی و توابع عضویت فازی انجام داده‌اند به

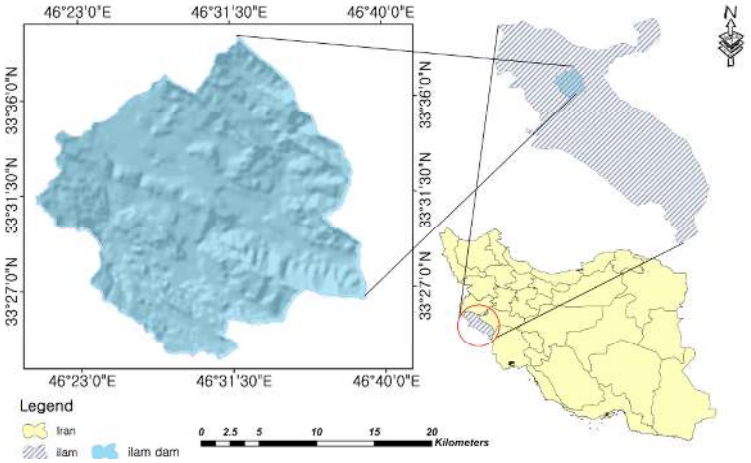
1- Geo Environment

این نتیجه دست یافته‌اند که مدل نسبت فراوانی به دلیل فازی‌سازی مناسب هر معیار برای پهنه‌بندی زمین لغزش‌ها در این جاده ارتباطی روش مناسب‌تری است. وونگ و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از تئوری فازی اقدام به ارزیابی حساسیت رانش زمین در اطراف استان گوئیژو چین کردند. آنها ابتدا شیب، سنگ شناسی، نزدیکی به خطوط تکتونیکی، آبراهه و بارش سالانه را به عنوان عوامل مؤثر بر وقوع رانش زمین در منطقه مورد مطالعه قرار دادند و با استفاده از اطلاعات حاصل از این عوامل به پهنه‌بندی خطر زمین لغزش پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که مدل فازی بر اساس تابع ذوزنقه‌ای روش کارآمدی برای پهنه‌بندی رانش زمین در این منطقه است. ژو و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از منطق فازی به پیش‌بینی خطر زمین لغزش در منطقه کایژیان واقع در چین پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که منطق فازی توانایی بالایی در پیش‌بینی خطر زمین لغزش در منطقه مورد مطالعه را دارا می‌باشد. پورقاسمی و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از عملگرهای جبری فازی و سامانه اطلاعات جغرافیایی به تهیه نقشه پهنه‌بندی ناپایداری دامنه‌ها پرداختند. نتایج نشان داد که عملگر فازی گاما با مقدار λ=۰/۹۵ بهترین شکل نقشه حساسیت به زمین لغزش را در منطقه مورد مطالعه نشان داده است. بوی و همکاران (۲۰۱۲) به پیش‌بینی خطر زمین لغزش در استان هوابین ویتنام با استفاده از عملگرهای منطق فازی پرداختند. نتایج به دست آمده نشان داد که تمام عملگرها نتایج معقولی ارائه دادند که از این میان عملگر جمع فازی کمترین دقّت و عملگر ضرب و گاما از بیشترین دقّت برخوردار بودند. جمالی(۱۳۸۸) در تحقیقی تحت عنوان کاربرد GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی در پهنه‌بندی خطرزمین لغزش و مقایسه ارجحیت عوامل مؤثر در ایجاد لغزش در حوضه‌ی آبخیز منشاد یزد به تهیه-ی نقشه‌ی پهنه‌بندی زمین لغزش منطقه مبادرت ورزید. ابتدا با مطالعات صحرایی و بررسی مطالعات انجام گرفته در این زمینه پارامترهای مؤثرانتخاب گردید سپس لایه‌های مربوط به هرکدام از این پارامترها در محیط GIS با استفاده از نرم افزار ARC GIS9.2 تهیه شد. هرلایه‌ی به‌دست آمده به‌صورت جداگانه با لایه‌ی توزیع مکانی لغزش‌های رخ داده قطع داده و ارحجیت کلاس‌های هر لایه نسبت به همدیگر محاسبه گردید و در مرحله نهایی با استفاده از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) وزن پارامترها مشخص شد. مقایسه نتایج بدست آمده از این مدل با پراکندگی مکانی زمین لغزش در منطقه و نیز با نتایج بدست آمده از مطالعات قبلی نشان داد که روش AHP، روش مناسبی برای پهنه بندی خطر لغزش در این حوضه می‌باشد، نقشه نهایی مشخص نمود که در ۵/۶۹٪ از سطح منطقه خطر لغزش کم و ۸/۱۰ هکتار از سطح منطقه که شامل ٪ ۲ مساحت منطقه است خطر لغزش زیاد می‌باشد. در چند دهه‌ی گذشته افزایش چشمگیری در حرکتهای توده‌ای که عمدتاً از نوع زمین لغزش می‌باشد، مشاهده می‌شود با توجّه به این که در حوضه‌ی آبخیز سد ایلام، اشکال مختلف حرکتهای توده‌ای شامل: لغزش، خزش و ریزش در اکثر نقاط حوضه بویژه در مسیر راه‌های ارتباطی به محل سد وجود دارد و از طرفی این منطقه یکی از مراکز تفریحی استان به لحاظ دریاچه‌ی سد و طبیعت زیبای منطقه می‌باشد و برنامه‌ی احداث پارک جنگلی سد ایلام نیز در دست اجرا می‌باشد و نیز حوضه‌ی فوق الذکر مهمترین منبع تأمین آب شرب شهر ایلام و روستاهای اطراف را تشکیل می‌دهد و با توجّه به اینکه روی سازندهای زمین شناسی سست و حساس قرار گرفته، لذا لزوم تهیه نقشه‌ی پهنه‌بندی حرکات توده‌ای منطقه و بررسی عوامل مؤثر بر آن به یک ضرورت تبدیل شده است.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در حوزه آبخیز چم گردلان در استان ایلام با موقعیت جغرافیایی" ۳۶'۱۶°۴۶ تا " ۳۲'۳۸°۴۶ طول شرقی و " ۲۷'۲۳°۳۳ تا " ۵۴'۳۸°۳۳ عرض شمالی واقع شده است (شکل۱). مساحت آن ۴۷۶/۵ کیلومتر مربع است. بلندترین و کوتاه‌ترین ارتفاع به ترتیب ۲۴۰۰ متر و ۶۴۰ متر می‌باشد.



شکل۱: موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه

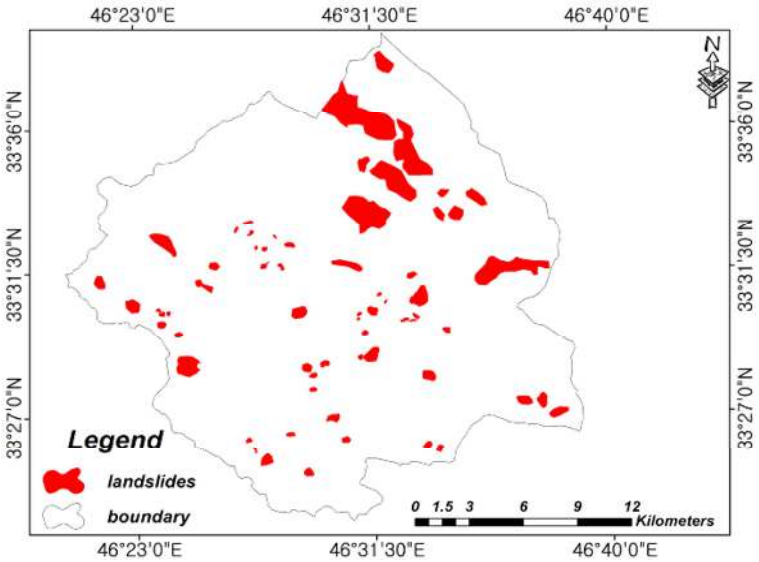
حوضه‌ی مورد مطالعه در قسمت شمال غربی کمربند چین خورده‌ی زاگرس قرار گرفته و چین‌های متعددی به شکل تاقدیس و ناودیس در آن وجود دارد. از نظر زمین شناسی منطقه دارای تنوع بالایی از سازندهای زمین شناسی و واحدهای سنگ شناسی است.

معیارها و روش‌های وزن دهی

در این پژوهش به منظور پهنه‌بندی خطر زمین لغزش، معیارهای ارتفاع، شیب، جهت شیب، فاصله از گسل، واحدهای زمین شناسی، فاصله از آبراهه‌ها، فاصله از جاده، نوع کاربری اراضی و بارش مورد ارزیابی قرار گرفت. نقشه‌ی معیارهای مذکور از طریق نقشه‌های زمین شناسی با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰، تصاویر ماهواره ای ETM[1] و همچنین عملیات میدانی و استفاده از دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS)[2] جمع‌آوری و در محیط GIS[3] آماده شد. وزن‌دهی به معیارهای مورد نظر از طریق توابع عضویت فازی در نرم افزار ARCGIS انجام

1- Enhanced Thematic Mapper
2- Global position system
3- Geographic information system

شد. با توجّه به این که پهنه‌بندی از طریق این روش، بر مبنای تطبیق نقشه‌ی زمین لغزش‌های حادث شده در منطقه با نقشه‌ی معیارهای مؤثر در این پدیده صورت می‌گیرد، لذا اولین گام در تهیه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در منطقه‌ی مطالعاتی، تهیه‌ی نقشه‌ی پراکنش زمین لغزش‌های اتفاق افتاده می‌باشد. به این منظور با استفاده از عکسهای هوایی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه، لغزش های اتفاق افتاده و مناطق مستعد و مشکوک به لغزش در منطقه شناسایی و از آنجا که بسیاری از لغزش‌ها به دلیل ابعاد کم یا ظاهری مشابه با دامنه‌های مجاور، در عکسهای هوایی قابل تشخیص نیستند بنابراین برای تکمیل اطلاعات، تمامی لغزش‌های قابل دسترس مورد بازدید صحرایی قرار گرفت و در کل ۶۴ نقطه‌ی لغزشی در مورد مطالعه تشخیص داده شد (شکل شماره ۲). سپس این لایه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ETM 2007 و نرم افزار Google Earth به نقشه‌ی پهنه‌های لغزشی تبدیل شد. تلفیق نقشه‌ی پراکنش زمین لغزش‌ها با معیارهای مورد نظر، تعداد پیکسل‌های لغزش یافته در هر طبقه از لایه‌های عاملی را به دست می دهد. در این روش برای تعیین اوزان معیارهای مورد نظر، از توابع عضویت فازی استفاده گردید. در این روش برای فازی سازی معیارها، از توابع عضویت فازی (جدول شماره ۱) استفاده شده است. استفاده و اعمال هرکدام از این توابع با توجّه به دو پارامتر نقطه میانی[1] و پارامتر پخش[2] صورت گرفت. انتخاب تابع برای فازی‌سازی با توجّه به ماهیت، اهمیّت و رابطه‌ی هرکدام از معیارها با هدف انتخاب می‌شود. چون استفاده از مدل منطق فازی در پهنه‌بندی زمین لغزش بر مبنای تحلیل‌های رستری (شبکه‌ای) است، باید هر پیکسل در هر معیار با توجّه به تابع ایده‌ال، ارزش عضویتی از صفر تا یک را به خود بگیرد.



شکل۲: مناطق لغزشی منطقه‌ی مورد مطالعه

1- midpoint
2- spread

جدول۱: انواع توابع عضویت فازی در نرم افزار ARCGIS10

نوع تابع	تعریف تابع
Gaussian	این تابع، تابع عضویت را بر اساس توزیع نرمال یا گوسی و بر اساس یک نقطه‌ی میانی تعریف می‌کند (عضویت فازی نقطه‌ی میانی است).
small	این تابع وقتی استفاده می‌شودکه مقادیر کوچک در نقشه، عضویت نزدیک به ۱ داشته باشند. این تابع نیز براساس یک نقطه ی میانی تعریف شده توسط کاربرتعریف می‌شود(عضویت نقطه ی میانی ۰/۵ می‌باشد).
Large	این تابع وقتی استفاده می‌شودکه مقادیر بزرگ در نقشه، عضویت نزدیک به ۱ داشته باشند. این تابع نیز براساس یک نقطه ی میانی تعریف شده توسط کاربرتعریف می‌شود. (عضویت نقطه میانی ۰/۵ می‌باشد).
near	این تابع، تابع عضویت را براساس یک مقدار خاص توسط یک نقطه ی میانی تعریف شده توسط کاربرمشخص می‌کند(نقطه ی میانی عضویت یک می‌گیرد).
MSSmall	این تابع عضویت فازی را براساس میانه و انحراف معیارتعریف می‌کند. مقادیر کوچک تر عضویتی نزدیک به ۱ می‌گیرند.
MSlarge	این تابع عضویت فازی را براساس میانه و انحراف معیارتعریف می‌کند. مقادیر بزرگتر عضویتی نزدیک به ۱ می‌گیرند.
liner	این تابع، عضویت فازی را براساس یک حداکثر با عضویت فازی ۱ و یک حداقل با عضویت فازی صفر تعریف می‌کند.

عملگرهای فازی

فرض کنید A، B و C سه مجموعه‌ی فازی از مجموعه‌ی مرجع X باشند. برای یک المان مانند xϵ x، عملگرهای مجموعه‌ای استاندارد شامل اشتراک فازی، اجتماع فازی، ضرب فازی، جمع فازی و فازی گاما می‌باشند (Fallah-Ghalhary et al.2009).

۱. عملگر اشتراک فازی یا عملگر AND

این عملگر از تابع مینیمم در همپوشانی (Overlay) استفاده می‌کند و معادل اشتراک (Intersect) است و به صورت رابطه‌ی ۱ تعریف می‌گردد؛

$$\mu_{Combinatio} = MIN(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \ldots) \quad (۱)$$

در این رابطه μ_C و μ_B ،μ_A بیانگر مقادیر عضویت فازی پیکسل‌های موجود در یک موقعیت مشخص بر روی نقشه‌های فاکتور مختلف می‌باشند.

۲. عملگر اجتماع فازی یا عملگر OR

این عملگر از تابع حداکثر در ترکیب استفاده می‌کند و معادل اجتماع (UNION) ا ست و به صورت رابطه‌ی ۲ تعریف می‌گردد؛

$$\mu_{Combination} = MAX(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \ldots) \quad (۲)$$

۳. عملگرضرب جبری فازی یا عملگرProduct (حداقل سازی)

عملگر ضرب فازی به صورت رابطه‌ی ۳ تعریف می‌شود؛

$$\mu c(x) = \prod_{i=1}^{n} \mu i(x) \qquad (۳)$$

در این رابطه ترکیب عوامل اثر کاهشی[1] خواهد داشت. به عبارتی عوامل همدیگر را تضعیف می‌کنند.

۴. عملگر جمع جبری فازی یا عملگر SUM (حداکثر سازی)

این عملگر با استفاده از رابطه‌ی ۴ تعریف می‌شود؛

$$\mu c(x) = ۱ \prod_{i=۱}^{n} (۱ - \mu i) \qquad (۴)$$

در این رابطه ترکیب عوامل اثر افزایشی[2] خواهد داشت و لذا به دلیل اثر افزایشی جمع جبری فازی، حداکثر ریسک را داریم. به عبارت دیگر عوامل همدیگر را تقویت می‌کنند.

۵. عملگر فازی گاما(GAMMA)

این عملگر از حاصل ضرب عملگرهای ضرب و جمع فازی به صورت رابطه‌ی ۵ تعریف می‌شود؛

$$\mu_{Combination} = (Fuzzy\ Algebric\ Sum)^{\gamma} \times (Fuzzy\ Algeabric\ Product)^{1-\gamma} \qquad (۵)$$

در رابطه‌ی ۵ مقدار عددی بین صفر تا یک می‌باشد. وقتی برابر یک باشد ترکیب، همان جمع جبری فازی و زمانی که برابر صفر باشد ترکیب، برابر ضرب جبری فازی است. انتخاب صحیح و آگاهانه‌ی بین صفر و یک، مقادیری را در خروجی به وجود می‌آورد که نشان دهنده‌ی سازگاری قابل انعطاف میان گرایشات کاهشی ضرب فازی و گرایشات افزایشی جمع فازی می‌باشد (Bonham-Carter, G. F. 1991).

نتایج

فازی‌سازی و پهنه‌بندی

1- Decreasive
2- Increasiv

انتخاب تابع برای فازی‌سازی با توجّه به ماهیت، اهمیّت و رابطه‌ی هرکدام از معیارها با هدف انتخاب می‌شود. چون استفاده از مدل منطق فازی در پهنه‌بندی زمین لغزش بر مبنای تحلیل‌های رستری (شبکه‌ای) است، باید هر پیکسل در هر معیار با توجّه به تابع ایده‌ال، ارزش عضویتی از صفر تا یک را به خود بگیرد. ابتدا هر یک از پارامترها با استفاده از توابع عضویت فازی (توابع مندرج در جدول۱) در نرم افزار ARCGIS فازی سازی شدند.

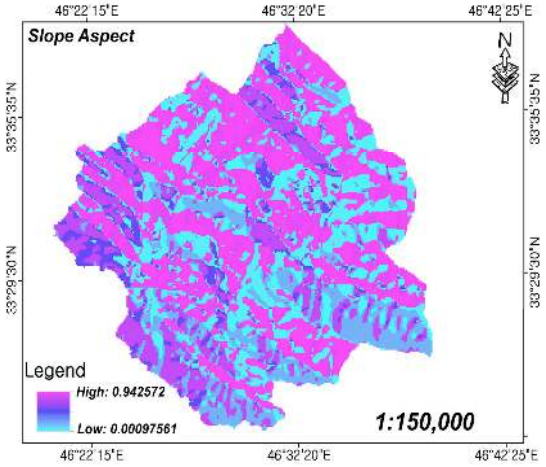
نوع توابع عضویت فازی که برای فازی کردن هر یک از معیارها استفاده گردید با توجّه به ماهیت پارامتر مورد استفاده به شرح جدول شماره۲ می‌باشد.

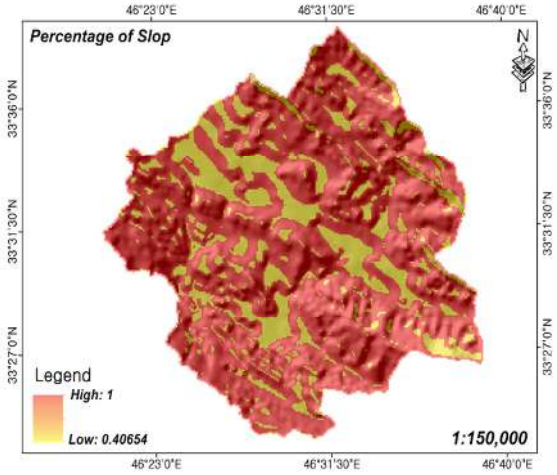
جدول۲: نوع توابع استفاده شده به عوامل زمین لغزش در نرم افزارARCGIS10

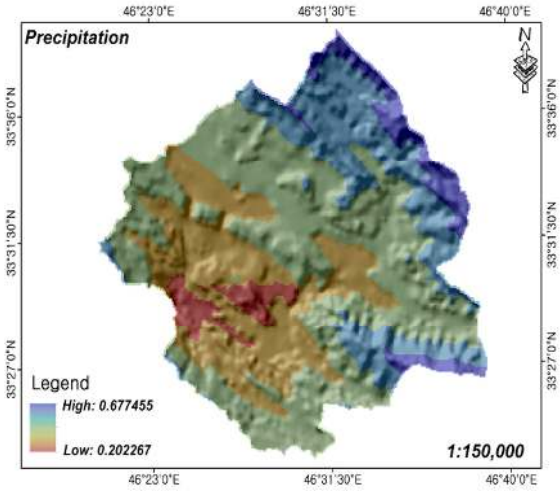
پارامتر	شیب	کاربری	بارش	جهت شیب	زمین شناسی	ارتفاع	فاصله ازآبراهه	فاصله ازگسل	فاصله ازجاده
تابع مورد استفاده	Gaussian	Gaussian	Large	Large	Large	Large	Small	Small	Small

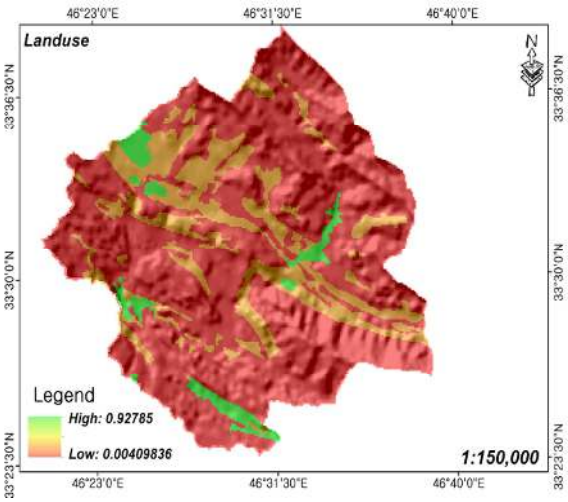
فازی‌سازی با استفاده از توابع فازی برای هر معیار نشان داد که انتخاب یک تابع به این منظور باید با توجّه به هدف (پهنه‌بندی زمین لغزش)، ماهیت معیار در منطقه مورد مطالعه و رابطه‌ی معیار با هدف موردنظر صورت گیرد. به عنوان مثال در این پژوهش برای فازی‌سازی معیار گسل، چون فاصله از گسل حائز اهمیّت بوده و کمترین فاصله، بیشترین امتیاز را داشت از تابع Small استفاده شد. طبق جدول شماره ۱ این تابع زمانی استفاده می‌شود که مقادیر کوچک ورودی، بالاترین عضویت فازی را می‌گیرد؛ لذا با توجّه به هدف پژوهش که پهنه‌بندی خطر زمین لغزش است، رابطه‌ی معیار گسل را می‌توان این چنین تعریف کرد؛ که هرچه فاصله از گسل کمتر باشد، ناپایداری بیشتر و در نتیجه خطر زمین لغزش بیشتر می‌شود. فازی سازی سایر معیارها نیز بر همین مبنا صورت گرفته است.

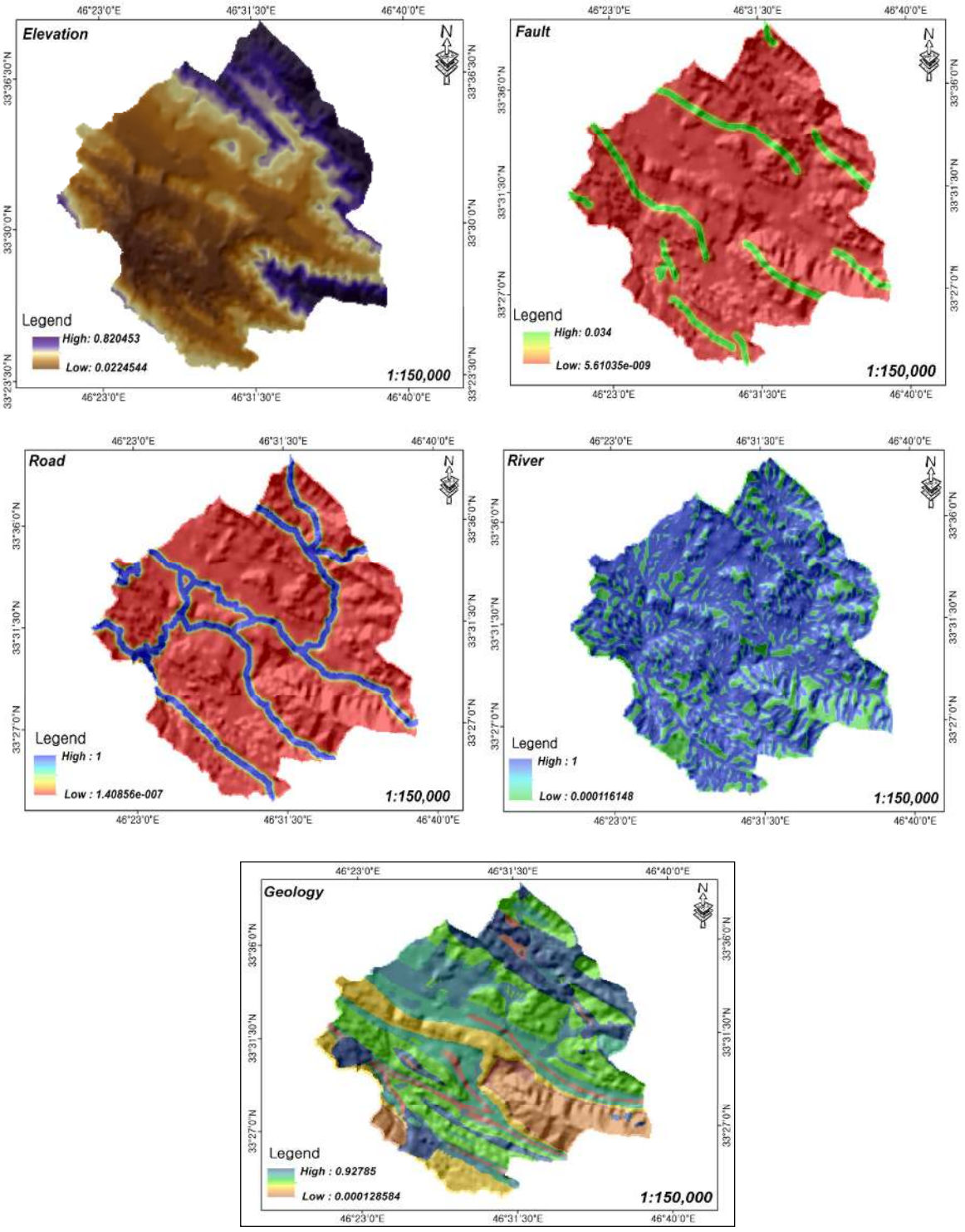
شکل ۳ نتایج فازی سازی هر یک از عوامل مؤثر بر خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از توابع عضویت فازی را نشان می‌دهد.


Slope Aspect
N
Legend
High: 0.942572
Low: 0.00097561
1:150,000
46°22'15"E
46°32'20"E
46°42'25"E
33°35'35"N
33°29'30"N


Percentage of Slop
N
Legend
High: 1
Low: 0.40654
1:150,000
46°23'0"E
46°31'30"E
46°40'0"E
33°36'0"N
33°31'30"N
33°27'0"N


Precipitation
N
Legend
High: 0.677455
Low: 0.202267
1:150,000
46°23'0"E
46°31'30"E
46°40'0"E
33°36'0"N
33°31'30"N
33°27'0"N

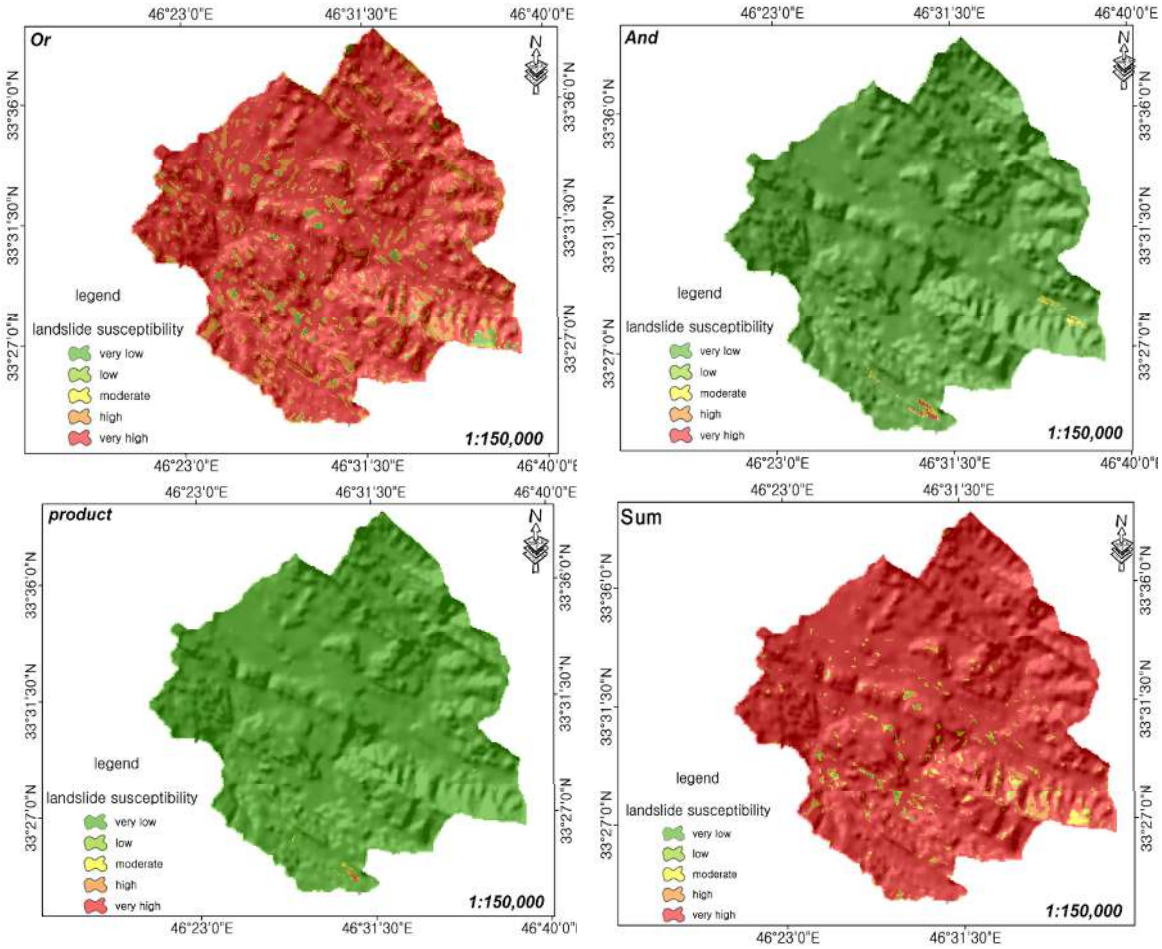

Landuse
N
Legend
High: 0.92785
Low: 0.00409836
1:150,000
46°23'0"E
46°31'30"E
46°40'0"E
33°36'30"N
33°30'0"N
33°23'30"N



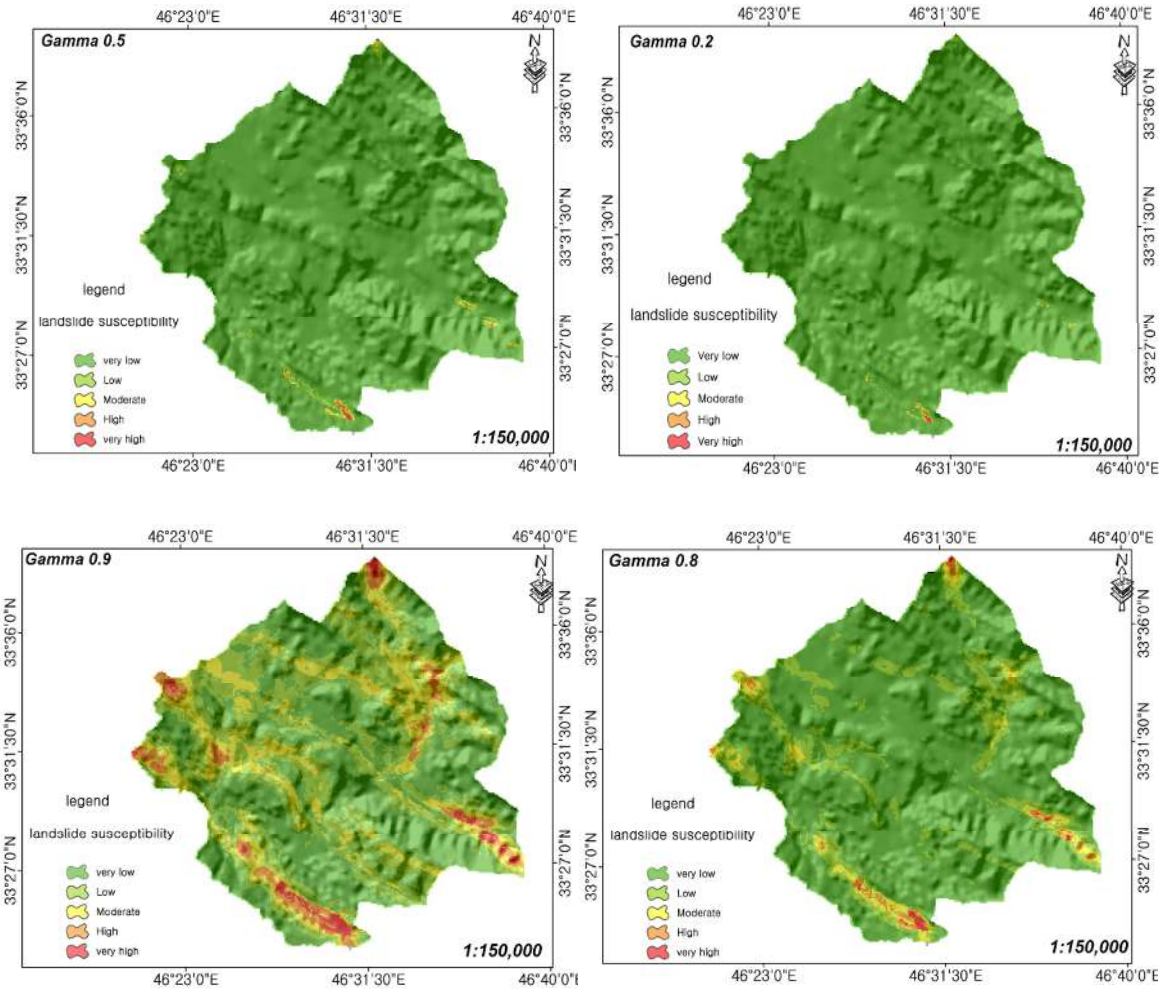
شکل ۳: نتایج فازی سازی هر یک از عوامل مؤثر بر خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از توابع عضویت فازی

نقشه‌ی خطر زمین لغزش

پس از انجام فازی سازی لایه‌ها، نقشه های مذکور با استفاده از دانش کارشناسی وزن دهی شدند. بر این اساس با توجّه به درجه‌ی اهمیّت و مقدار تأثیر هر کدام از عناصر آنها را وزن‌دهی نمودیم این وزن‌ها شامل موارد زیر بودند: (جاده ۰/۲۷۱، شیب ۰/۲۳۹، آبراهه ۰/۱۵۷، زمین شناسی۰/۱۲۷، کاربری ۰/۰۷۲، گسل ۰/۰۳۴، بارش ۰/۰۳۵، جهت شیب ۰/۰۳۰، ارتفاع ۰/۰۳۰). سپس با استفاده از عملگرهای فازی[1] و گامای فازی با لانداهای ۰/۲، ۰/۵، ۰/۸ و ۰/۹ این لایه‌ها تلفیق گردیدند و در نتیجه نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از توابع مذکور تهیه گردید (شکل ۴).

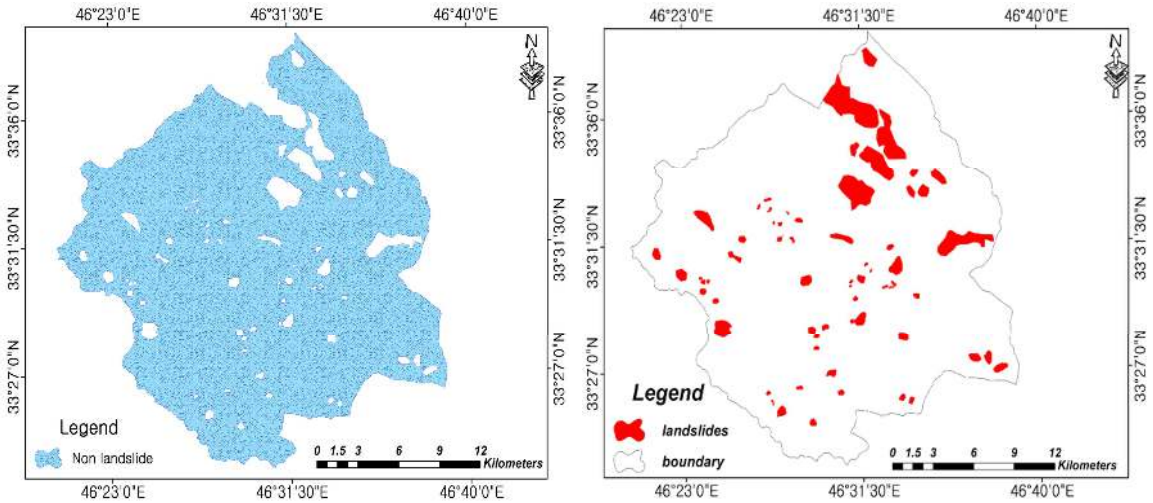


1- Fuzzy operators



شکل۴: نتایج همپوشانی لایه‌ها با استفاده از عملگرهای فازی

سپس نقشه‌های مذکور با نقشه‌ی مناطق وقوع زمین لغزش و نقشه‌ی مناطق فاقد زمین لغزش قطع داده شد تا دقّت انواع عملگرهای مورد استفاده تعیین گردد. نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از دو نقشه‌ی "مناطق لغزشی" و "مناطق فاقد لغزش" قطع داده شد تا تعداد پیکسل‌های واقع در هر طبقه (خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) که در داخل مناطق لغزشی (شکل ۵-a) و بیرون از محدوده‌ی لغزش (شکل ۵- b) قرار گرفته‌اند مشخص گردد. سپس نسبت فراوانی پیکسل‌های واقع در محدوده‌ی زمین لغزش به نسبت فراوانی پیکسل‌های بیرون از محدوده‌ی زمین لغزش برای هر یک از عملگرها و در هر طبقه (خطر بسیار کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) محاسبه گردید که نتایج به شرح جداول۲ تا ۴ می‌باشد.



شکل۵: مناطق لغزشی و فاقد لغزشی منطقه

جدول۳: درصد پیکسل‌ها در محدوده‌ی واقعی خطر زمین لغزش

نوع عملگر	خطر بسیار کم	خطر کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
عملگر OR	۰/۶۳	۴/۹۹	۱۷/۱۳	۱۰/۴۱	۶۶/۸۴
عملگر AND	۹۹/۸۴	۰/۱۶	۰	۰	۰
عملگر Product	۱۰۰	۰	۰	۰	۰
عملگر SUM	۴/۰۴۷	۸/۳	۲۷/۵۴	۴۰	۲۰/۰۸
GAMMA0.2	۹۹/۶	۰/۰۴	۰	۰	۰
GAMMA0.5	۹۸/۵	۱/۲۶	۰/۲۴	۰	۰
GAMMA0.8	۸۲/۹۸	۱۴/۳	۱/۸۵	۰/۸۶	۰
GAMMA0.9	۲۹/۹	۴۳/۹۷	۲۱/۱	۳/۵۸	۱/۴۱

جدول۴: درصد پیکسل‌ها در محدوده ی فاقد خطر زمین لغزش

نوع عملگر	خطر بسیار کم	خطر کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
عملگر OR	۱/۲۴	۱۱/۴۲	۴۰/۴۷	۱۵/۷	۳۱/۱۷
عملگر AND	۹۸/۹	۰/۴۶	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
عملگر Product	۹۹/۷۴	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
عملگر SUM	۸/۴	۲۰/۷۳	۳۶/۶	۲۴/۷۷	۹/۵
GAMMA0.2	۹۹/۵	۰/۳۷	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
GAMMA0.5	۹۸/۶۶	۰/۹۸	۰/۲۸	۱۰۰	۱۰۰
GAMMA0.8	۸۶/۱۸	۱۰/۸	۲/۲۴	۰/۷۲	۱۰۰
GAMMA0.9	۴۹/۱۶	۳۲/۹	۱۲/۸	۳/۸	۱/۳۸

جدول۵: نسبت فراوانی پیکسل‌های لغزشی به پیکسل‌های فاقد لغزش

نوع عملگر	خطر بسیار کم	خطر کم	م‌توسط	زیاد	بسیار زیاد
عملگر OR	۰/۵۰۸	۰/۴۴	۰/۴۲	۰/۶۶	۲/۱۴
عملگر AND	۱/۰۰۹	۰/۳۵	۰	۰	۰
عملگر Product	۱/۰۰۳	۰	۰	۰	۰
عملگر SUM	۰/۴۸	۰/۴	۰/۷۵	۱/۶۲	۲/۱۱
GAMMA0.2	۱/۰۰۱	۰/۱	۰	۰	۰
GAMMA0.5	۰/۹۹	۱/۲۹	۰/۸۶	۰	۰
GAMMA0.8	۰/۹۶	۱/۳۲	۰/۸۳	۱/۱۹	۰
GAMMA0.9	۰/۶	۱/۳۴	۱/۶۵	۰/۹۴	۱/۰۲

بحث

نتایج پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با استفاده از عملگرهای فازی و فازی گاما با لانداهای مختلف (شکل ۴) ارائه گردید. دقّت در نقشه‌های ارائه شده نشان می‌دهد که نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش تهیّه شده با استفاده از اپراتور فازی And تقریباً تمام سطح منطقه‌ی مورد مطالعه را در کلاس خطر بسیار کم قرار داده است. اما استفاده از اپراتور فازی Or منجر شده که قسمت اعظم منطقه در کلاس خطر زیاد و خیلی زیاد قرار گیرد. قابل ذکر است که اپراتورهای And و Or همان اپراتورهای منطق بولین بوده که نتایج آن به صورت کاملاً بدبینانه (۰) و کاملاً خوش بینانه (۱) ظاهر گردیده‌اند. خروجی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با اپراتور Sum ارائه گردید. از آنجا که در این اپراتور ارزش پیکسل‌ها به سمت یک میل می‌کند در نتیجه تعداد پیکسل بیشتری در کلاس خطر بالا و خیلی بالا قرار می‌گیرند و به همین دلیل این اپراتورحساسیت خیلی کمی در پهنه‌بندی دارد. نتیجه‌ی نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با اپراتور فازی Product نشان داده شد. از آنجایی که در این اپراتور تمامی لایه‌های اطلاعاتی در هم ضرب می‌شوند، لذا این اپراتور باعث شده تا در شکل خروجی، اعداد کوچکتر شده و به سمت صفر میل کند و در نتیجه تعداد پیکسل کمتری در کلاس حساسیت به خطر زیاد و خیلی زیاد به لغزش قرار بگیرد. به منظور تعدیل حساسیت خیلی بالای اپراتور ضرب فازی و دقّت خیلی کم اپراتور فازی جمع، اپراتور دیگری به نام فازی گاما مورد استفاده قرار گرفت. مقادیر مختلفی از اپراتور فازی گاما (۰/۲، ۰/۵، ۰/۸ و ۰/۹) به کار گرفته شد (Lee,2007). نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با اپراتور فازی گاما با مقادیر مختلف ارائه گردید. دقّت در شکل‌های ارائه شده نشان می‌دهد که هر چه مقدار گامای انتخابی از ۰/۲ به سمت ۰/۹ تمایل پیدا می‌کند نقشه‌های حاصله دارای کلاس‌های مختلف شده، جدایش بهتری بین کلاس‌های ارائه شده حاصل گردیده و دقّت نقشه‌های تهیه شده بیشتر می‌گردد که با نتایج نظرات Chi و همکاران(۲۰۰۲)؛ Tangestani(2003)؛ Champati-ray(2007) و Lee(2007) مطابقت داشته است. همچنین نتایج توصیف آماری اپراتورهای فازی با تابع عضویت فازی در جدول ۵ ارائه گردید. دقّت در جدول نشان می‌دهد که هر چه از اپراتور فازی And به سمت اپراتور فازی گاما با مقدار ۰/۹ می‌رویم با در نظر گرفتن ضریب تغییرات و کاهش تدریجی آن، می‌توان بیان کرد که از لحاظ آماری نیز اپراتور گامای ۰/۹ دقّت بیشتری را در منطقه‌ی مورد مطالعه داشته است.

با توجّه به دادهای مندرج در جدول شماره‌ی۵ مشخص می‌گردد که عملگرهای گامای ۰/۸ و ۰/۹ با دارا بودن بالاترین نسبت فراوانی در طبقات خطر کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد بهترین عملکرد را در مدلسازی و پهنه‌بندی خطر زمین لغزش ایفا نموده‌اند و بیشترین تطابق را با نقشه‌ی واقعی زمین لغزش‌های به وقوع پیوسته در منطقه داشته‌اند.

پس از تعیین تعداد پیکسل‌های لغزشی و فاقد لغزشی عوامل و طبقات مختلف، درصد مساحت لغزشی طبقات نیز به دست می‌آوریم (جدول شماره‌ی ۶).

جدول۶: درصد مساحت مناطق لغزشی به تفکیک طبقات خطر

نوع عملگر	خطر بسیار کم	خطر کم	متوسط	زیاد	بسیار زیاد
عملگر OR	۱/۲	۱۰/۱	۳۹/۵	۱۵/۴	۳۳/۸
عملگر AND	۹۸/۸	۰/۴	۰/۲	۰/۵	۰/۱
عملگر Product	۹۹/۹	۰/۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
عملگر SUM	۸	۱۹/۷	۳۶/۳	۲۵/۹	۱۰/۳
GAMMA0.2	۹۹/۵۷	۰/۳۱	۰/۰۸	۰/۰۲	۰/۰۲
GAMMA0.5	۹۸/۸	۰/۹۱	۰/۲۳	۰/۰۴	۰/۰۲
GAMMA0.8	۸۶/۲	۱۰/۷۳	۲/۲۵	۰/۷۵	۰/۰۷
GAMMA0.9	۴۷/۹	۳۳/۷	۱۳/۳	۳/۷	۱/۴

تحلیل و ارزیابی نتایج نشان داد که فازی‌سازی با استفاده از روش توابع عضویت به دلیل تطابق هر نقشه عاملی با نقشه پراکنش زمین لغزش‌ها و محاسبه‌ی پیکسل‌های لغزش یافته و بدون لغزش می‌تواند از ارزش بیشتری نسبت به هر روشی دیگر برخوردار باشد.

با استناد به جدول شماره‌ی ۶ نیز مشخص می‌گردد که مساحت لغزش در عملگر گامای ۰/۹ بیشترین مقدار خود (۱۸/۴ درصد) در طبقات خطر متوسط تا بسیار زیاد را در خود جای داده است. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که دقّت نقشه‌های پهنه‌بندی خطر برای فرآیندهای لغزشی مستقیماً در ارتباط با روش فازی‌سازی بوده و انتخاب روش و یا مدل از اهمیّت زیادی برخوردار است. مقایسه‌ی نقشه‌های پهنه‌بندی خطر زمین لغزش حاصل از اپراتورهای فازی نشان داده که برای منطقه‌ی مورد مطالعه نقشه‌ی پهنه‌بندی خطر زمین لغزش با اپراتور فازی گامای ۰/۹ بیشترین دقّت و صحّت را داشته است. بنابراین پیشنهاد می‌شود که به منظور انجام هرگونه اقدامات اجرایی در منطقه توجّه زیادی به نقشه‌ی حاصله به عنوان یک مبنا گردد.

نتیجه‌گیری

حوزه‌ی آبخیز سد چم گردلان در جنوب شرقی شهرستان ایلام قرار دارد که در حدود ۴۷۶/۵ کیلومتر مربع مساحت دارد. در این پژوهش پهنه‌بندی خطر زمین لغزش در حوزه‌ی آبخیز سد چم گردلان ایلام با استفاده از عملگرهای

فازی صورت گرفت. بررسی نتایج بدست آمده از مقادیر عضویت فازی و ارتباط بین عوامل مؤثر بر وقوع زمین لغزش و لغزش‌های رخداده در منطقه‌ی مورد مطالعه در جداول ۶-۳ ارائه گردید. نتایج نشان می‌دهد که دقّت پهنه‌بندی با به کارگیری عملگر اشتراک فازی به‌دلیل لحاظ شدن حداقل ارزش عضویت هر عامل در هر نقطه، همواره کم و غیرقابل اعتماد می‌باشد. در عملگر ضرب فازی نیز بدلیل ضرب عوامل وزنی با یکدیگر اعداد به سمت صفر میل کرده و بیشتر لغزش‌ها در طبقات خیلی کم و کم قرار می‌گیرد. در جمع جبری ارزش پیکسل‌ها به سمت یک میل کرده و دقّت خیلی کم در تعیین توانمندی مناطق لغزشی را دارد و منطقه‌ی وسیعی را بعنوان مناطق دارای استعداد زمین لغزش معرفی می‌کند. با در نظر گرفتن اختلاف فاحش بین نتیجه‌ی استفاده از عملگرهای جمع جبری فازی با ضرب جبری فازی و به منظور دستیابی به نتیجه‌ی مناسب‌تر و جهت تعدیل حساسیت خیلی بالای عملگر فازی ضرب و حساسیت خیلی کم جمع جبری فازی، از فازی گاما با لانداهای مختلف که حد فاصل این دو عملگر می‌باشد استفاده شده است. این تحقیق نشان می‌دهد که در ارزیابی عملگرهای مختلف فازی، عملگر فازی گامای ۰/۹ مناسب ترین مدل در تعیین توانمندی خطر زمین لغزش در حوزه‌ی آبخیز سد چم گردلان ایلام بشمار می‌رود و لذا به عنوان نقشه‌ی مبنا پیشنهاد می‌گردد.



شکل۵: نمونه‌هایی از لغزش زمین به علت احداث جاده

منابع

اشقلی فراهانی عقیل (۱۳۸۰)، ارزیابی خطر ناپایداری دامنه های طبیعی در منطقه ی رودبار با استفاده از تئوری فازی، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت معلم.

احمدی حسن (۱۳۷۸)، ژئومورفولوژی کاربردی جلد۱(فرسایش آبی)، شماره ۱۹۵۴، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم.۶۸۸ص.

باقریان رضا، گودرزی مسعود، غیومیان جعفر (۱۳۸۴)، بررسی خسارات اقتصادی – اجتماعی زمین لغزش(مطالعه ی موردی: زمین لغزش های امامزاده علی هراز و باریکان طالقان)، نشریه ی علمی– پژوهشی آب و آبخیز، شماره ۲.

رفاهی حسینقلی (۱۳۸۲)، فرسایش آبی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.

سفیدگری رضا (۱۳۸۱)، ارزیابی روشهای پهنه بندی خطر زمین لغزش در مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ (مطالعه موردی: حوزه آبخیز دماوند)، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۹ ص.

سوری‌سلمان، غلامرضالشکری پور، محمدغفوری و فرهادی نژاد طاهر (۱۳۹۲)، اولویت بندی عوامل مؤثر بر زمین لغزش و تهیه نقشه خطر آن با استفاده از مدل فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (مطالعه موردی: حوضه کشوری). نشریه زمین‌شناسی مهندسی ایران، ۶ (۱ -۲): ۱-۱۲.

شریعت جعفری محسن (۱۳۷۴)، زمین لغزش (مبانی و اصول پایداری شیبهای طبیعی). انتشارات سازه.

جمالی علی اکبر، عبدالخانی علی (۱۳۸۸)، کاربرد GIS و فرایند تحلیل سلسله مراتبی در پهنه بندی خطرزمین لغزش و مقایسه ارجحیت عوامل موثر در ایجاد لغزش مطالعه موردی: حوضه آبخیز منشاد یزد، همایش ژئوماتیک ۱۳۸۸.

غیومیان جعفر، فاطمی عقداسیدمحمود، اشقلی فراهانی عقیل و تشنه لب محمد (۱۳۸۱)، پهنه بندی خطر وقوع زمین لغزش با استفاده از روش تصمیم گیری چندمشخصه ی فازی (مطالعه موردی منطقه رودبار گیلان)، پژوهش و سازندگی، ۵۷-۵۶: ۸۰-۶۷.

صفاری امیر، اخدرآرش (۱۳۹۲)، مقایسه مدل نسبت فراوانی و توابع عضویت فازی در پهنه بندی خطر زمین لغزش مطالعه - موردی: جاده ارتباطی مریوان سنندج، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره چهارم، صص ۷۹-۹۶

کرم عبدالامیر (۱۳۸۰)، مدلسازی کمی و پهنه بندی خطر زمین لغزش در زاگرس چین خورده (مطالعه موردی: حوزه آبخیز سرخون- استان چهارمحال و بختیاری)، رساله دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، ۳۵۴ ص.

کورهپزان دزفولی امین (۱۳۸۴)، اصول تئوری مجموعه های فازی و کاربردهای آن در مدلسازی مسایل مهندسی آب، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، چاپ اول، ۲۶۱ ص.

Alaiee Taleghani, M., Rahimzadeh, Z., Amini, A., 2011. Mass Zoning the Skirts Sensitivity to Instability (Slippage) at Javanrood Catchment Area by the Use of Two Variables Statistical Model of Surface Compaction. Geography and Development. No 22, 57-72. (In Pe).

Bonham-Carter, G. F. (1991). Geographic Information System for Geoscientists: Modeling with GIS, Pergamon, Ontario, PP. 291-300.Bui DT, Pradhan B, Lofman O, Revhaug I, Dick OB.2012. Spatial prediction of landslide hazards in Hoa Binh province (Vietnam): A comparative assessment of the efficacy of evidential belief functions and fuzzy logic models. CATENA.9628-40.

Champati-Ray, P.K., Dimri, S., Lakhera, R.C., and Sati, S. 2007. Fuzzy-based method for landslide hazard assessment in an active seismic zone of Himalaya Landslides, 4: 101-111.

Ercanoglu, M., and Gokceoglu, C. 2004. Use of fuzzy relations to producelandslide susceptibility map of a landslide-prone area (West Black Sea Region, Turkey), Engineering Geology, 75: 229–250.

Fallah-Ghalhary, G.A., M. Mousavi-Baygi, M. & Habibi Nokhandan, M., 2009, "Annual rainfall forecasting by using Mamdani fuzzy inference system",Res. J. Env. Sci., Vol. 3: 400-41.

Gorsevski, P.V., Jankowski, P., and Gessler, P.E. 2006. Heuristic approach for mapping landslide hazard integrating fuzzy logic with analytic hierarchy process, Control and Cybernetics, 35: 1-26.

Lee, S., Abdul Talib, J.2005. Probabilistic landslide susceptibility and factoreffect analysis, Environmental Geology,47:982-990

Lee, S. 2007. Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping, Environmental Geology, 52: 615-623.17.

22. Moradi, H. R., Pourghasemi, H. R., Mohammadi, M., Mahdavifar, M. R., 2010. Landslide Hazard Zoning using Gamma Fuzzy Operator, with a Case Study of Haraz Watershed. Environmental Sciences. Vol 7, No 4, 129-142.

Pourghasemi, H R., Moradi, H.R., and Mohammadi, M., 2008. Application of fuzzy and GIS in identify and slopes instability zonation and environmental management, ۱st Conference on Environmental Systems Planning and Management Engineering.2-1Jan. 2008at University Tehran, Iran...

Tangestani, M.H.2003. Landslide susceptibility mapping using fuzzy gamma operation in GIS, Kakan catchment area, Iran, Proceedings of the Map India 2003, Conference, copyright GIS Development.net

Wong W-D, Xie C-M, Du X-G. 2009. Landslide susceptibility mapping in Guizhou province based on fuzzy theory. Mining Science and Technology (China), 19(3):399-404

Zadeh, L.A.1965. Fuzzy sets, Information and Control,8,338-352.

Zhu A-X, Wang R, Qiao J, Qin C-Z, Chen Y, Liu J, Du F, Lin Y, Zhu T. 2014. An expert knowledge-based approach to landslide susceptibility mapping using GIS and fuzzy logic. Geomorphology, 214: 128-138.

Zhu, A.X., Wang, R.X., Qiao, J.P., Chen, Y.B., Cai, Q.G., Zhou, C.H.2004. Mapping landslide susceptibility in the three gorges area, China using GIS, expert knowledge and fuzzy logic. GIS and Remote Sensing in Hydrology, Water Resources and Environment (Proceedings of ICGRHWE held at the Three Gorges Dam, China, and September2003). IAHS Publ.289,2004,385-391.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۰۷

تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۷/۰۱/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۱۲

صفحات: ۴۰ - ۱۹

بررسی اثرات تغییر اقلیم بر امنیت غذایی ایران

سروش کیانی قلعه سرد[۱]، جواد شهرکی[۲*]، احمد اکبری[۳]، علی سردار شهرکی[۴]

چکیده

تغییرات اقلیمی تولید کشاورزی و در پی آن عوامل وابسته به کشاورزی مانند امنیت غذایی و رفاه اقتصادی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در این مطالعه با تفکیک قائل شدن میان جنبه‌های مختلف تغییرات اقلیمی اثرات چهار فرض تغییرنرمال اقلیم، تغییرپذیری اقلیم، تغییر اقلیم، تغییرپذیری و تغییر توامان اقلیم بر امنیت غذایی و رفاه اقتصادی طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۴ بررسی گردید و با استفاده از اطلاعات هزینه‌ای و تولیدی سه محصول شاخص تامین کننده امنیت غذایی در ایران (گندم، برنج و سیب‌زمینی) و با بکارگیری روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP) به این امر پرداخته شد. نتایج این تحقیق حاکی از کاهش شدید درآمد کشاورزان و مازاد رفاه اقتصادی و همچنین افزایش قیمت محصولات تحت فروض چهارگانه بوده است. به ترتیب در چهار فرض مورد بررسی بطور متوسط درآمد کل ۴۳۹۷۹/۴، ۱۲۷۲۴۱/۹، ۱۵۷۹۶۰/۱ و ۲۷۲۳۶۷/۱ میلیون تومان کاهش، میانگین قیمت محصولات مورد بررسی به ترتیب ۳۳۲/۹۵، ۳۴۳/۷، ۵۶۵/۱۸ و ۱۱۶۰/۸۶ هزار تومان افزایش و مازاد رفاه اقتصادی کل به ترتیب ۹۲۷۸۸۴/۴، ۱۵۴۲۴۱۶، ۲۰۱۶۳۸۳ و ۲۳۵۶۷۵۴ میلیون تومان کاهش یافته است. کاهش عوارض ناشی از تغییر اقلیم می‌تواند با تغییر الگوی کشت، استفاده از روش‌های نوین آبیاری و بیابان زدایی صورت بپذیرد.

واژگان کلیدی: تغییرپذیری اقلیم، تغییر اقلیم، امنیت غذایی، ایران.

[۱]- دانشجوی دکتری، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان soroushkiani23@gmail.com

[۲]- دانشیار گروه اقتصاد، دانشگاه سیستان و بلوچستان (نویسنده مسئول) j.shahraki@eco.usb.ac.ir

[۳]- استاد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان akbari@eco.usb.ac.ir

[۴]- استادیار، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان a.shahraki65@gmail.com

مقدمه

امروزه به مساله تغییرات اقلیمی به عنوان یک مساله مشترک جهانی نگریسته می‌شود. مشاهدات یکصد ساله اخیر نشان می‌دهد آب و هوای زمین تغییرات نسبتا شدیدی را تجربه کرده است. مساله‌ای که می‌توان آن را در بالا رفتن دما، افزایش گازهای گل‌خانه‌ای و کاهش متوسط بارندگی دید (لی و همکاران[۱]، ۲۰۱۸). در پنجمین گزارش مجمع بین‌المللی تغییرات آب و هوایی (IPCC[۲]) نیز پیش‌بینی شده که تغییرات آب و هوایی مانند خشکسالی، سیل، طوفان و امواج شدید گرمایی به شکل شدیدتری ادامه خواهد یافت که این تغییرات تاثیر شدیدی بر روی شرایط طبیعی و انسانی در سراسر جهان خواهد گذاشت. انتظار می‌رود این رویدادهای شدید تأثیرات نامطلوبی در دسترسی به آب و تامین آن، زیرساخت‌های اقتصادی، امنیت غذایی و رفاه اقتصادی بویژه در مورد افراد آسیب‌پذیر جهان که اغلب در مناطق روستایی زندگی می‌کنند داشته باشد (IPCC,2014). این اثرات را می‌توان به دو بخش تغییر اقلیم[۳] و تغییرپذیری اقلیم[۴] تفکیک کرد. اثرات تغییر اقلیم و تغییرپذیری اقلیم علاوه بر تاثیر مستقیم بر عوامل طبیعی، بصورت مستقیم و غیرمستقیم عوامل انسانی و اجتماعی را نیز تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. شاخص‌های آب و هوایی که در زمینه تغییرات اقلیمی در نظر گرفته می‌شوند عبارتند از: دما، بارش، رطوبت، و جهت و شدت باد (دووست و همکاران[۵]، ۲۰۱۳). شاخص‌های محیط زیستی کلاسیکی چون روزهای آفتابی و یخبندان، آهک‌های صخره‌ای دریایی و شن‌های روان بیابان نیز در سال‌های اخیر به مجموعه شاخص‌های نمایانگر تغییرات اقلیمی اضافه شده است (زالاسویچ و ویلیامز[۶]، ۲۰۱۶). ویژگی‌های اصلی تغییرات اقلیمی عبارت است از: افزایش متوسط دمای جهانی (گرم شدن کره زمین)، تغییرات در پوشش ابر و بارندگی، ذوب شدن کلاهک‌های یخی و یخچال‌های طبیعی و کاهش پوشش برف و افزایش درجه حرارت اقیانوس‌ها و اسیدیته اقیانوس‌ها به دلیل جذب گرما توسط آب دریاها و دی-اکسیدکربن از جو (مهل و همکاران[۷]، ۲۰۰۷).

سازمان جهانی هواشناسی تغییرپذیری اقلیم را به عنوان "تغییرات در وضعیت متوسط آماره‌های آب و هوایی در تمام مقیاس‌های زمانی و فضایی" تعریف کرده است. به عبارت دیگر تفاوت آماره‌های آب و هوایی در مقایسه با میانگین آن است. تغییرپذیری اقلیم می‌تواند شامل نوسانات در الگوهای بارندگی، دما و سایر متغیرهای اقلیمی باشد (ولر و ون بارون[۸]، ۲۰۱۳). در واقع تفاوت تغییراقلیم و تغییرپذیری اقلیم در این است که تغییراقلیم تغییری بلندمدت و پردامنه است و تغییرپذیری یا نوسانات اقلیمی به انحرافی از میانگین بلندمدت عناصر اقلیمی اطلاق می‌گردد.

از آنجا که تغییرپذیری اقلیم بر تامین محصولات غذایی تأثیر می گذارد، از طریق آنچه که معمولا "تغییرات قیمت مواد غذایی ناشی از آب و هوا" نامیده می شود، بر امنیت غذایی تأثیر می گذارد. با این حال تأثیر تغییرات قیمت

---

[1] Li et al.
[2] Intergovernmental Panel on Climate Change
[3] Climate change
[4] Climate variability
[5] Dowsett et al.
[6] Zalasiewicz and Williams
[7] Meehl et al.
[8] Wheeler and von Braun

مواد غذایی بر سلامت مواد غذایی منفی نیست. قیمت مواد غذایی بالاتر می‌تواند تهدیدی برای امنیت غذایی باشد چرا که بسیاری از خانوارهای مزرعه، خریداران مواد غذایی هستند (وسن و همکاران[۱]، ۲۰۱۷). تغییرپذیری اقلیم ممکن است بر قیمت‌های نهاده و ستانده تأثیر بگذارد، زیرا ممکن است بین تغییرات اقلیمی و قیمت‌های محلی رابطه مستقیم وجود داشته باشد. این تغییرات در آب و هوا مطمئنا محصول را تحت تاثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این حتی بدون تغییرات بهره‌وری، تغییرات قیمت با تغییر قدرت خرید بر امنیت غذایی خانوارها تاثیر می‌گذارد. در نتیجه، تاثیر تغییرپذیری اقلیمی نه تنها از طریق مسیرهای تولید بلکه از طریق تغییرات قیمت نسبی منتقل می‌شود.

خطر کاهش امنیت غذایی از تغییرات اقلیمی یکی از چالش‌های عمده قرن بیست و یکم است. تاثیرات تغییرات اقلیمی بر عملکرد محصول در آماره‌های مختلف قابل مشاهده است (لوبل و همکاران[۲]، ۲۰۱۱). تغییرات آب و هوایی عمدتا از طریق دو بعد بر مصرف مواد غذایی تاثیر می‌گذارد: ۱-ایمنی غذا از طریق زنجیره عرضه و ۲-تاثیر بر سلامت مواد غذایی (کامپبل[۳]، ۲۰۱۶) میزان رشد میکروبی در دمای بالا به ویژه در میوه و سبزیجات تازه افزایش می‌یابد و بیماری‌های زیادی بویژه کودکان و سالخوردگان را تهدید می‌کند (لیو و همکاران[۴]، ۲۰۱۳).

تغییرپذیری و تغییر اقلیم به دو شکل بر امنیت غذایی تاثیر می‌گذارد: تغییرات در بهره‌وری کشاورزی و تغییرات در اقتصاد جامعه (اکوسوسیال[۵]) که به کاهش قدرت خرید مردم و یا «حق الزحمه غذا» منجر می‌گردد. مشاهده می‌شود که گرمایش جهانی احتمالا طول و بهره‌وری فصل‌های رشد را در عرض‌های بالاتر افزایش می‌دهد اما شرایط رو به رشد در عرض‌های پایین را به شدت کاهش می‌دهد. به عنوان مثال، یک مطالعه حدود ۲۵٪ رشد در عملکرد سیب زمینی در اسکاتلند بین سال های ۱۹۶۰ و ۲۰۰۷ را به افزایش دمای این ناحیه نسبت داده است. با این حال، کیفیت خاک در عرض های بالا، مانند مناطق کانادایی، برای محصولات کشاورزی نامناسب است و بعید است که این تغییرات در سایر مکان‌ها به طور کامل جبران شود (بوتلر و مک فارلن[۶]، ۲۰۱۸). از سوی دیگر تغییرات اقلیمی می‌تواند به سرعت چهار ستون اصلی امنیت غذایی را تحت تاثیر خود قرار دهد: غذای سالم، غذای در دسترس، غذای قابل استفاده و غذای پایدار. تولید مواد غذایی می‌تواند تحت تاثیر این تغییرات با افزایش قیمت مواجه شده و در نتیجه غذا تبدیل به کالایی کمیاب گردد (ویلر و ون برون[۷]، ۲۰۱۳). تاثیر تغییر اقلیم بر سود کشاورزی و امنیت غذایی بستگی به مقیاس تغییر اقلیم و اثرات آن بر کشاورزی دارد (جیانگ و گرفتون[۸]، ۲۰۱۲). علاوه بر این ثبات عرضه مواد غذایی می‌تواند از طریق تغییرات در میزان بارش ناشی از تغییر اقلیم تحت تاثیر قرار گرفته و در واقع تغییر اقلیم با افزایش شیوع و شدت خشکسالی و یا سیل، دسترسی به مواد غذایی و همچنین قیمت مواد غذایی را تحت

[1] Wossen et al.
[2] Lobell et al.
[3] Campbell et al.
[4] Liu et al
[5] Ecosocial
[6] Butler and McFarlane
[7] Wheeler and von Braun
[8] Jiang and Grafton

تاثیر خود قرار دهد. به عنوان مثال در منطقه کارائیب تغییر اقلیم به این شکل منجر به افزایش چالش امنیت غذایی شده است (گوهر و گاشمن، ۲۰۱۶).

تغییرات آب و هوایی جهانی طی چند دهه اخیر در ایران به شکل محسوسی در افزایش دما و کاهش بارندگی قابل مشاهده است. باتوجه به اقلیم نیمه خشک ایران و همچنین رایج بودن کشاورزی سنتی در این کشور اثرپذیری این اقلیم و بخش کشاورزی از این تغییرات بسیار قابل توجه است.

گندم، برنج و سیب‌زمینی از محصولات عمده مورد کشت در ایران محسوب می‌گردند. در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ سطح زیرکشت گندم در ایران ۵۹۲۸۷۲۸ هکتار و میزان تولید آن ۱۴۵۹۲۰۰۳ تن بوده است. همچنین سطح زیرکشت و تولید برنج (شلتوک) به ترتیب ۵۹۶۰۳۵ هکتار و ۲۹۲۱۰۴۶ تن بوده است. سیب زمینی نیز سطح زیرکشت ۱۵۹۰۶۱ هکتار، ۴۹۹۵۳۲۷ تن تولید داشته است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۹۵). طبق آخرین آمار وزارت بهداشت نان، برنج و سیب‌زمینی کالاهای مهم امنیت غذایی در سبد مصرفی ایرانیان محسوب می‌گردند (گزارش وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی، ۱۳۹۵). بی‌گمان اثرات تغییرات مختلف اقلیمی بر این محصولات، میزان تولید، قیمت، درآمد و به تبع آن امنیت غذایی ناشی از این محصول را تحت تاثیر خود قرار می‌دهد. از این رو مطالعه پیش‌رو در پی پاسخ به این پرسش می‌باشد که میزان اثرپذیری امنیت غذایی از جنبه‌های مختلف تغییراقلیم چگونه است؟. بی‌گمان شناخت میزان اثرگذاری تغییراقلیم به تفکیک انواع آن در تولید محصولات اینچنینی که در امنیت غذایی دارای نقش مهمی هستند، جهت سیاست‌گذاری‌های کلان می‌تواند بسیار مفید و حائز اهمیت باشد.

بررسی ادبیات تحقیق نشان می‌دهد که در ارتباط با بحث تغییر اقلیم و اثر آن بر بخش کشاورزی مطالعات گوناگونی مورد توجه بوده است. هر کدام از پژوهش ها جنبه خاصی از مبحث مورد نظر را مورد بررسی قرار داده اند. به طور مثال: ابراهیمی خوسفی و همکاران (۱۳۹۲)، در بررسی نقش تغییرات اقلیم بر کشاورزی و امنیت غذایی ضمن تاکید بر این نکته که اولین تاثیرتغییر اقلیم بصورت مستقیم یا غیرمستقیم موجب کمبود آب شده و این امر کاهش تولیدات کشاورزی و در نتیجه به مخاطره افتادن امنیت غذایی درسطح جهان را در پی خواهد داشت، تغییرات اقلیم را موثر بر دوره رشد آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز دانسته که این امر نیز به کاهش تولید محصولات کشاورزی و در نتیجه کاهش امنیت غذایی منجر خواهد گردید.

مومنی و زیبایی (۱۳۹۲) در بررسی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر کشاورزی استان فارس با استفاده از مدل رگرسیونی نشان دادند که درجه‌حرارت و بارندگی اثری معنی‌دار و غیر یکنواخت بر عملکرد محصولات بر جای می‌گذارد و همچنین نتایج تطبیقی مطالعه آنان نشان داد که اثرات رفاهی تغییر اقلیم در بیشتر موارد مثبت بوده و اثرات آن بر تولیدکنندگان خیلی معنی دارتر از مصرف‌کنندگان بوده است. و اگر کاهش بارندگی با عدم تغییر درجه‌حرارت همراه باشد رفاه جامعه تا ۱/۵درصد کاهش پیدا می‌کند، اما رفاه در گرم‌ترین و مرطوب‌ترین سناریو تا ۱۳درصد افزایش پیدا می‌کند.

امیرنژاد و اسدپور (۱۳۹۶) در بررسی آثار تغییر اقلیم بر تولید گندم ایران با استفاده از الگوی خودرگرسیونی با وقفه-های توزیعی نشان دادند که هم در کوتاه مدت و هم در بلندمدت متغیرهای اقلیمی به همراه سطح زیرکشت رابطه‌ای مثبت و معنادار با تولید گندم داشته و متغیرهای بذر و سرمایه ثابت در ماشین آلات معنی دار نشده‌اند.

اداوی و تدین (۱۳۹۶) در پژوهشی به بررسی تاثیر تغییر اقلیم برتولید سیب زمینی در منطقه فریدون شهر اصفهان پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد غده سیب زمینی تحت تاثیر تغییر اقلیم در آینده کاهش خواهد یافت که این کاهش در سناریوی a2 بیشتر از دو سناریوی دیگر بوده است.

احمد و همکاران[1] (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای با عنوان تغییر اقلیم و آسیب پذیری فقر در تانزانیا اذعان داشتند که تغییر اقلیم می تواند با توجه به پیامدهای مهمی که برای بهره وری کشاورزی دارد صدمات زیادی به هر اقتصادی وارد کند. در تانزانیا، که در آن تولید مواد غذایی و قیمت حساس به آب و هوا است تغییرات اقلیم می‌تواند پیامدهای شدید برای فقر داشته باشد.آن‌ها در این مطالعه با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی اقلیم، مدل آماری و شبیه‌سازی اقتصاد تعادل عمومی به بررسی آسیب‌پذیری مردم تانزانیا از فقر ناشی از تغییر اقلیم پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که تغییرات و بی‌ثباتی اقلیم در گسترش فقر در تانزانیا بسیار موثر بوده است.

ویلیر و ون‌برون[2] (۲۰۱۳)، در مطالعه‌ای با عنوان تأثیرات تغییر اقلیم بر امنیت غذایی جهانی به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر امنیت غذایی پرداختند. مطابق این تحقیق باتوجه به شرایط تغییر اقلیمی و جهت کاهش آسیب‌های آن نیاز به طراحی یک «سیستم غذای هوشمند اقلیمی» بیش از همیشه احساس می‌گردد.

گوهر و کاشمن[3] (۲۰۱۶) در بررسی اثرات تغییرات اقلیمی با استفاده از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به این نتیجه دست یافتند که تغییرات اقلیمی و قرار گرفتن در معرض این تغییرات در منابع آب آینده و امنیت غذایی تاثیر منفی دارد. و منجر به افزایش قیمت مواد غذایی خواهد شد. با این حال، برخی از شرایط آب و هوایی را فرصتی برای برخی از تولید کنندگان مواد غذایی دانستند که به برنامه‌های فناورانه پاسخ مثبت دهند تا نتایج و عوارض این شرایط را بهبود بخشند. محققان در پایان راه غلبه بر شرایط تغییر اقلیمی را پیاده سازی و اجرای سیاست‌های اقتصادی و کارآمد مبتنی بر پایداری می‌دانند که این تغییرات بالقوه اقلیمی را در خود لحاظ کرده‌اند.

گویلمر و همکاران[4] (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای با عنوان امنیت غذایی و تغییرات اقلیمی به بررسی تولید ذرت در مکزیک پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات آب و هوایی می‌تواند نه تنها تولیدات کشاورزی بلکه همچنین توزیع فضایی استفاده از زمین را تغییر دهد. همبستگی خطی ($r = 0.45$) بین میانگین بارندگی سالانه و تولید ذرت در فصل بهار در دوره ۱۹۸۰-۲۰۱۲ وجود دارد. این همبستگی در طول سالهای ۲۰۰۵- ۲۰۱۲ قوی‌تر بوده است ($r = 0.91$).

[1] Ahmed et al.
[2] Wheeler and von Braun
[3] Gohar and Cashman
[4] Guillermo et al.

همانگونه که در این مطالعات مشاهده می‌شود تفکیکی میان اثر تغییر اقلیم و تغییرپذیری اقلیم وجود ندارد و تنها آثار تغییر اقلیم بر امنیت غذایی و رفاه اقتصادی سنجیده شده است این در حالی است که این دو با یکدیگر متفاوت بوده و اثرات متفاوتی خواهند داشت. به علاوه در این مطالعه تلاش شده است علاوه بر سنجش مجزای هر یک از این دو تغییر بر رفاه اقتصادی و امنیت غذایی، اثر تغییرات نرمال اقلیم و همچنین اثرات تغییر اقلیم و تغییرپذیری اقلیم به صورت همزمان و توامان نیز سنجیده شود. از سوی دیگر در مطالعات فوق از روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت استفاده نگردیده است که در این مطالعه از این روش جهت ارزیابی اثرات استفاده گردیده است.

داده‌ها و روش‌ها

در این تحقیق از تکنیک برنامه ریزی ریاضی مثبت برای مدلسازی استفاده گردید. که در ادامه مختصراً تشریح میگردد:

برنامه‌ریزی ریاضی مثبت

روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت (PMP[1]) که برای نخستین بار توسط هاویت مطرح گردید به عنوان رایج‌ترین روش کاربردی برای کالیبراسیون یک مدل برنامه‌ریزی ریاضی طی سه مرحله انجام می‌گردد:

۱.تصریح مدل برنامه‌ریزی خطی با در نظر گرفتن محدودیت‌های کالیبراسیون

۲.کاربرد مقادیر دوگان مدل مرحله اول جهت تعیین پارامترهای تابع هدف غیرخطی.

۳.کاربرد تابع هدف کالیبره شده در قالب یک مدل برنامه ریزی غیرخطی به منظور تحلیل سیاست‌ها.

در مرحله اول محدودیت‌های کالیبراسیون به مجموعه محدودیت‌های منابع یک مدل برنامه ریزی خطی اضافه می‌شوند. این محدودیت‌ها سطح فعالیت‌ها را به سطوح مشاهده شده دوره پایه مقید می‌کنند. با فرض حداکثرسازی بازده برنامه‌ای، مدل اولیه به صورت زیر تصریح می‌گردد:

$$Maximize\ Z = p'x - c'x \quad (۱)$$

$$Subject\ to: \quad AX \le b\ [\lambda] \quad (۲)$$

$$x \le x_0 + \varepsilon \qquad [\rho] \quad (۳)$$

$$x \ge 0 \quad (۴)$$

که در آن:

[1] Positive Mathematical Programming

Z= ارزش تابع هدف، P= بردار (n×1) قیمت‌های محصول، X= بردار (n×1) غیرمنفی از سطوح فعالیت‌های تولیدی، C= بردار (n×1) از هزینه هر واحد فعالیت،A= ماتریس (m×n) ضرایب فنی در محدودیت‌های منابع، b= بردار (m×1) مقادیر منابع در دسترس، X0= بردار (n×1) غیرمنفی از سطوح مشاهده شده فعالیت‌های تولیدی، ε= بردار (n×1) از اعداد مثبت کوچک برای جلوگیری از وابستگی خطی بین محدودیت‌های ساختاری و محدودیت‌های کالیبراسیون.

λ= بردار (m×1) از متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های منابع ρ= بردار (n×1) از متغیرهای دوگان مربوط به محدودیت‌های کالیبراسیون

تفاوت مدل فوق با مدل برنامه‌ریزی خطی این است که در این مدل محدودیت‌های کالیبراسیون به مدل اضافه شده-اند (بخشی و همکاران، ۱۳۹۰).

با حل مدل فوق، مقادیر دوگان مربوط به محدودیت‌های مذکور که بیانگر قیمت سایه‌ای محصولات تولید شده می باشند، محاسبه می‌شوند. هاویت، پاریس و هاویت، و هکلی بردار مقادیر دوگان ρمرتبط با محدودیت های کالیبراسیون را به عنوان نماینده‌ای از هر نوع خطای تصریح مدل، خطای داده ها، خطای همجمعی سازی، رفتار ریسکی و انتظارات قیمتی تفسیر کرده‌اند. در کالیبراسیون یک تابع عملکرد غیرخطی کاهشی، بردار دوگان ρ بیانگر ارزش تولید نهایی و متوسط می‌باشد.علاوه بر آن در کالیبراسیون یک تابع هزینه غیر خطی صعودی، بردار دوگان ρ به عنوان بردار هزینه نهایی تفاضلی تفسیر شده که همراه با بردار (c) هزینه نهایی و واقعی تولید فعالیت مشاهده شده X0 را معلوم می‌کند. در مرحله دوم، مقادیر دوگان به دست آمده از مرحله اول برای تخمین پارامترهای تابع هدف غیر خطی مورد استفاده قرار می گیرند. به عبارت دیگر در این مرحله مقادیر دوگان برای کالیبره کردن پارامترهای تابع هدف غیرخطی بکار می روند. در این حالت سطوح فعالیت مشاهده شده در دوره پایه توسط مدل غیرخطی مذکور و بدون محدودیت‌های کالیبراسیون بازتولید می‌شود.

در مرحله سوم روش برنامه‌ریزی ریاضی مثبت تابع هزینه غیر خطی برآورد شده در مرحله قبل در تابع هدف مسأله مورد بررسی قرار داده شده و در یک مساله برنامه‌ریزی غیرخطی شبیه به مسأله اولیه به استثناء محدودیت‌های کالیبراسیون ولی همراه با سایر محدودیت‌های سیستمی مورد استفاده قرار می گیرد (بخشی و همکاران، ۱۳۹۰):

$$Maximize\ Z = p'x - \hat{d}'x - x'\hat{Q}x/2 \quad (۵)$$

$$Subject\ to: \quad AX \le b \qquad [\gamma] \quad (۶)$$

$$x \ge 0 \quad (۷)$$

در اینجا بردار $\hat{d}'$ و ماتریس $\hat{Q}$ پارامترهای کالیبره شده تابع هدف غیرخطی را نشان می‌دهند. اکنون مدل غیرخطی کالیبره شده فوق به طور صحیح سطوح فعالیت های مشاهده شده در وضعیت پایه و مقادیر دوگان محدودیت های منابع را باز تولید می کند و جهت شبیه سازی تغییرات در پارامترهای مورد نظر آماده می باشد. مدل مرحله سوم در مقایسه با مدل مرحله اول فاقد محدودیت های کالیبراسیون بوده و تابع هدف آن نیز غیرخطی می باشد. روش

کالیبراسیون ذکرشده در مطالعات متعددی در سطح مزرعه، ناحیه و بخش و کشور در کشورهای توسعه یافته همانند آلمان، فنلاند و ایتالیا و همچنین کشورهای در حال توسعه همچون مصر، ترکیه و مراکش بکار گرفته شده است.

چارچوبی که در این زمینه بسط داده خواهد شد تمایز قائل شدن میان تغییرپذیری اقلیم و تغییر اقلیم و بررسی همزمان این دو می‌باشد و بررسی اثرات آن بر امنیت غذایی و رفاه اقتصادی بصورت جداگانه است. تغییرپذیری اقلیم اشاره به نوسانات سالانه در حد بالا و پایین به معنای پارامترهای آب و هوایی مانند بارش در یک منطقه خاص است. در مقابل تغییر اقلیم به عنوان یک تغییر طولانی مدت تعریف شده است که منجر به ایجاد تغییرات طبیعی عمده می‌گردد (کاتز و براون[1]، ۱۹۹۲). در این پژوهش تاثیرات هر دو عامل تغییر اقلیم و تغییرپذیری اقلیم مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

چارچوب پویای غیرخطی بهینه‌سازی شده در این زمینه به حداکثر رساندن رفاه اقتصادی کل از فعالیت‌های کشاورزی تحت شرایط تغییرپذیری اقلیم، تغییر اقلیم و این دو با یکدیگر است. در این زمینه چهار فرض در نظر گرفته شده است: فرض تغییر نرمال اقلیم، فرض تغییرپذیری اقلیم، فرض تغییر اقلیم و فرض تغییرپذیری و تغییر اقلیم بصورت همزمان. در این راستا این فروض برای محصول سیب زمینی ایران طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۴ بررسی شده است. مزیت اصلی این چارچوب تجزیه و تحلیل این است که به بررسی تاثیر بالقوه فرضیه‌های اقلیم بر امنیت غذایی و رفاه اقتصادی در یک ساختار واحد می‌پردازد. این هدف در مطالعه حاضر، با استفاده از نرم افزار GAMS دنبال گردید. همچنین در بخش هزینه‌ها و تولید محصول جهت محاسبه نیاز آبی از نرم افزار CROPWAT استفاده گردید.

مفروضات اقلیم

مفروضات اقلیم در این تحقیق باتوجه به تغییرپذیری و تغییر اقلیم در متوسط بارش سالانه بدست خواهد آمد. از این رو داده‌های بارش ماهانه برای مدت ۱۶ سال طی سال‌های ۱۳۷۹-۱۳۹۴ جمع‌آوری شده و میانگین سالانه محاسبه گردید. با استفاده از تکنیک توزیع نرمال چهار فرضیه مختلف اقلیمی در نظر گرفته شد. متوسط بارش در هر واحد زمین (هکتار) از طریق معادله زیر برآورد خواهد شد:

$$Pr_{lksct} = N{\sim}(\bar{P}_{ct}, s_c) \qquad (۸)$$

که بطور متوسط در Pr_{lksct} ، L بارش برای هر نوع زمین، k تکنولوژی آبیاری، c فروض اقلیم، s روند یارانه‌ها و دوره زمانی t یک تابع از میانگین بارش سالانه ($\bar{P}_{ct}$) تحت شرایط تغییرپذیری و تغییر اقلیم است. در واقع ($\bar{P}_{ct}$) برمی-

[1] Katz and Brown

گردد به متوسط بارش در هر هزارمترمکعب (CM) در هکتار و s_c به واریانس در بارش سالانه تحت فرضیات اقلیم اشاره دارد.

فرض اول: تغییر نرمال اقلیم است. که در آن هیچ تغییر یا تغییرپذیری در اقلیم در نظر گرفته نمی‌شود. و تنها میانگین بارش بطور معمول حدود یک میانگین با واریانس ۰/۰۵ توزیع می‌شود. این فرض با سه فرض دیگر در مورد شرایط آب و هوایی مقایسه می‌شود.

فرض دوم: فرضیه تغییرپذیری اقلیم است که در آن تا ۳۰ درصد نسبت به میانگین بارندگی واریانس وجود دارد.

فرض سوم: فرضیه تغییر اقلیم است، که در آن میانگین بارش نرمال ($\bar{P}_{ct}$) ممکن است تا ۵۰ درصد کاهش یابد. اما تغییرات شدیدی در میانگین کلی بارندگی وجود ندارد.

فرض چهارم: دو فرض دوم و سوم را توامان با خود دارد. به نحوی که کاهش متوسط بارندگی تا ۵۰ درصد و واریانس با میانگین تا ۳۰ درصد وجود .

کل حجم آب موجود از بارندگی عبارت است از مساحت کل منطقه به هکتار ضرب در مقدار بارندگی در آن منطقه در هر کدام از فروض آب و هوایی

$$RHS_{cst} = \sum_{l}\sum_{K} hectare_{lkcst} \times Pr_{lkcst} \qquad (۹)$$

عملکرد محصول و تولید

در شرایط سیل و یا بارندگی‌های شدید گیاهان از بین می‌روند و عملکرد محصولات به صفر می‌رشد. در چارچوب این تحقیق تابع عملکرد ($Yield_{akcst}$) به عنوان یک تابع درجه دوم از بارندگی (ET_{akcst}) است. عرض از مبدا و شیب $\alpha 1_{ak}$ و $\alpha 2_{ak}$ پارامترهای مشابه مورد استفاده جهت استخراج پارامترهای تبخیر و تعرق در معادله (۲) است. علاوه بر این تولیدکل (TP_{akcst}) از هر محصول برای هر تکنولوژی آبیاری از این طریق محاسبه می‌گردد:

$$Yield_{akcst} = \alpha 1_{ak} \times ET_{akcst} + \alpha 2_{ak} \times (ET_{akcst})^2 \qquad (۱۰)$$

$$TP_{akcst} = hectare_{akcst} \times Yield_{akcst} \qquad (۱۱)$$

اقتصادی

در چارچوب بهینه‌سازی، به بررسی تاثیر شرایط مختلف آب و هوایی بر رفاه اقتصادی حاصل از تولید محصولات کشاورزی پرداخته می‌شود. هر محصول با هزینه‌های تولید مختلف همراه است. فرض بر این است که کشاورزان بدنبال حداکثرسازی درآمد خالص خود با استفاده از منابع مختلف هستندو در این صورت پیامدهای اقتصادی تحت تاثیر این تغییرات اقلیم رخ می‌دهد. یک کشاورز می‌تواند یک کاهش در درآمد را از کاهش در عملکرد خود تجربه کند. برای مصرف‌کنندگان مواد غذایی، افزایش تدریجی در قیمت محصولات اثر منفی در مصرف آن‌ها و کاهش مازاد

مصرف را در پی خواهد داشت. برای جبران این امر کشاورز می‌تواند اشکال بهتر و کارآمدتری از آبیاری را در به حداکثر رساندن آب در دسترس (مانند آبیاری قطره‌ای) استفاده کند. با این حال هزینه‌های این امر باید در نظر گرفته شود.

هزینه‌های تولید

تولید محصولات کشاورزی با انواع مختلف هزینه‌ها همراه است. در این پژوهش هزینه متوسط کل در هر هکتار (ATC_{akcst}) از زمین‌های کشت شده به سه نوع هزینه دسته‌بندی شده و همانطور که در معادله (۱۲) نشان داده شده:

$$ATC_{akcst} = NWC_{akcst} + CC_{akcst} + PC_{akcst} \quad (۱۲)$$

NWC_{akcst} هزینه‌های غیرآبی، CC_{akcst} هزینه‌های سرمایه‌گذاری سیستم آبیاری و PC_{akcst} مربوط به هزینه‌های انرژی پمپاژ است. هزینه‌های غیر آب تولید شامل اجاره زمین، آماده‌سازی زمین، کشت، کنترل علف‌های هرز، آفات و کنترل بیماری، برداشت، حمل و نقل و آبیاری است. هزینه‌های سرمایه سیستم آبیاری اشاره به هزینه‌های خرید، نصب و نگهداری سیستم‌های آبیاری قطره‌ای دارد. هزینه‌های انرژی پمپاژ در ارتباط با پمپاژ می‌باشد. هزینه‌های غیرآبی در هر واحد از زمین به ازای افزایش تولید محصولات افزایش خواهد یافت. بنابراین تابع هزینه غیرآبی را می‌توان بصورت افزایش تدریجی در هزینه نهایی زمین اضافه شده در تولید بیان کرد:

$$NWC_{akcst} = C0_{ak} + C1_{ak} \times hectar_{akcst} \quad (۱۳)$$

که در آن ($C0_{ak}$) هزینه‌های ثابت غیر آب اولین واحد زمین جهت تولید و ($C1_{ak}$) نشان‌دهنده اثرنهایی زمین اضافی در متوسط تابع هزینه است.

میانگین هزینه نصب سیستم‌های آبیاری قطره‌ای (CC_{ads})، همان روند است در حالی که هزینه متوسط سالانه نصب یک سیستم آبیاری قطره‌ای بستگی به هزینه خرید (CCS)، نرخ بهره (r)، طول عمر (SL) و میزان یارانه پرداختی توسط دولت[1] است. نرخ بهره در نظر گرفته شده ۱۰ درصد، طول عمر آبیاری قطره‌ای ۱۰ سال و دولت نیز ۵۰ درصد هزینه‌های بکارگیری این سیستم را پرداخت می‌نماید.

$$CC_{ads} = \left\{ \frac{CCS \times r}{1 - \left[\frac{1}{(1+r)^{SL}} \right]} \right\} \times (1 - Subsidy_s) \quad (۱۴)$$

آبیاری قطره‌ای با افزایش هزینه‌ها مرتبط است. هزینه سرمایه برای نصب، هزینه انرژی پمپاژ و تعرفه آب شارژ شده که بصورت مترمکعب پمپ می‌شود. افزایش عمق پمپاژ هزینه‌های انرژی پمپاژ یک مترمکعب آب را بالا می‌برد. با

[1] Subsidy

فرض راندمان ثابت پمپاژ، معادله (۱۵) هزینه پمپاژ در هر هکتار و هر زمان (PC_{akcst}) برای محصولات تحت آبیاری را نشان می‌دهد. تاثیر فرض تغییرات اقلیم در هزینه پمپاژ، از ضرب هزینه متغیر پمپاژ (Kp_{akcst}) در تغییر عمق پمپاژ ($P.depth_{cst}$) بدست می‌آید.

$$PC_{akcst} = Kp_{akcst} \times P.depth_{cst} \quad (۱۵)$$

درآمد کشاورزان

درآمدخالص در هر هکتار برابر است با عملکرد محصول ($Yield_{akcst}$) ضرب در قیمت محصول (P_{acst}) منهای هزینه‌های متوسط تولید (ATC_{akcst}) و هزینه‌های آب استفاده شده (WC_{adcst}). در واقع مجموع درآمد خالص (TNB_{akcst}) برای هر محصول برابر با درآمد خالص در هر هکتار ضرب در کل سطح زیر کشت محصول است. تولید بیشتر محصولات مهم کشاورزی باید قیمت‌های بازار کاهش دهد و از این رو درآمد کشاورز می‌تواند کاهش یابد زیرا محصولات کشاورزی دارای کشش پایین هستند. تغییر در قیمت محصولات به نیروهای بازار عرضه و تقاضا مرتبط است. برای فروض مختلف قیمت محصولات بصورت نامعین در نظر گرفته شده که توسط مدل حل شده است.

$$TNB_{akcst} = (P_{acst} \times Yield_{akcst} - ATC_{akcst}) \times hectare_{akcst} - WC_{adcst} \quad (۱۶)$$

ارزش فعلی ($PTNP_{cs}$) در نرخ تنزیل (r) از کل منافع خالص عبارت است از:

$$PTNP_{cs} = \sum_{a}\sum_{k}\sum_{t}\frac{TNB_{akcst}}{(1+r)^t} \quad (۱۷)$$

مازاد مصرف کننده و امنیت غذایی

مازاد مصرف کننده بخش مهمی از عواقب ناشی از سیاست‌های غذایی بر رفاه اقتصادی است. بویژه هنگامی که این سیاست‌ها تاثیر مستقیم بر قیمت مواد غذایی دارند. در واقع مازاد مصرف‌کننده می‌تواند برای برآورد سود یا زیان اقتصادی بر روی مزایای مصرفی ناشی از تغییر قیمت در یک دوره زمانی خاص استفاده شود (فریرا و همکاران[1]، ۲۰۱۳). مازاد مصرف کننده را می‌توان در بررسی مشکلات مرتبط با در دسترس بودن منابع طبیعی مانند آب نیز استفاده نمود (بنژاف[2]، ۲۰۱۰). اندازه‌گیری تغییرات رفاه مصرف‌کننده مربوط به سیاست‌های آبیاری و یا فرض خشکسالی نیاز به اطلاعات در مورد کشش قیمتی محصول و سطح تولید دارد. برای هر محصول رابطه استاندارد بین منحنی تقاضا و کشش قیمتی تقاضا برای محاسبه مازاد مصرف کننده نیاز است. تابع معکوس تقاضا می‌تواند این گونه بیان گردد:

[1] Ferreira et al
[2] Banzhaf

$$P_{acst} = \theta 0_a + \theta 1_a \times \sum_k TP_{akcst} \quad (۱۸)$$

مازاد مصرف کننده از طریق معادله (۱۹) محاسبه می‌گردد. قیمت واقعی با کاهش در دسترس بودن آب برای آبیاری که تحت فرضیات تغییرپذیری و تغییر اقلیم رخ می‌دهد افزایش خواهد یافت.

$$CS_{cs} = \sum_a \sum_t \frac{0.5 \times [(\theta 0_a - P_{acst}) \times \sum_k TP_{akcst}]}{(1+r)^t} \quad (۱۹)$$

داده‌های تحقیق

بسط و بررسی این تحقیق نیازمند مجموعه متفاوتی از داده‌ها و اطلاعات می‌باشد از منابع مختلف است. که این امر نیازمند صرف زمان زیادی جهت یافتن منابع، تهیه و یکپارچه‌سازی داده‌ها بوده است. چارچوب داده‌های اقلیمی می-تواند بصورت روزانه، هفتگی، ماهانه و یا سالانه و در مقیاس‌های مختلف مکانی مانند شهر، استان و یا کشور در نظر گرفته شود. در این مطالعه داده‌ها بصورت سالانه از سال ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۴ و در گسترده کشوری بررسی گردید. داده-های مربوط به بخش کشاورزی شامل آب مصرفی محصول، عملکرد محصول، هزینه‌های تولید، قیمت عمده فروشی، هزینه استحصال آب و سایر داده‌های زراعی مانند نیاز آبی محصول می‌باشد. که در این تحقیق از داده‌های آماری محصولات گندم، برنج و سیب‌زمینی به عنوان مهم‌ترین کالاهای موثر در تامین امنیت غذایی استفاده گردید که این داده‌ها از وزارت جهاد کشاورزی اخذ گردید. داده‌های اقلیمی مورد استفاده در این تحقیق نیز عبارتند از: میانگین بارندگی، متوسط حداکثر دما، متوسط حداقل دما، تعداد ساعات آفتابی، درصد رطوبت و سرعت وزش باد. که این اطلاعات نیز از سازمان آب و هواشناسی کشور دریافت گردید.

نتایج و بحث

پس از برآورد مدل‌های تحقیق و محاسبات صورت گرفته نتایج تحقیق به تفکیک سه بخش درآمد، قیمت و مازاد رفاه مصرف کننده ارائه می‌گردد.

کاهش در درآمد خالص

در جدول ذیل کاهش در درآمد تحت فرضیات چهارگانه طی ۱۶ سال آمده است.

جدول ۱: کاهش در درآمد کل کشاورزان (میلیون تومان)

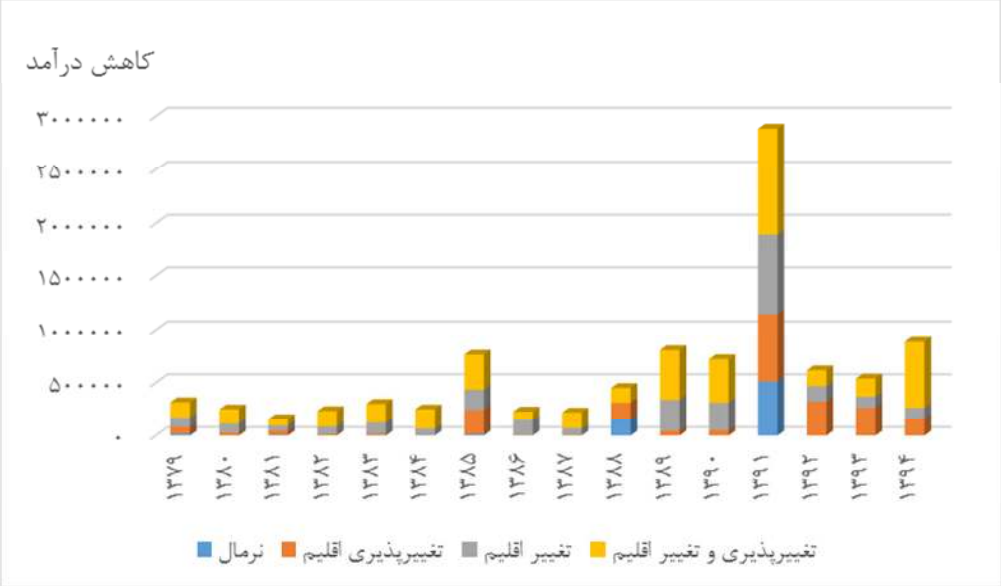
سال	کاهش درآمد کل کشاورزان			
	فرض۱ (اقلیم نرمال)	فرض۲ (تغییرپذیری اقلیم)	فرض۳ (تغییر اقلیم)	فرض۴ (تغییر اقلیم و تغییرپذیری اقلیم بصورت توامان)
۱۳۷۹	۱۴۸۶۴/۲	۶۳۹۷۹	۹۵۲۶۹/۲	۱۴۴۱۹۷
۱۳۸۰	۱۵/۲۸	۲۴۹۷۷/۴	۸۷۰۷۵/۷	۱۳۹۷۰۷/۷
۱۳۸۱	۶۹۷۹/۷	۳۷۹۴۴/۸	۴۹۶۳۱/۷	۶۶۶۹۲/۳
۱۳۸۲	۱۹۲۲/۰۲	۱۱۷۲۶/۶۷	۷۲۳۲۳/۳	۱۵۰۱۸۰/۹
۱۳۸۳	۲۲۴۳/۴	۱۳۸۶۲/۱	۱۰۴۹۳۸/۷	۱۸۲۵۶۱/۳
۱۳۸۴	۳۰۱/۰۶	۱۹۰۳/۴	۶۱۶۳۰/۵	۱۸۸۰۰۰/۷
۱۳۸۵	۱۲۲۹۵/۷	۲۳۴۵۸۹/۹	۱۸۷۷۱۱/۳	۳۲۴۴۸۵/۱
۱۳۸۶	۲۷۱/۱۲	۴۷۴۳/۶۳	۱۳۹۰۸۳/۶	۸۷۳۲۷/۱
۱۳۸۷	۶۳۷/۴	۳۹۵۳/۳۵	۶۳۱۴۰/۹	۱۵۵۷۵۷/۷
۱۳۸۸	۱۵۱۸۲۴	۱۶۱۹۴۰/۷	۳۱۵/۷۴	۱۳۷۳۵۱
۱۳۸۹	۲۵/۳۵	۴۴۶۰۶/۷	۲۹۵۴۴۳/۶	۴۶۱۳۱۵/۱
۱۳۹۰	۵۲/۴۶	۴۶۳۹۸	۲۶۸۵۰۱/۶	۴۰۲۴۴۶/۱
۱۳۹۱	۵۱۱۴۵۳/۵	۶۳۳۴۵۶	۷۵۲۳۲۱/۹	۹۸۷۸۰۹
۱۳۹۲	۲۵۷/۵	۳۲۳۴۴۲	۱۴۴۰۴۳/۳	۱۴۸۰۴۳
۱۳۹۳	۱۹۶/۲۶	۲۶۴۸۷۸	۱۰۵۰۱۸/۶	۱۶۷۵۵۵
۱۳۹۴	۳۳۱/۷	۱۶۳۴۶۹/۲	۱۰۰۹۱۲/۶	۶۱۴۵۳۵/۵
میانگین	**۴۳۹۷۹/۴**	**۱۲۷۲۴۱/۹**	**۱۵۷۹۶۰/۱**	**۲۷۲۳۶۷/۱**

منبع: یافته‌های تحقیق

همانگونه که در جدول فوق مشاهده می‌گردد فرض ۴، فرض ۳، فرض ۲ و فرض ۱ به ترتیب بیشترین اثر را بر کاهش درآمد کشاورزان داشته‌اند. طبق فرض اقلیم نرمال در سال‌های ۱۳۹۱، ۱۳۸۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۱ بیشترین کاهش در درآمد بخاطر تغییرات نرمال اقلیم ایجاد شده است. و طبق همین فرض سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳ و ۱۳۹۲ کمترین اثر را بر کاهش درآمد داشته‌اند. بطور متوسط تحت فرض تغییرات نرمال اقلیم طی ۱۶ سال درآمد کشاورزان ۴۳۹۷۹/۴ میلیون تومان کاهش داشته است.

بر اساس فرض تغییرپذیری اقلیم در سال‌های ۱۳۹۱، ۱۳۹۲، ۱۳۹۳، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۴ بیشترین کاهش در درآمد اتفاق افتاده است. همچنین بر اساس این فرض سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۸۷، ۱۳۸۶، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ کمترین اثر بر کاهش درآمد را ایجاد کرده‌اند. بر اساس این فرض میانگین کاهش درآمد ۱۶ ساله کشاورزان مبلغ ۱۲۷۲۴۱/۹ میلیون تومان بوده است. تحت فرض تغییر اقلیم که بطور توسط طی ۱۶ سال ۱۵۷۹۶۰/۱ میلیون تومان کاهش درآمد برای کشاورزان ایجاد کرده است، سال‌های ۱۳۹۱، ۱۳۸۹، ۱۳۹۰، ۱۳۸۵ و ۱۳۹۲ به ترتیب بیشترین کاهش در درآمد را ایجاد کرده‌اند و سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۸۱، ۱۳۸۴، ۱۳۸۷ و ۱۳۸۲ به ترتیب کمترین کاهش در درآمد را داشته‌اند.

در فرض وقوع همزمان تغییرپذیری و تغییر اقلیم سال‌های ۱۳۹۱، ۱۳۹۴، ۱۳۸۹، ۱۳۹۰ و ۱۳۸۵ به ترتیب بیشترین کاهش و سال‌های ۱۳۸۱، ۱۳۸۶، ۱۳۸۸، ۱۳۸۰ و ۱۳۷۹ به ترتیب کمترین کاهش در درآمد کشاورزان را ایجاد کرده‌اند. همچنین بطور متوسط طی ۱۶ سال مورد بررسی این فرض ۲۷۲۳۶۷/۱ میلیون تومان کاهش در درآمد ایجاد کرده است. در ادامه روند کاهش درآمد تحت چهار فرض مورد بررسی به شرح نمودار ذیل ارائه می‌گردد.



شکل ۱: کاهش در درآمد کل کشاورزان

منبع: یافته‌های تحقیق

افزایش در قیمت

در جدول ذیل افزایش در قیمت تحت فرضیات چهارگانه طی ۱۶ سال ارائه شده است.

جدول ۲: افزایش در قیمت هر تن محصول (هزار تومان)

سال	افزایش در قیمت هر تن محصولات			
	فرض۱ (اقلیم نرمال)	فرض۲ (تغییرپذیری اقلیم)	فرض۳ (تغییر اقلیم)	فرض۴ (تغییر اقلیم و تغییرپذیری اقلیم بصورت توامان)
۱۳۷۹	۱۵۰/۲۸	۶۷/۷۱	۷۸/۶۲	۹۹/۲۲
۱۳۸۰	۱۸۲/۱۹	۱۱۶/۱۸	۱۸۰/۳۳	۱۰۳۸/۸۳
۱۳۸۱	۲۰۶/۶۶	۳۸۷/۱۴	۱۸۹/۶	۱۰۵۴/۴۹
۱۳۸۲	۱۹۹/۵۵	۱۲۱/۶۵	۱۴۸/۱	۲۰۶/۵
۱۳۸۳	۱۹۲/۷۵	۱۴۴/۲۲	۲۲۶/۳۶	۴۴۰/۹
۱۳۸۴	۲۷۹/۸	۲۲۴/۹	۱۱۲۵/۸۲	۴۳۸/۶۱
۱۳۸۵	۸۵/۴	۴۱/۷۲	۳۰۰/۱۷	۶۱۱/۶۳
۱۳۸۶	۲۰۶/۶۴	۱۶۸/۸۱	۱۸۲/۵۷	۳۲۵/۹۶
۱۳۸۷	۱۹۷/۷۲	۲۰۶/۴۷	۶۰۹/۰۶	۳۱۰/۹
۱۳۸۸	۲۴۷/۳۵	۱۸۸/۰۷	۳۳۶/۶	۵۲۶/۵۶
۱۳۸۹	۳۱۷/۳۴	۲۵۴/۲۸	۳۸۴/۲	۵۱۶/۱۵
۱۳۹۰	۳۰۸/۶۱	۲۳۸/۱۴	۶۵۶/۶۴	۲۳۳۷/۷
۱۳۹۱	۵۵۶/۱۶	۶۶۲/۳	۱۱۰۴/۹	۳۲۰۷/۳۶
۱۳۹۲	۶۵۱/۹	۷۲۷	۷۰۰/۸	۵۱۷/۱۶
۱۳۹۳	۸۱۰/۸۱	۱۰۶۴/۲۸	۱۴۶۹/۷۸	۲۰۶۰/۱۴
۱۳۹۴	۷۳۴/۰۵	۸۸۶/۳۱	۱۳۴۹/۳۴	۴۸۸۱/۶۷
میانگین	**۳۳۲/۹۵**	**۳۴۳/۷**	**۵۶۵/۱۸**	**۱۱۶۰/۸۶**

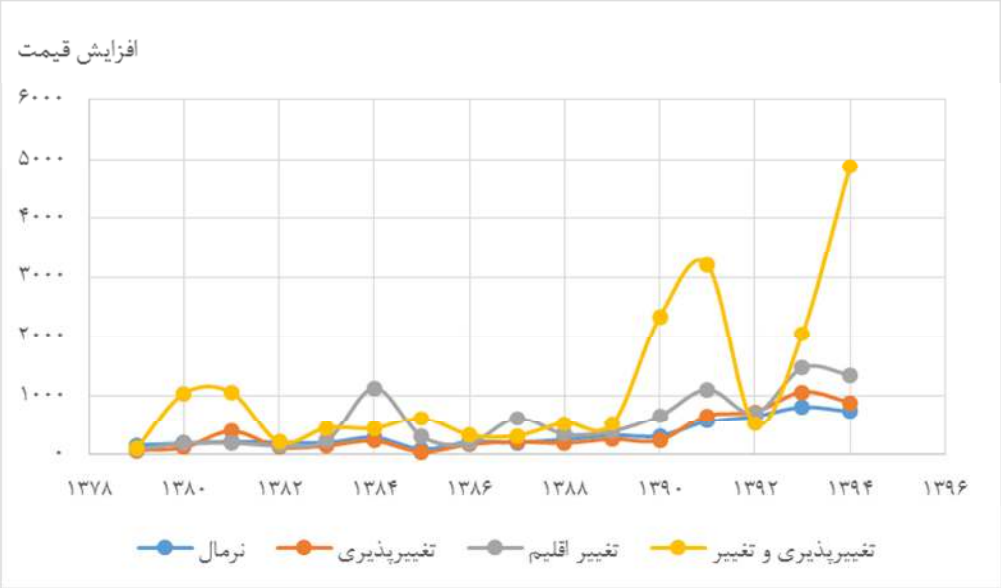
منبع: یافته‌های تحقیق

در جدول فوق افزایش قیمت محصولات تحت فرضیات چهارگانه بررسی شده است. همانگونه که مشاهده می‌گردد طی ۱۶ سال مورد بررسی فرض ۴، فرض ۳، فرض ۲ و فرض ۱ به ترتیب بیشترین اثر را بر افزایش میانگین قیمت سه محصول مورد بررسی داشته‌اند. در شرایط تغییر نرمال اقلیم، سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۴، ۱۳۹۲، ۱۳۹۱ و ۱۳۸۹ به ترتیب بیشترین افزایش در قیمت و سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۳ و ۱۳۸۷ کمترین افزایش در قیمت را تجربه کرده‌اند. همچنین بصور میانگین ۳۳۲/۹۵ هزار تومان طی ۱۶ سال مورد بررسی افزایش در قیمت هر تن محصول وجود داشته است.

اما در شرایط تغییرپذیری اقلیم در سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۴، ۱۳۹۲، ۱۳۹۱ و ۱۳۸۱ به ترتیب شاهد بیشترین افزایش در قیمت سه محصول و در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳ به ترتیب کمترین افزایش در قیمت

محصولات رخ داده است. بطور متوسط در این ۱۶ سال ۳۴۳/۷ هزار تومان تحت فرض تغییرپذیری اقلیم افزایش در قیمت رخ داده است. ولی در شرایط تغییر اقلیم طی ۱۶ سال مورد بررسی ۵۶۵/۱۸ هزار تومان افزایش در قیمت اتفاق افتاده است. تحت این فرض در سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۴، ۱۳۸۴، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ به ترتیب بیشترین افزایش در قیمت و در سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۲، ۱۳۸۰، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۱ به ترتیب کمترین افزایش در قیمت وجود داشته است.

فرض تغییرپذیری و تغییر توامان اقلیم نیز طی ۱۶ سال بطور متوسط ۱۱۶۰/۸۶ هزار تومان افزایش در میانگین قیمت هر تن از این محصولات ایجاد کرده است. در شرایط این فرض سال‌های ۱۳۹۴، ۱۳۹۱، ۱۳۹۰، ۱۳۹۳ و ۱۳۸۱ به ترتیب بیشترین افزایش در قیمت هر تن و سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۲، ۱۳۸۷، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۴ به ترتیب کمترین افزایش در قیمت هر تن ایجاد شده است. روند این چهار فرض طی ۱۶ سال مورد بررسی بر افزایش قیمت محصول در نمودار شماره ۲ ارائه گردیده است.



شکل ۲: روند افزایش در قیمت به ازای تن در هکتار

منبع: یافته‌های تحقیق

کاهش در مازاد رفاه مصرف‌کننده

در جدول ذیل کاهش در مازاد رفاه مصرف‌کننده تحت فرضیات چهارگانه طی ۱۶ سال آمده است.

جدول ۳: کاهش در مازاد رفاه مصرف‌کننده (میلیون تومان)

سال	کاهش در مازاد رفاه مصرف‌کننده (میلیون تومان)			
	فرض۱ (اقلیم نرمال)	فرض۲ (تغییرپذیری اقلیم)	فرض۳ (تغییر اقلیم)	فرض۴ (تغییر اقلیم و تغییرپذیری اقلیم بصورت توامان)
۱۳۷۹	۱۷۴۲۲۴/۳	۲۴۲۸۴۲/۷	۲۶۴۱۷۶/۹	۲۹۷۵۳۶/۷
۱۳۸۰	۱۸۰۵۰۳/۴	۳۴۹۶۴۵/۹	۴۳۷۸۷۱/۷	۴۹۹۵۷۵/۱
۱۳۸۱	۲۲۲۸۸۲/۷	۲۹۹۸۶۴/۷	۳۱۰۹۰۹/۶	۳۲۸۸۶۰/۷
۱۳۸۲	۲۵۲۷۰۰/۲	۴۳۳۴۳۵/۳	۵۳۲۱۲۱/۹	۵۹۰۲۵۴/۱
۱۳۸۳	۳۲۸۲۷۴	۵۶۲۸۰۳/۹	۷۲۲۰۷۷/۶	۷۹۷۸۰۱/۶
۱۳۸۴	۳۵۱۸۵۹/۶	۶۰۳۰۹۱/۳	۷۵۱۰۰۸/۹	۸۴۴۵۹۴/۳
۱۳۸۵	۲۶۹۵۰۶/۸	۵۵۳۹۷۸/۳	۸۰۵۶۱۹/۶	۱۲۰۴۹۲۹
۱۳۸۶	۲۴۳۹۴۹/۵	۳۹۹۵۵۹/۶	۵۷۸۳۱۴/۷	۶۹۳۶۹۴/۳
۱۳۸۷	۴۷۲۴۲۷/۵	۵۹۰۷۳۹/۹	۵۸۴۶۴۴/۸	۷۰۵۶۰۵/۵
۱۳۸۸	۳۲۵۳۲۳/۸	۵۰۸۰۳۱/۳	۵۷۹۳۲۷/۲	۶۳۰۹۲۵/۴
۱۳۸۹	۴۹۱۶۷۱/۶	۷۰۶۷۷۰/۴	۸۹۸۷۰۸/۷	۱۲۶۱۰۷۸
۱۳۹۰	۴۷۲۵۳۲	۷۸۴۶۵۴/۳	۱۳۵۱۱۲۸	۱۷۰۹۳۱۶
۱۳۹۱	۱۷۷۳۸۰۶	۳۱۸۵۲۸۱	۵۴۹۶۸۸۸	۶۱۲۹۰۷۰
۱۳۹۲	۲۵۵۱۸۵۳	۴۸۰۰۰۴۱	۶۱۷۱۳۱۷	۶۹۴۸۹۹۳
۱۳۹۳	۳۳۲۹۰۶۹	۵۳۸۰۸۶۸	۶۵۹۸۱۹۹	۷۶۵۱۳۴۹
۱۳۹۴	۳۴۰۵۵۶۷	۵۲۷۷۰۵۲	۶۱۷۹۸۱۴	۷۴۱۴۱۱۵
میانگین	**۹۲۷۸۸۴/۴**	**۱۵۴۲۴۱۶**	**۲۰۱۶۳۸۳**	**۲۳۵۶۷۵۴**

منبع: یافته‌های تحقیق

مطابق جدول فوق طی ۱۶ سال مورد بررسی به مانند دو جدول قبل فرض ۴، فرض ۳، فرض ۲ و فرض ۱ به ترتیب بیشترین تاثیر را بر کاهش مازاد رفاه مصرف کننده داشته‌اند. بر این اساس تحت فرض تغییرنرمال اقلیم در سال‌های ۱۳۹۴، ۱۳۹۳، ۱۳۹۲، ۱۳۹۱ و ۱۳۸۹ به ترتیب بیشترین کاهش در مازاد رفاه مصرف کننده و سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۰، ۱۳۸۱، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۲ به ترتیب کمترین کاهش در مازاد رفاه مصرف کننده را شاهد بوده‌ایم. همچنین بطور متوسط ۹۲۷۸۸۴/۴ میلیون تومان طی ۱۶ سال کاهش مازاد رفاه مصرف کننده تحت این فرض ایجاد شده است. در شرایط تغییرپذیری اقلیم سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۴، ۱۳۹۲، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۰ به ترتیب بیشترین کاهش در مازاد رفاه

مصرف کننده و سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۱، ۱۳۸۰، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۲ به ترتیب کمترین کاهش در مازاد رفاه مصرف کننده را داشته‌اند. طی ۱۶ سال متوسط کاهش مازاد رفاه مصرف کننده تحت این فرض ۱۵۴۲۴۱۶ میلیون تومان بوده است.

در فرض تغییر اقلیم سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۴، ۱۳۹۲، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۰ به ترتیب بیشترین کاهش در مازاد رفاه مصرف کننده و سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۱، ۱۳۸۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۶ کمترین کاهش در مازاد رفاه مصرف کننده را داشته‌اند. همچنین متوسط ۱۶ سال مورد بررسی در زمینه کاهش مازاد رفاه مصرف کننده ۲۰۱۶۳۸۳ میلیون تومان بوده است. در فرض تغییرپذیری و تغییر توامان اقلیم سال‌های ۱۳۹۳، ۱۳۹۴، ۱۳۹۲، ۱۳۹۱ و ۱۳۹۰ به ترتیب بیشترین کاهش در مازاد رفاه مصرف کننده و سال‌های ۱۳۷۹، ۱۳۸۱، ۱۳۸۰، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۸ به ترتیب کمترین کاهش در مازاد رفاه مصرف کننده را داشته‌اند. متوسط ۱۶ سال مورد بررسی نیز ۲۳۵۶۷۵۴ میلیون تومان بوده است. که نشان دهنده کاهش متوسط ۲۳۵۶۷۵۴ میلیون تومانی در مازاد رفاه مصرف کنندگان تحت فرض چهارم است. روند این کاهش در نمودار شماره ۳ آمده است.



شکل ۳: روند کاهش مازاد رفاه مصرف‌کننده

منبع: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری

شرایط مختلف آب و هوایی اثرات طبیعی و در پی آن غیرطبیعی بسیاری برجای می‌گذارد. بخش کشاورزی بدلیل وابستگی شدیدی که به پدیده‌های اقلیمی و طبیعی دارد از این تغییرات تاثیر بسیاری می‌پذیرد. در پی این تاثیرپذیری تولید و بدنبال آن درآمد، قیمت و مازاد رفاه اقتصادی با تغییرات شدیدی مواجه می‌شود. تغییرات اقلیمی تنها به معنای تغییر اقلیم نبوده و تغییرنرمال اقلیم و تغییرپذیری اقلیم را نیز شامل می‌شود. از این رو هرکدام از این

تغییرات خود تاثیر متفاوتی بر شرایط انسانی و طبیعی خواهد داشت. در این مطالعه برخلاف مطالعات سابق داخلی اثر تغییرات اقلیمی بصورت مجزا و تفکیک شده مورد بررسی قرار گرفته و هر کدام از جنبه‌های گوناگون این تغییرات بر امنیت غذایی مورد سنجش قرار گرفته است. به عبارت دیگر در تحقیقات قبلی بین تاثیرات نسبی تغییرپذیری اقلیم، تغییرات اقلیمی و تاثیر ترکیب این دو تفاوت چندانی دیده نشده است در حالی که در این تحقیق با چهار فرض متفاوت ارزیابی اثرگذاری انجام گرفته است. از این رو در این پژوهش، با یکپارچه سازی داده‌های آب و هوایی و اطلاعات هزینه‌ای و تولیدی کشاورزی، در یک چارچوب غیر خطی پویا به منظور سنجش اثر بر امنیت غذایی تحت چهار فرض آب و هوایی توسعه داده شده و در مورد ایران و محصولات شاخصی در امنیت غذایی (گندم، برنج و سیب‌زمینی) بکار گرفته شده است.

از نتایج حاصل از این پژوهش چندین نتیجه می‌توان گرفته شود. در زمینه اثرات تغییرات اقلیمی بر کاهش درآمد، افزایش قیمت و کاهش رفاه فروض مختلف تغییرنرمال اقلیم، تغییرپذیری اقلیم، تغییر اقلیم و تغییرپذیری و تغییر توامان اقلیم، نتایج نشان می‌دهد که هر سه این موارد از تغییرات مذکور اثرات زیادی دیده است. که عامل اصلی آن کاهش تولید بوده است. از این رو کاهش این اثرات منفی نیازمند اتخاذ روش‌ها و سیاست‌هایی است که مبتنی بر کاهش تاثیرگذاری تغییرات اقلیم بر تولید باشد. نخستین اقدام می‌تواند تغییر الگوی آبیاری و حرکت از کشت دیم به کشت آبی باشد. در واقع اقداماتی مانند آبیاری قطره‌ای و تحت فشار می تواند به بهبود وضعیت مصرف‌کنندگان و تولید کنندگان مواد غذایی با توجه به شرایط مختلف اقلیمی منتهی گردد و تولیدکنندگان مواد غذایی با اتخاذ فن-آوری‌های نوین آبیاری می‌توانند علاوه بر عدم تاثیرپذیری شدید از تغییرات اقلیمی، محصول بیشتری تولید کرده و در نتیجه هم خود درآمد بالاتری کسب کنند و هم مصرف کنندگان به مواد غذایی بیشتری در بازار دسترسی پیدا کنند. این امر نیازمند حمایت بیشتر دولت از کشاورزان چه از لحاظ امکان مالی فراهم سازی این بسترها و چه از لحاظ بیمه محصولات می‌باشد. تغییر روش‌های کشت و همچنین الگوی کشت و حرکت به سمت روش‌های مدرن آبیاری و محصولات با نیاز آبی کمتر نیز می‌تواند در کاهش عوارض تغییرات اقلیمی موثر باشد. از سوی دیگر مقابله و کاهش عوارض و اثرات تغییر اقلیم نیازمند تدابیر علمی و عملی هم‌چون بیابان زدایی و جایگزینی منابع تجدیدپذیر بجای منابع فسیلی در تولید انرژی است. بی‌گمان جلوگیری از افزایش گازهای گلخانه‌ای که اثر بسیار زیادی بر تغییرات اقلیمی دارند بسیار حائز اهمیت است. با تغییر شرایط موجود به سمت بهبود شرایط اقلیمی می‌توان از بسیاری از آثار سو این تغییرات بر شرایط طبیعی و مسائل انسانی همچون رفاه اقتصادی و امنیت غذایی جلوگیری نمود. در زمینه افزایش قیمت‌ها نیز سیاست‌گذاری متناسب با شرایط تولید و کنترل بازار توسط دولت‌ها باید مدنظر باشد.

منابع

ابرهیمی خوسفی؛ ابراهیمی زهره؛ خوسفی مهین؛ ولی عباسعلی؛ رضایی عبدالحسین (۱۳۹۲). پیامدهای تغییر اقلیم بر کشاورزی و امنیت غذایی، نخستین کنفرانس بین المللی اکولوژی سیمای سرزمین، اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان.

اداوی ظهراب؛ تدین محمدرضا، (۱۳۹۶). تأثیر تغییر اقلیم برتولید سیب‌زمینی در منطقه فریدون‌شهر اصفهان، بوم شناسی کشاورزی، جلد ۹، شماره ۴. صص ۱۱۱۷-۱۱۳۵.

امیرنژاد حمید؛ اسدپور کردی مریم، (۱۳۹۶). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تولید گندم ایران، تحقیقات اقتصاد کشاورزی، جلد ۹، شماره. صص ۱۶۳-۱۸۲.

بخشی علی؛ دانشور کاخکی محمود؛ مقدسی رضا (۱۳۹۰). کاربرد مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت به منظور تحلیل اثرات سیاست‌های جایگزین قیمت‌گذاری آب در مشهد، نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی، جلد ۲۵، شماره ۳. صص ۲۸۴-۲۹۴.

ترکمان مجتبی؛ کوچکی علیرضا (۱۳۹۴). بررسی اثر گرمایش و تغییر اقلیم آینده بر ویژگی‌های زراعی و تولید سیب زمینی در ایران، پایان نامه دکترای تخصصی در رشته زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد.

حسینی سیدصفدر؛ نظری محمدرضا؛ عراقی‌نژاد شهاب (۱۳۹۲). بررسی اثر تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی با تأکید بر نقش به کارگیری راهبردهای تطبیق در این بخش .پژوهشات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، دوره ۴۴، شماره ۱. صص ۱-۱۶.

مومنی سکینه؛ زیبایی منصور (۱۳۹۲). اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر کشاورزی استان فارس، پژوهش‌های اقتصاد و توسعه کشاورزی، جلد ۲۷، شماره ۳. صص ۱۶۹-۱۷۹.

Ahmed, S.A., Diffenbaugh, N.S., Hertel, T.W., Lobell, D.B., Ramankutty, N., Rios, A.R.,Rowhani, P., (2011), Climate volatility and poverty vulnerability in Tanzania. Glob. Environ.Change Part A: Human Policy Dimens. Vol. 21, pp 46–55.

Butler, C., and McFarlane R., (2018), Climate Change, Food Security, and Population Health in the Anthropocene., Encyclopedia of the Anthropocene, Vol. 2, pp 453-459.

Banzhaf, H.S., (2010), Consumer surplus with apology: a historical perspective on nonmarketvaluation and recreation demand. Annual Review of Resource Economics, Vol. 2, pp 183-207.

Campbell, B.M, Vermeulen, S.J., Aggarwal, P.K., Corner-Dolloff, C., Girvetz, E., Loboguerrero, A.M., Villegas, J.R., Rosenstock. T., Sebastian, L., Thornton, P.K., Wollenberg, E., (2016), Global Food Security,risks to food security from climate change, Vol 11, pp 34-43.

Devaux, A., Kromann, P., Ortiz, O. (2014), Potatoes for sustainable global food security. Potato Research. (Netherlands). Vol 57, No 3, pp 185-199.

Ferreira, F.H.G., Fruttero, A., Leite, P.G., Lucchetti, L.R., (2013). Rising food prices and householdwelfare: evidence from Brazil in 2008. J. Agric. Econ. Vol 64, pp 151–176.

Ford, J.D., (2012). Indigenous health and climate change. Am. J. Public Health, Vol 102, No 7, pp 1260 – 1266.

Gohar, A.A., Cashman, A., (2016). A methodology to assess the impact of climate variability and change on water resources, food security and economic welfare., Agricultural Systems. Vol 147, pp 51-64.

Guillermo, N., Jaramillo, V., Larsen, J., (2018). Food security and climate change: the case of rainfed maize production in mexico, Agricultural and Forest Meteorology. Volumes 253–254, pp 124-131.

H.J. Dowsett., Robinson, M.M., (2013), Paleoceanography, Biological Proxies Planktic Foraminifera, Earth Systems and Environmental Sciences, Encyclopedia of Quaternary Science (Second Edition), pp 745-754.

Katz, R.W., Brown, B.G., (1992). Extreme events in a changing climate variability is moreimportant than averages. Clim. Chang. Vol 21, pp 289–302.

Liu, C., Hofstra, N., Franz, E., (2013). Impacts of climate change on the microbial safety of pre-harvest leafy green vegetables as indicated by Escherichia coli O157 and Salmonella spp. Int. J. Food Microbiol. Vol 163, pp 119– 128.

Li, Yu, Liu, Yuan , Ye, Wangting , Xu Lingmei, Zhu, Gengrui , Zhang, Xinzhong, Zhang, Chengqi (2018), A new assessment of modern climate change, ChinaAn approach based on paleo-climate, Earth-Science Reviews, Vol 177 , pp 458–477.

Lobell, D.B., Schlenker, W., Costa-Roberts, J., (2011). Climate trends and global crop production since 1980. Science, Vol 333, pp 616-620.

Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Friedlingstein, P.,Gaye, A.T., Gregory, J.M., Kitoh, A., Knutti, R., Murphy, J.M.,Noda, A., Raper, S.C.B., Watterson, I.G., Weaver, A,J., Zhao, Z.C. (2007). Global Climate Projections. In: ClimateChange,The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Millner, A., (2013). On welfare frameworks and catastrophic climate risks, Journal of Environmental Economics and Management, Vol 65, No 2, pp 310-325.

Stern, N., Dietz, S.(2008), Why economic analysis supports strong action on climate change: a response to the Stern review's critics, Review of Environmental Economics and Policy, Vol 2 , No 1, pp 94–113.

Wheeler, T., von Braun, J., (2013), Climate change impacts on global food security. Science341, 508–513.

Wossen, T., Berger, T., Haile, M.G. & Troost, C. (2017), Impacts of climate variability and food price volatility on household income and food security of farm households in East and West Africa. Agricultural Systems.
UNFCCC ,(2007), Climate Change Secretariat. Climate Change: Impacts, Vulnerabilities and Adaptation In Developing Countries, UNFCCC Secretariat. Bonn, Germany.
Uyttendaele, M., Liu, C., Hofstra, N., (2014). Special issue on the impacts of climate change on food safety. Food Res. Int. Vol 68, pp 1 – 6.
Weitzman, M.L., (2009), On modeling and interpreting the economics of catastrophic climate change, Review of Economics and Statistics, Vol 91, No 1, pp 1–19.
Wheeler, T., von Braun, J., (2013), Climate change impacts on global food security. Science, Vol341, pp 508–513.
Zalasiewicz, J.,Williams, M,. (2016), Climate Change, Second Edition: Observed Impacts on Planet Earth, University of Leicester, Leicester, UK.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۱۲/۱۵

تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۰۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۰۵

صفحات: ۵۸ - ۴۱

اثر تغییر اقلیم بر فنولوژی بادام در استان چهار محال و بختیاری

مریم سید عبداللهی[۱]، بهلول علیجانی[۲*]، قاسم عزیزی[۳]، فریده اسدیان[۴]

چکیده

هدف از این پژوهش بررسی اثرات تغییر اقلیم بر فنولوژی بادام در استان چهار و محال بختیاری به عنوان یک منطقه با نوسانات دمایی شدید می باشد. بدین منظور در این تحقیق با استفاده از مدل ریز مقیاس کننده SDSM و داده های بزرگ مقیاس گردش عمومی جو canESM2 استفاده شد. داده‌های روزانه دمای کمینه، بیشینه و بارش در دوره آماری ۳۰ سال (۲۰۱۵-۱۹۸۵) برای چهار ایستگاه به‌عنوان داده های مبنا استفاده شد و با استفاده از مدل SDSM و گردش عمومی canESM2 تحت دو سناریو RCP 4.5 و ۸,۵ از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ میلادی با مقادیر فعلی مقایسه و تغییرات آن مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عامل ارتفاع نقش مهمی در تغییر عناصر اقلیمی و به تبع آن تغییرات زمانی مراحل فنولوژی بادام در منطقه پژوهش شده است. بررسی سناریوهای مورد بررسی نشان می دهد که تحت تأثیر تغییرات اقلیمی تقویم زراعی محصول بادام تغییر می‌کند و تاریخ مراحل فنولوژی محصول زودتر اتفاق می‌افتد. همچنین طول دوره‌ی رشد به علت گرم شدن منطقه و زودتر کامل شدن درجه روزهای رشد مورد نیاز کاهش پیدا می‌کند. الگوی مکانی تغییرات مراحل فنولوژی نشان داد که در هر دو سناریو میزان تغییرات در قسمت‌های جنوبی استان بیشتر و به سمت شمال از میزان تغییرات کاسته می‌شود. با توجه به اینکه در دوره پیش‌بینی مرحله‌ی شکفتن جوانه‌ها زودتر اتفاق می‌افتد و با یخبندان‌های دیررس بهاره درخت بادام همزمان است و این مرحله در مقابل سرما حساس است باید اقدامات مراقبتی افزایش داده شود. نتایج نشان داد در مناطقی که مراحل فنولوژی زودتر اتفاق می‌افتد، میزان تأثیرپذیری مراحل فنولوژی کشت بادام از تغییرات اقلیمی بیشتر است. در مناطق جنوبی استان مراحل فنولوژی استان زودتر از سایر قسمت ها اتفاق می‌افتد و این مناطق تأثیرپذیری بیشتری از تغییر اقلیم دارند.

واژگان کلیدی: بادام، فنولوژی، سناریو، رابطه کشت بادام با اقلیم، چهارمحال و بختیاری.

[۱]- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران m.seydabdollahi@gmail.com

[۲]- استاد، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه خوارزمی تهران(نویسنده مسئول) alijani@khu.ac.ir

[۳]- دانشیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران ghazizi@ut.ac.ir

[۴]- استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران Farideh_asadian@yahoo.com

مقدمه

تغییر جهانی اقلیم یکی از مواردی است که در دهه‌های اخیر توجه محققان را به خود معطوف کرده است. بسیاری از مطالعات اخیر حاکی از تأثیر شگرف انسان بر اقلیم جهانی است. نتایج مطالعات مربوط به تغییر اقلیم که در طی سال‌های اخیر در ایران انجام‌شده این پدیده را تأیید می‌کند (علیجانی و همکاران، ۱۳۸۹؛ کوچکی و کمالی، ۱۳۸۹؛ اسماعیلی و همکاران، ۱۳۹۰). تغییر اقلیم باعث تغییراتی در الگوهای بارش و دما و مقدار آنها می شود و این تغییرات می تواند عملکرد گیاهان را تحت تاثیر قرار دهد .به‌طور یقین بخش کشاورزی بیشترین ارتباط و تأثیرپذیری را از شرایط محیط اطراف و به‌خصوص اقلیم دارد، به‌گونه‌ای که ویژگی‌های اقلیمی (پتانسیل و محدودیت‌های اقلیمی) در بلندمدت، منجر به تعیین الگوی کشت و توجیه پراکنش گونه‌های گیاهی مختلف شده است. متأسفانه بخش کشاورزی به دلیل قدرت سازگاری کم، بیشترین تأثیر را از تغییرات اقلیمی متحمل خواهد شد. آگاهی از چگونگی واکنش گیاهان زراعی و باغی به گرمایش جهانی و پیش بینی اثرات آن بر عملکرد و قلمرو کشت گیاهان زراعی و باغی در آینده مستلزم آگاهی از اثرات تغییر اقلیم بر فنولوژی این گیاهان است. پیش‌بینی می‌شود در اثر تغییرات اقلیمی و گرم شدن هوا، مناطق جنگلی به سمت شمال سوق پیدا کنند، بنابراین جغرافیای کشاورزی در این مناطق، تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار گیرد (کوچکی، ۱۳۷۷). اثرات تغییرات بر تولیدات کشاورزی توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده است. خشکسالیهای شدید و افزایش دما توسعه گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و این امر می‌تواند یکی از دلایل کاهش محصولات کشاورزی باشد (ریدسما[۱]،۲۰۰۷؛ ساکلاسکین[۲]، ۲۰۰۸). بسیاری از محققین تفسیرهای متفاوتی از پیامدهای تغییر دما بر روی مراحل مختلف فنولوژی بیان نموده‌اند (کرول[۳] و همکاران، ۲۰۰۹؛ ارلاندی[۴] و همکاران، ۲۰۰۵). به همین دلیل، دانشمندان از محاسبات مختلف برای تعیین پیامدهای تغییر دما بر گیاهان استفاده می‌کنند (کریپنسک[۵]، ۲۰۰۶؛ ویلگولاسکی[۶]،۱۹۹۹). با توجه به اهمیت وضع هوا و اقلیم بر بخش کشاورزی، دستیابی به پیش‌بینی‌های بلندمدت اقلیمی در این بخش ضروری است.

تعداد و شدت بیشتر بارندگیها، افزایش دما، خشکسالی و انواع دیگر مخاطرات آب و هوایی مورد انتظار، بر عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی اثر می گذارند (هاتفیلد[۷] و همکاران، ۲۰۱۱). معتبرترین ابزار، جهت بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر سیستمهای مختلف، استفاده از متغیرهای اقلیمی شبیه سازی شده توسط مدلهای جفت شده گردش عمومی جوی- اقیانوسی می باشد (آبکار و همکاران، ۱۳۹۲). پیدایش مدل‌های اقلیم جهانی[۸](GCM) و منطقه‌ای[۹](RCM) این امکان را به وجود آورده است تا محققان بتوانند تأثیر آب‌وهوا را در مقیاس‌های زمانی بلند-مدت بر محصولات مختلف کشاورزی بررسی نمایند. برخی تغییرات در دوره رشد گیاهی در پاسخ به تغییر شرایط

[1]- Reidsma
[2]- Sakalauskiene
[3]- Carroll
[4]- Orlandi
[5]- Crepinsek
[6]- Wielgolaski
[7]- Hatfield
[8]- General circulation models
[9]- Regional circulation model

اقلیمی، در مقیاس محلی و منطقه‌ای قابل‌مشاهده است عنوان مثال در جنوب فرانسه، دوره گلدهی درختان هلو و زردآلو به میزان ۲ تا ۳ هفته به جلو افتاده است.

توسعه روش‌های مدل‌سازی، جایگزینی مناسب و کم‌هزینه برای این نوع مطالعات است که در حال حاضر موردتوجه محققین است. مدل‌های گردش عمومی ابزار مناسب درعین‌حال دقیقی برای پیش‌بینی شرایط اقلیمی آینده بوده و داده‌های لازم برای اجرای مدل‌های شبیه‌سازی و رشد و نمو محصولات زراعی تحت شرایط تغییر اقلیم را فراهم می‌سازند (جونز و همکاران،۲۰۰۳). بر اساس بررسی‌های هیئت بین‌الدول مهم‌ترین عواقب تغییر اقلیم عبارت‌اند از؛ تشدید بحران‌های اقلیمی، گرم شدن عرض‌های جغرافیایی بالا، کاهش قابلیت دسترسی به آب و پیشرفت باران‌های موسمی به سمت قطب (مرکز تحقیقات برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی[1]، ۲۰۰۶). با توجه به اهمیت اثر تغییر اقلیم بر کشاورزی مطالعات زیادی در این زمینه انجام شده است، فنگمی و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از سناریوی B2 و مدل‌های اقلیم منطقهای پیامدهای تغییر اقلیم بر روی برنج در طی سال‌های ۲۰۹۰-۲۰۷۰ میلادی را موردبررسی قراردادند. آن‌ها نشان دادند که با در نظر گرفتن اثر مستقیم دی‌اکسید کربن عملکرد برنج در همه ایستگاه افزایش می‌یابد، اما در نظر گرفتن اثر غیرمستقیم دی‌اکسید کربن عملکرد برنج کاهش پیدا می‌کند.

لورا و همکاران (۲۰۱۰) از مدل‌های تغییر اقلیم برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر روی تغییر زمان گلدهی درختان در لیتوانی استفاده کردند. در این تحقیق از اطلاعات فنولوژی ۳۰ ساله، دمای هوا و خروجی دو مدلECHAM5 و HadCM3 استفاده شد و سه سناریو B1, A2, A1B مدنظر قرار گرفت. نتایج آن‌ها نشان داد که دمای هوا تأثیر معنی‌داری بر روی آغاز گلدهی مخصوصاً درختان زود گل، دارد. اسمیت و همکاران (۲۰۱۰) برای ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم بر روی نیاز آبی محصولات کشاورزی در جنوب ایتالیا از ۱۵ مدل اقلیم جهانی و سه سناریو گرمایش جهانی بهره بردند.

در ایران اکثر تحقیقات تغییر اقلیم بر اساس آشکارسازی تغییرات دو متغیر اصلی دما و بارش در دوره‌های تاریخی گذشته تمرکز داشته است. همچنین در محدوده مطالعاتی که با استفاده از داده‌های خروجی مدل‌های اقلیمی صورت گرفته است، کمتر به جنبه‌ای کاربردی میزان تغییرات پیش‌بینی‌شده بر بخش‌های کشاورزی پرداخته‌شده است. مؤمنی (۱۳۸۳) نقش تغییرات اقلیمی و تأثیرات آن بر ناپایداری اکولوژیکی را موردبررسی قرارداد و نتیجه گرفت تغییر اقلیم بر ناپایداری اکولوژیکی مؤثر بوده و نظام طبیعی آن را دگرگون ساخته است. نتایج پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر آینده اقلیم استان خراسان توسط دو مدل NASA-GISS و NASA-GFDL نشان داد تغییرات ممکن است اثرات قابل‌توجهی بر اکوسیستم‌های زراعی داشته باشد (غفاری و همکاران،۲۰۰۷). براثر تغییر اقلیم، میانگین بارش سالانه، مجموع بارش سالانه در طول دوره رشد گیاه و متوسط دمای روزانه در منطقه رودشت اصفهان در دو سناریو B1 و A2 افزایش خواهند یافت. در هر دو سناریو به‌ویژه سناریوی B1 احتمال (ریسک) کاهش محصول نسبت به مقدار میانگین دور مبنا افزایش می‌یابد (آبابایی و همکاران، ۱۳۸۹). پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر ذرت با

[1]- Agricultural Research Institute of Planning & Economy

استفاده از مدل LARS-WG نشان داد که این مدل پیش‌بینی مناسبی برای پارامترهای اقلیمی و شبیه‌سازی فصل رشد احتمالی در شرایط تغییر اقلیم آینده دارد و همچنین طول دوره کاشت تا گلدهی و همچنین طول دوره رسیدگی فیزیولوژیک ذرت تحت تأثیر تغییر اقلیم در اکثر سناریوهای مورداستفاده کاهش را نشان می‌دهد. نتایج این شبیه‌سازی نشان داد که عملکرد ذرت تحت تأثیر تغییر اقلیم از ۱۱ تا ۳۸ درصد نسبت به شرایط کنونی کاهش می‌یابد (مرادی و همکاران، ۱۳۹۳).

ایران به عنوان یکی از خاستگاه‌های بادام و با دارا بودن سابقه چندین هزارساله در پرورش آن از گذشته‌های دور مقام ویژه‌ای را در بین کشورهای تولیدکننده این محصول به خود اختصاص داده است. بادام به دلیل مقاومت نسبی به کم‌آبی و نیاز آبی پایین و رشد در خاک‌های فقیر و آهکی از قدیم‌الایام موردتوجه باغداران بوده است (محسنی، ۱۳۹۰). اهمیت این محصول در تولید، اشتغال و ارزش صادراتی و اثرات زیست‌محیطی آن‌قدر قابل‌توجه است که بسیاری از کشورها نسبت به کشت این‌گونه گیاهی اقدام نموده‌اند. استان چهارمحال و بختیاری با ۲۰ درصد تولید بادام ایرانی، رتبه اول تولید این محصول را دارد. اسدی بروجنی و محمدی (۱۳۸۴) در واکاوی مناطق مستعد کشت حبوبات در استان چهار محال و بختیاری دریافتند که برای احداث باغ های جدید بادام، از رقم های مناسب به ویژه رقم هایی که زمان گلدهی آنها در فروردین ماه باشد استفاده گردد. همچنین بررسی نیاز های اقلیمی و حرارتی حبوبات و بادام استان نشان داد که مناطق جنوب غربی و شمال شرقی بیشرین پتانسیل را برای کشت حبوبات و بادام دارند.

بنابراین با توجه به اینکه وسعت زیادی از اراضی استان چهارمحال و بختیاری به کشت بادام اختصاص دارد و کشت این محصول نقش مهمی در اقتصاد این منطقه دارد و نیز با توجه به اهمیت اثر تغییر اقلیم بر تولید کشاورزی و نقش آن در اقتصاد کشور اهمیت موضوع نمایان هست. هدف این مطالعه موردی پیش‌بینی اثر تغییر اقلیم بر مراحل فنولوژی درخت بادام در دوره‌ی ۲۰۲۰-۲۰۵۰ است.

داده‌ها و روش‌ها

استان چهارمحال و بختیاری با مساحت ۱۶۴۴۲۱ کیلومتر مربّع وسعت معادل یک درصد از کل وسعت ایران، منطقه موردمطالعه می‌باشد. این استان ازجمله مناطق کوهستانی فلات مرکزی ایران محسوب می‌شود و بین ۳۱ درجه و ۹ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۶ دقیقه طول شرقی گرینویچ قرار دارد . .با توجه به اختلاف ارتفاع در سطح استان، زمان و مکان بارندگی‌ها از شرایط یکسانی پیروی نمی‌نمایند و به این لحاظ میانگین بلندمدت سالانه بارندگی در سطح استان نوسانی از ۲۵۰ تا ۱۴۹۱ میلی‌متر را دارد و در ارتفاعات مجاور کوهرنگ میزان سالانه بارندگی در حدود ۱۸۰۰ میلی‌متر برآورد می‌شود.

با توجه به اینکه IPCC در گزارش آخر خود سناریوهای جدید واداشت تابشی به عنوان نماینده خط سیر غلظت گازهای گلخانه ای[1] (RCP) را منتشر کرده است و توصیه نموده است در تحقیقات جدید از این سناریو ها استفاده شود، در این تحقیق برای ریزمقیاس نمایی آماری، چون سایر مدل های آماری هنوز توانایی ریزمقیاس نمایی این سناریو ها را ندارد، از مدل SDSM استفاده شد. در این مدل ریزمقیاس نمایی تنها با استفاده از مدل CanESM2 (داده‌های بزرگ‌مقیاس مدل گردش عمومی) انجام می شود، لذا از این مدل برای ریزمقیاس نمایی توسط SDSM تحت سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شد. RCP4.5 به‌عنوان یک سناریو متعادل و سناریوی RCP8.5 به‌عنوان یک سناریوی بدبینانه استفاده شد. با توجه به اهمیت اقتصادی کشت بادام در منطقه جهت بررسی اثرات تغییر اقلیم بر مراحل فنولوژی بادام در دوره‌ی آینده ابتدا این مراحل مشخص شد که شامل مرحله اول (ظهور جوانه)، مرحله دوم (شکفتن جوانه)، مرحله سوم (گلدهی)، مرحله چهارم (رشد میوه) و مرحله پنجم (رسیدن میوه) است. برای اجرای مدل SDSM نیز از داده های دمای کمینه، دمای بیشینه و بارش در دوره آماری ۳۰ سال (۲۰۱۵-۱۹۸۵) که به عنوان دوره پایه برای شبیه سازی اقلیم آینده (۲۰۲۰-۲۰۵۰)، مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله بعد اقدام به تعیین مراحل فنولوژی برای دوره مشاهداتی و دوره پیش‌بینی شد. برای تعیین تقویم در دوره پایه از آمار بلندمدت ایستگاه‌های استان استفاده شد و آزمون تصادفی بودن (Run test) برای صحت و همگنی داده‌ها به کار برده شد. درجه روزهای رشد لازم محصول برای گذر از هر مرحله فنولوژی در مراحل مختلف رشد در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول ۱: درجه – روز مورد نیاز هر یک از مراحل فنولوژی بادام

مراحل فنولوژی	میزان درجه- روز (GDD)
پیدایش جوانه	۱۵۳
شکفتن جوانه	۱۴۱
گل دادن و تشکیل میوه	۲۰۵
رشد میوه	۱۵۴۹
رسیدن میوه	۱۶۷۶

درجه – روز رشد

یک درجه - روز عبارت است از متوسط دمای روزانه بالاتر از دمای پایه، در این تحقیق برای محاسبه درجه روز رشد[2] GDD، دمای پایه یا درجه روز رشد محصول ۴/۵ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد. برای محاسبه مراحل فنولوژی از

[1]- Representative Concentration Pathway
[2]- Growth Degree Days

روش درجه روزهای رشد (GDD) طبق معادله (۲) استفاده شد، مبنای کار در این روش جمع‌بندی درجه حرارت‌های مؤثر یعنی درجه حرارت‌هایی است که بالاتر از صفر پایه یا صفر فیزیولوژیکی گیاه است (Quantum, 1975).

$$HU=\sum_1^N = \left[\frac{TM+Tm}{2}\right] - Tt \qquad (۱)$$

HU= تعداد درجه حرارت‌های مؤثری که طیn روز جمع‌آوری شده است. Tm = درجه حرارت حداقل روزانه، TM = درجه حرارت حداکثر روزانه، Tt = درجه حرارت پایه یا صفر فیزیولوژیکی گیاه، N = تعداد روزها در یک زمان مشخص. به‌منظور تعیین بهترین زمان‌های وقوع هریک از مراحل فنولوژی، داده‌های هریک از ایستگاه‌ها از طریق نرم-افزار Smada با تمام توزیع‌ها پردازش شد که از بین آنها توزیع پیرسون[1] نوع ۳ بهترین پردازش را برای تمام ایستگاه‌ها و در تمام مراحل داشت. به‌این‌ترتیب مراحل فنولوژی برای دوره پیش‌بینی و مشاهداتی محاسبه گردید.

صحت سنجی مدل

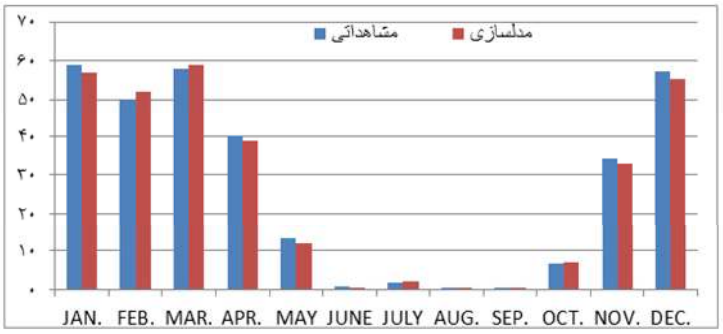
در هرگونه مدل‌سازی که انجام می‌شود باید مدل مورد آزمایش قرار بگیرد تا توان مدل آزمون گردد. در این مطالعه نتایج ایستگاه شهرکرد موردبررسی قرار گرفت. داده‌های مشاهداتی مورداستفاده شامل دمای کمینه، بیشینه و بارش است. ابتدا از بین پیش‌بینی کننده‌های بزرگ‌مقیاس جوی مرکز ملی اقیانوسی و جوی ایالات متحده آمریکا[2] غربالگری انجام گرفت و پیش‌بینی کننده‌های قوی که با دمای کمینه، بیشینه و بارش ارتباط قوی داشتند انتخاب گردید (جدول ۲).

جدول ۲: پیش‌بینی کننده‌های انتخابی در پژوهش

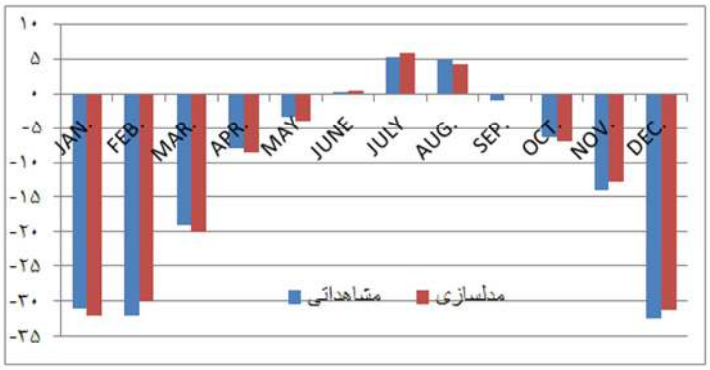
	بارش		دما کمینه		دما بیشینه
۰,۶۰	رطوبت نسبی نزدیک سطح	-۰,۷۵	میانگین فشار تراز دریا	-۰,۷۳	میانگین فشار تراز دریا
۰,۷۲	رطوبت نسبی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال	۰,۷۰	ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال	۰,۸۵	ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال
۰,۵۹	باد مداری تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال	۰,۸۱	میانگین دمای ۲ متری سطح	۰,۹۰	میانگین دمای ۲ متری سطح

بعدازاینکه پیش‌بینی کننده‌های قوی انتخاب گردید برای اطمینان از مدل یک‌بار دوره‌ای پایه با استفاده از پیش‌بینی کننده‌ها شبیه‌سازی شد تا قدرت مدل مشخص گردد. همان‌طور که (شکل‌های ۱ تا ۳) نشان می‌دهد مدل در بازسازی داده‌های مشاهداتی بسیار قوی عمل کرده و توانایی پیش‌بینی برای آینده را دارد.

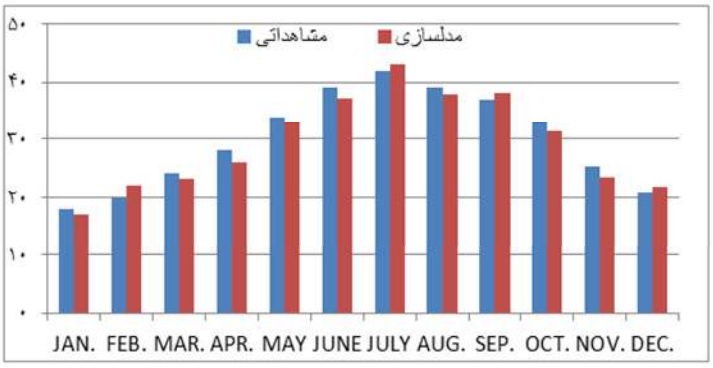
[1]- Pearson
[2]- National Oceanic and Atmospheric Administration U.S



شکل ۱: نمودار بارش ماهیانه مشاهداتی و شبیه‌سازی ۱۹۸۵-۲۰۱۵ ایستگاه شهرکرد



شکل ۲: نمودار دمای حداقل مشاهداتی و شبیه‌سازی ۱۹۸۵-۲۰۱۵ ایستگاه شهرکرد



شکل ۳: نمودار دمای حداکثر مشاهداتی و شبیه‌سازی ۱۹۸۵-۲۰۱۵ ایستگاه شهرکرد

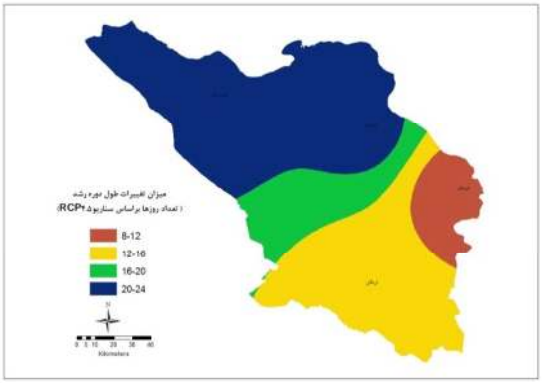
یافته‌های تحقیق

طول دوره‌ی رشد

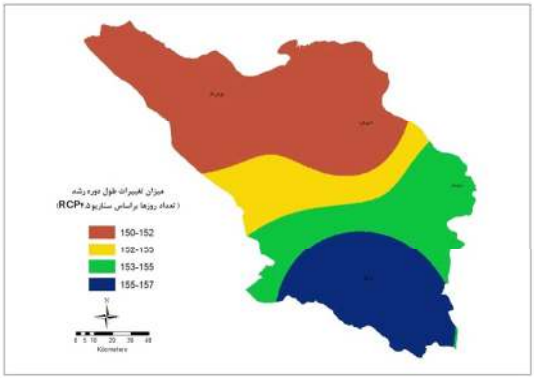
در دوره‌ی مشاهداتی طول دوره‌ی رشد در ایستگاه‌های موردمطالعه ۱۶۳ تا ۱۷۴ روز است. در دوره‌ی پیش‌بینی در سناریو RCP4.5 طول دوره‌ی رشد تحت تأثیر تغییرات اقلیمی قرارگرفته و کاهش پیدا می‌کند به‌طوری به ۱۵۰ تا ۱۵۷ روز می‌رسد و در تمام ایستگاه‌ها کاهش پیدا می‌کند. بیشترین کاهش در ایستگاه شهرکرد است. در سناریو RCP8.5. میزان این تغییرات بیشتر است و در ایستگاه شهرکرد به ۳۳ روز می‌رسد. در هر دو سناریو قسمت‌های شمالی استان بیشترین کاهش طول دوره رشد را دارند (جدول ۳). با توجه به اشکال ۴ و ۵ نیز ملاحظه می شود که مقادیر طول دوره رشد از شمال به جنوب استان به طول دوره رشد افزوده می شود. این پراکنش نقش ارتفاع و عرض جغرافیایی را در تغییرات پارامترهای آب و هوایی و به تبع آن تغییرات طول دوره رشد در منطقه مورد پژوهش را در پی داشته است.

جدول ۳: محاسبه طول دوره رشد استان چهارمحال و بختیاری

مرحله-ایستگاه	لردگان	بروجن	شهرکرد	کوهرنگ
طول دوره رشد در دوره مشاهداتی	۱۷۰	۱۶۳	۱۷۲	۱۷۴
طول دوره رشد در دوره پیش‌بینی(RCP4.5)	۱۵۷	۱۵۵	۱۵۰	۱۵۱
طول دوره رشد در دوره پیش‌بینی(RCP8.5)	۱۴۲	۱۴۹	۱۳۹	۱۴۵



شکل۴: میزان تغییرات طول دوره رشد (سناریو RCP4.5)



شکل۵: میزان تغییرات طول دوره رشد (سناریو RCP8.5

تغییرات مراحل فنولوژی

با توجه به فنولوژی کشت بادام در منطقه و آستانه‌ی دمایی برای کشت این محصول زودترین تاریخ کشت در ایستگاه‌های لردگان و بروجن رخ می‌دهد. در این ایستگاه‌ها مرحله‌ی جوانه‌زنی در تاریخ ۱ تا ۵ مارس اتفاق می‌افتد و

در ایستگاه‌های شهرکرد و کوهرنگ به ترتیب در تاریخ ۹ تا ۱۶ مارس اتفاق می‌افتد (جدول ۴). با توجه به مدل‌سازی انجام‌گرفته تقویم زراعی مراحل فنولوژی درخت بادام در دوره‌ی آینده نشان داد که در تمام ایستگاه‌ها آغاز جوانه زدن بادام در زمان زودتری اتفاق می‌افتد به‌طوری‌که زودترین تاریخ جوانه زدن مربوط به ایستگاه‌های لردگان و بروجن است که به ترتیب ۱۵ و ۱۹ روز زودتر اتفاق می‌افتد بعدازآن مربوط به ایستگاه‌های شهرکرد و کوهرنگ است که به ترتیب ۱۲ و ۱۱ روز زودتر مرحله‌ی جوانه‌زنی آغاز می‌شود. مرحله‌ی رسیدن میوه که آخرین مرحله‌ی فنولوژی درخت بادام است در دوره‌ی آینده تحت تأثیرات اقلیمی قرار می‌گیرد. به‌طوری‌که در دوره‌ی مشاهداتی مرحله‌ی رسیدن میوه در ایستگاه‌های لردگان و بروجن زودتر از سایر ایستگاه‌ها و در تاریخ ۷ تا ۱۰ اوت و در دو ایستگاه شهرکرد و کوهرنگ دیرتر و در تاریخ ۲ تا ۱۰ سپتامبر روی می‌دهد. با توجه به مدل‌سازی پارامترهای اقلیمی این مرحله در دوره‌ی پیش‌بینی در تمام ایستگاه‌ها زودتر اتفاق می‌افتد. در ایستگاه‌های لردگان و بروجرد به ترتیب ۲۳ و ۲۰ روز زودتر و در تاریخ ۱۳ تا ۲۰ جولای روی می‌دهد و در ایستگاه‌های شهرکرد و کوهرنگ ۱۷ و ۱۵ روز زودتر و در تاریخ ۱۵ و ۲۵ اوت رخ می‌دهد،

در سناریو RCP 8.5 میزان تغییرات مکانی مراحل فنولوژی مانند سناریو RCP4.5 می‌باشد، به‌طوری‌که در تمام ایستگاه‌ها مراحل فنولوژی زودتر و در زمان کوتاه‌تری روی می‌دهد. ولی میزان تغییرات در این سناریو بیشتر است. بیشترین میزان تغییرات در مرحله جوانه زدن در ایستگاه لردگان می‌باشد که ۲۶ روز زودتر مرحله جوانه‌زنی اتفاق می‌افتد. کمترین تغییرات نیز مربوط به ایستگاه کوهرنگ و بروجن است که ۱۵ روز زودتر روی می‌دهد. در مرحله شکفتن جوانه‌ها ایستگاه شهرکرد بیشترین تغییرات با میزان ۱۵ روز را دارد، کمترین تغییرات نیز مربوط به ایستگاه‌های بروجن و کوهرنگ می‌باشد. در مرحله‌ی گل دادن ایستگاه لردگان با ۱۳ روز تغییر بیشترین تغییرات و ایستگاه کوهرنگ با ۳ روز تغییر کمترین تغییرات را دارد. ایستگاه لردگان در مرحله‌ی رشد میوه نیز بیشترین تغییرات را دارد و کمترین تغییرات مربوط به ایستگاه شهرکرد و کوهرنگ است. مرحله‌ی میوه دادن در بین مراحل فنولوژی بیشترین تغییرات را دارد در این مرحله ایستگاه لردگان با ۳۲ روز زودتر اتفاق افتادن مرحله‌ی میوه دادن بیشترین تغییرات را دارد و کمترین تغییرات نیز مربوط به ایستگاه کوهرنگ با ۲۲ روز می‌باشد (جدول ۵).

جدول ۴: مراحل فنولوژی بادام در دوره‌ی مشاهداتی

مرحلـــــــــه- ایستگاه	جوانه زدن	شکفتن جوانه ها	گل دادن و تشکیل میوه	رشد میوه	رسیدن میوه
لردگان	۱ مارس	۱۹ مارس	۲۸ مارس	۲۴ آوریل	۷ اوت
بروجن	۵ مارس	۲۴ مارس	۱ آوریل	۲۶ آوریل	۱۰ اوت
شهرکرد	۹ مارس	۳۰ مارس	۵ آوریل	۳۰ آوریل	۲ سپتامبر
کوهرنگ	۱۶ مارس	۳۰ مارس	۴ آوریل	۳۰ آوریل	۱۰ سپتامبر

جدول ۵: مراحل فنولوژی بادام در دوره‌ی پیش‌بینی ۲۰۲۰-۲۰۵۰

مرحله-ایستگاه	سناریو	جوانه زدن	شکفتن جوانه ها	گـــــل دادن و تشکیل میوه	رشد میوه	رسیدن میوه
لردگان	RCP4.5	۱۲ فوریه	۱۰ مارس	۲۳ مارس	۱۰ آوریل	۱۳ جولای
	RCP8.5	۴ فوریه	۵ مارس	۱۵ مارس	۵ آوریل	۵ جولای
بروجن	RCP4.5	۲۰ فوریه	۱۵ مارس	۲۶ مارس	۱۵ آوریل	۲۰ جولای
	RCP8.5	۱۲فوریه	۱۲ مارس	۲۰ مارس	۱۲ آوریل	۱۷ ج.لای
شهرکرد	RCP4.5	۲۷ فوریه	۲۰ مارس	۲۹ مارس	۲۰ آوریل	۱۵ اوت
	RCP8.5	۲۰ فوریه	۱۵ مارس	۲۶ مارس	۱۷ آوریل	۷ اوت
کوهرنگ	RCP4.5	۵ مارس	۲۱ مارس	۱ آوریل	۲۰ آوریل	۲۵ اوت
	RCP8.5	۱ مارس	۱۸ مارس	۱ آوریل	۱۹ آوریل	۱۸ اوت

الگوی مکانی تغییرات مراحل فنولوژی کشت بادام

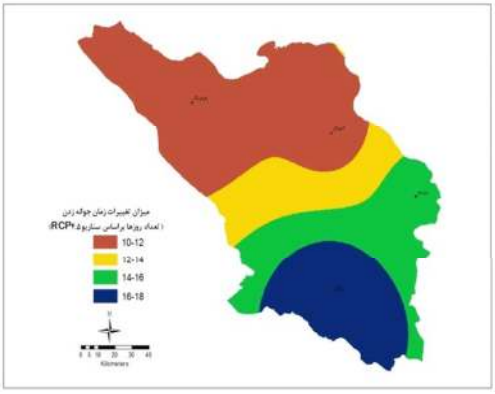
در دوره پیش‌بینی مرحله‌ی جوانه‌زنی در نیمه‌ی جنوبی استان زودتر اتفاق می‌افتد در قسمت‌های جنوبی استان میزان تغییرات نسبت به سایر مناطق بیشتر است و تعداد روزهایی که مرحله جوانه زدن زودتر اتفاق می‌افتد به سمت شمال کاهش پیدا می‌کند. در هر دو سناریو RCP این الگوی مکانی را دنبال می‌کنند با این تفاوت که میزان تغییرات در سناریو RCP8.5 بیشتر از سناریو RCP4.5 است، شکل (۶ و۷). مرحله جوانه زدن در مناطق شمالی و پر ارتفاع استان ۱۶ روز زودتر و از ۱ مارس شروع می‌شود؛ که با راستایی شمال غرب به جنوب شرق و منطبق بر کاهش ارتفاع، شروع دوره جوانه زدن به تعویق می‌افتد (شکل ۸).

در مرحله‌ی شکفتن جوانه‌ها الگوی مکانی در سناریو RCP4.5 در سطح استان مشاهده نمی‌شود و در تمام سطح استان میزان تغییرات ۸-۱۰ روز می‌باشد؛ اما در سناریو RCP8.5 میزان تغییرات بیشتر و ازلحاظ مکانی شمال غرب و جنوب غرب میزان تغییرات کمتری نسبت به سایر قسمت‌ها دارند(شکل ۹و۱۰). اما مرحله شکفتن بر عکس مرحله جوانه زدن بوده به نحوی که در نیمه شمالی استان ۱۱ روز مرحله شکفتن دیرتر نسبت به ایستگاه‌های نیمه جنوبی آغاز می‌گردد که با این تغییر، بازه زمانی جوانه زدن تا شکفتن در نیمه شمالی استان ۳۰ روز طول کشیده است؛ اما در نیمه جنوبی این دوام تنها ۳ روز بوده است و در نیمه جنوبی این مرحله زودتر شروع‌شده است (شکل ۱۱).

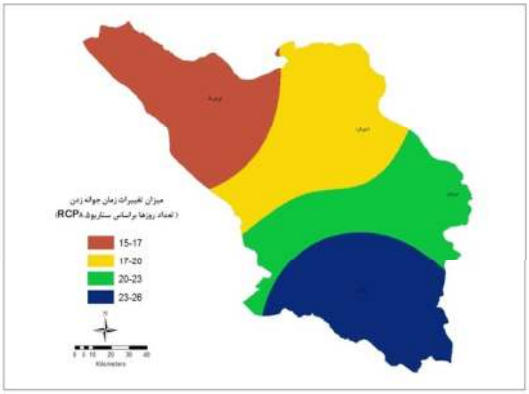
در مرحله‌ی گل دادن و تشکیل میوه در سناریو RCP4.5 میزان تغییرات در شمال شرق بیشتر و در شمال غرب کمتر از سایر مناطق است؛ اما در سناریو RCP8.5 میزان تغییرات در جنوب استان بیشتر از سایر مناطق است. مناطق با کمترین تغییرات در این سناریو همانند سناریو RCP4.5 در شمال غرب استان قرار دارد، (شکل های۱۲ و ۱۳). در مرحله گل دادن تغییرات برعکس شده است به نحوی که فاصله شکفتن تا گل دادن در نیمه شمالی استان تنها ۵ روز دوام داشته است اما در نیمه جنوبی تا ۹ روز به طول انجامیده است. مرحله گل دادن هم در نیمه جنوبی زودرس تر از نیمه شمالی استان بوده است (شکل ۱۴).

در مرحله‌ی رشد میوه در نیمه‌ی جنوبی استان میزان تغییرات بیشتر از سایر مناطق است به سمت شمال از میزان این تغییرات کاسته می‌شود. الگوی مکانی در سناریو RCP8.5 مانند سناریو RCP4.5 است با این تفاوت که میزان تغییرات در سناریو RCP8.5 بیشتر است شکل (۱۵و۱۶). در مرحله رشد، بازه زمانی گل دادن تا رشد در سراسر استان به صورت برابر با هم ۲۶ روز طول کشیده است؛ اما علی رغم این برابری شروع مرحله رشد در نیمه جنوبی نسبت به سایر مناطق استان زودتر شروع شده است (شکل۱۷). در مرحله‌ی رسیدن میوه در هر دو سناریو قسمت‌های شمالی استان میزان تغییرات کمتر از سایر قسمت‌ها می‌باشد و به سمت جنوب میزان تغییرات افزایش می‌یابد (شکل های ۱۸ و ۱۹). در مرحله آخر یعنی رسیدن میوه، فاصله زمانی رشد تا رسیدن میوه، در نیمه شمالی ۱۳۰ روز و در نیمه جنوبی استان ۱۰۳ روز دوام داشته است. در نیمه جنوبی استان مرحله رسیدن میوه هم زودتر رخ داده است و هم اینکه بازه زمانی کوتاه تری از رشد تا رسیدن، پیموده است (شکل۲۰). نتایج نشان داد در مناطقی که مراحل فنولوژی زودتر اتفاق می‌افتد، میزان تأثیرپذیری مراحل فنولوژی کشت بادام از تغییرات اقلیمی بیشتر است. در مناطق جنوبی استان مراحل فنولوژی استان زودتر از سایر قسمت‌ها اتفاق می‌افتد و این مناطق تأثیرپذیری بیشتری از تغییر اقلیم دارند.

نتایج این تحقیق با مطالعات (احمدی و همکاران، ۱۳۹۶؛ یزدان پناه و سلیمانی تبار،۱۳۹۲؛ دیوید[1] و همکاران، ۲۰۰۸؛ کامیل و گری[2]، ۲۰۰۲) که نشان دادند فنولوژی محصولات کشاورزی تحت تاثیر تغییرات اقلیمی قرار می گیرد و این تغییرات باعث می شود که طول دوره ی رشد محصول کاهش پیدا کند. همچنین با افزایش دما مرحله ی رسیدن میوه زودتر اتفاق می افتد، مطابقت دارد.

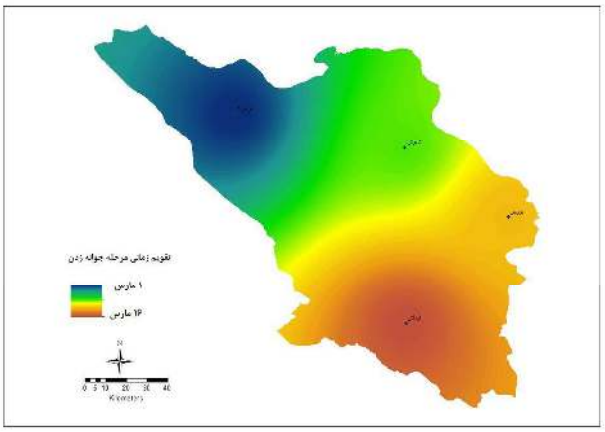


شکل ۶: میزان تغییرات زمان جوانه زدن (سناریو RCP4.5)

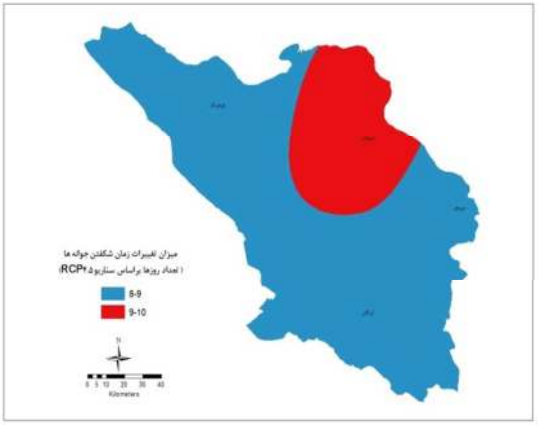


شکل۷: میزان تغییرات زمان جوانه زدن (سناریو RCP8.5)

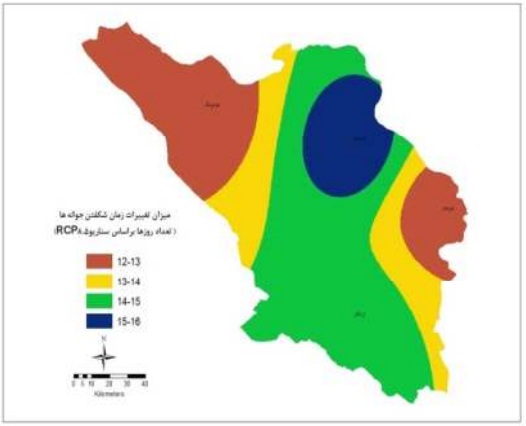
[1]- David
[2]- Camille and Gary



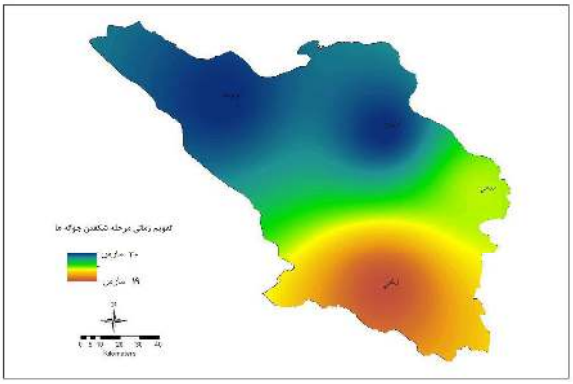
شکل۸: میزان تغییرات زمان جوانه زدن دوره مشاهداتی



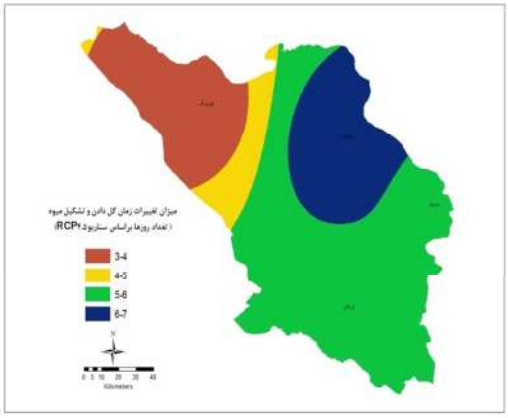
شکل۹: میزان تغییرات زمان شکفتن جوانه (سناریو RCP4.5)



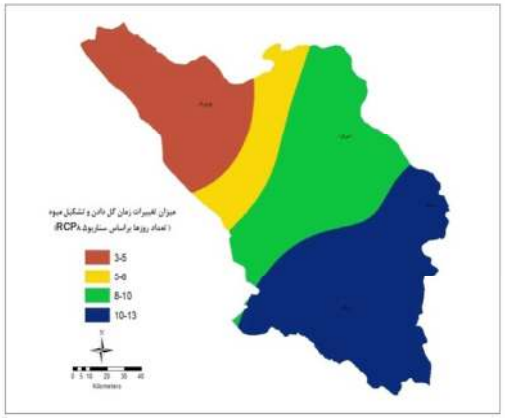
شکل۱۰: میزان تغییرات زمان شکفتن جوانه (سناریو RCP8.5)



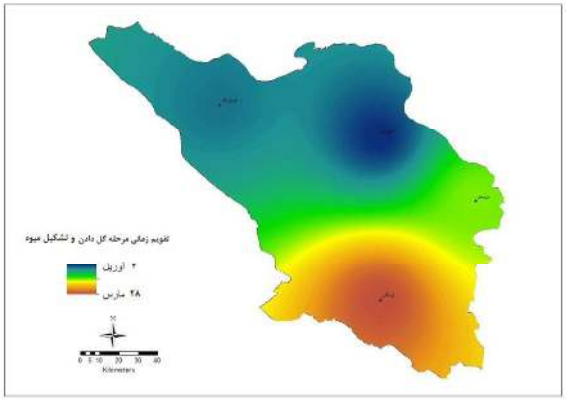
شکل۱۱: میزان تغییرات زمان شکفتن جوانه در دوره مشاهداتی



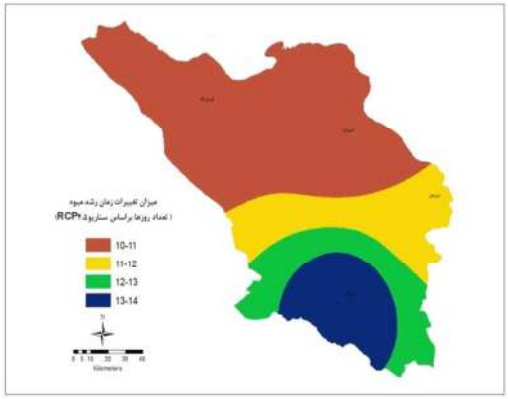
شکل۱۲: میزان تغییرات زمان گل دادن (سناریو RCP4.5)



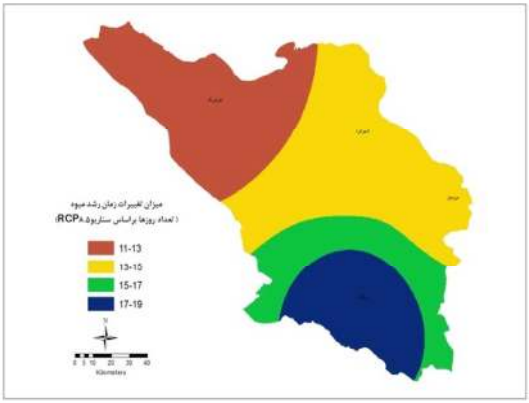
شکل۱۳: میزان تغییرات زمان گل دادن (سناریو RCP8.5)



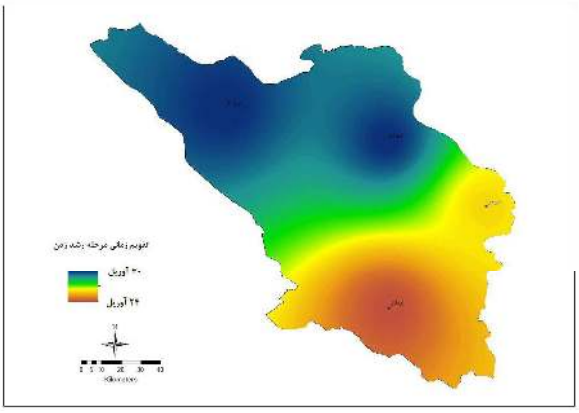
شکل۱۴: میزان تغییرات زمان گل دادن در دوره مشاهداتی



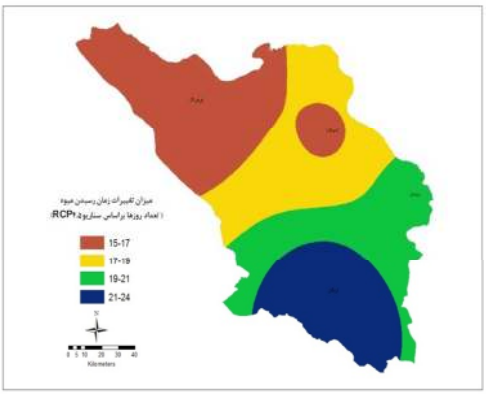
شکل۱۵: میزان تغییرات زمان رشد میوه (سناریو RCP4.5)



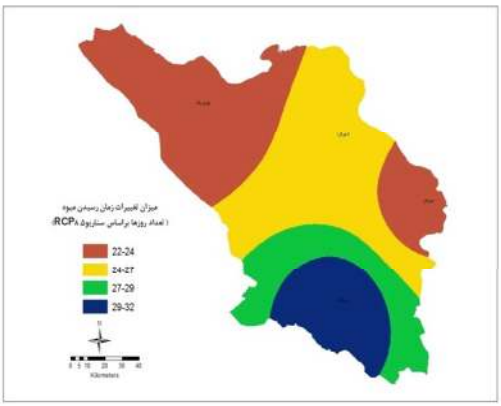
شکل۱۶: میزان تغییرات زمان رشد میوه (سناریو RCP8.5)



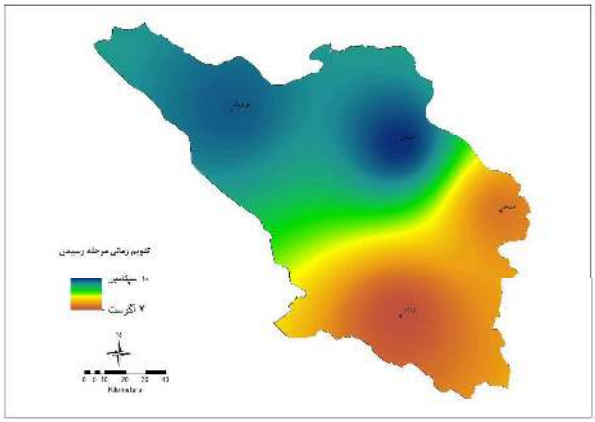
شکل۱۷: میزان تغییرات زمان رشد میوه در دوره مشاهداتی



شکل۱۸: میزان تغییرات زمان رسیدن میوه (سناریو RCP4.5)



شکل۱۹: میزان تغییرات زمان رسیدن میوه (سناریو RCP8.5)



شکل۲۰: میزان تغییرات زمان رسیدن میوه در دوره مشاهداتی

نتیجه‌گیری

این مقاله با تحلیل زمانی- مکانی اثر تغییر اقلیم بر فنولوژی بادام در سناریوی وضعیت موجود (۲۰۱۵- ۱۹۸۵) و دو سناریوی RCP ۴,۵ و ۸,۵ (۲۰۵۰- ۲۰۲۰) بر اساس داده‌های مشاهده‌شده و مدل canESM2 را در استان چهارمحال و بختیاری شبیه‌سازی نموده است. بر اساس نتایج حاصل از جداول (۴ و ۵) کل مراحل جوانه زدن تا رسیدن میوه در دوره آینده نسبت به دوره مشاهداتی با زودرسی مواجه می‌شوند. به‌نحوی‌که در مرحله جوانه زدن مربوط به ایستگاه لردگان در سناریوی RCP ۸,۵ با ۲۶ روز، مرحله شکفتن جوانه‌ها در ایستگاه شهرکرد با ۱۵ روز و مراحل گل دادن، رشد و رسیدن میوه به ترتیب با ۱۳، ۱۹ و ۳۲ روز در ایستگاه لردگان بیشترین کاهش بازه زمانی را در دوره آینده نسبت به دوره مشاهداتی در سطح استان را به خود اختصاص داده‌اند؛ اما کمترین تغییرات ازنظر زودرس بودن مراحل فنولوژی بادام بین دوره آینده و مشاهداتی مربوط به مرتفع‌ترین ایستگاه یعنی کوهرنگ است. مقادیر پیش‌بینی‌شده در هر مرحله فنولوژی بادام در سناریوی RCP ۸,۵ نسبت به سناریوی RCP ۴,۵ بیشتر بوده است.

اما بازه زمانی جوانه زدن - شکفتن و شکفتن - گل دادن در ایستگاه‌های موردبررسی در دوره آینده نسبت به دوره مشاهداتی افزایش‌یافته است؛ اما بازه زمانی گل دادن- رشد میوه و رشد - رسیدن میوه با کاهش مواجه شده است. بیشترین افزایش بازه زمانی در مرحله جوانه زدن - شکفتن مربوط به ایستگاه لردگان از ۱۸ به ۳۸ روز، مرحله شکفتن - گل دادن از ۵ به ۱۳ روز در ایستگاه کوهرنگ بوده است. بیشترین کاهش بازه زمانی مرحله گل دادن- رشد از ۲۶ روز به ۱۷ روز در ایستگاه لردگان و مرحله رشد - رسیدن میوه نیز از ۱۴۰ به ۱۱۹ روز در ایستگاه کوهرنگ بوده است. با زودرس شدن مراحل جوانه‌زنی و شکفتن و رسیدن آن از اواخر زمستان به اواسط زمستان در استان چهارمحال و بختیاری با توجه به ارتفاع زیاد و رخداد موج‌های سرما و یخبندان شدید در این استان (کریمی و همکاران، ۱۳۹۱) و رشد میوه از اواخر به اوایل بهار با یخبندان‌های دیررس بهاره (براتی، ۱۳۷۸) مواجه می‌شود که می‌تواند آسیب جدی را در بخش محصولات باغی و کشاورزی بر جای بگذارد. در مقابل هم زودرس شدن زمان رسیده میوه از اواخر به اواسط تابستان با پدیده گرمازدگی محصولات به‌ویژه در مناطق شمالی استان مواجه می‌شویم. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق در زمینه کاهش طول دوره رشد و مراحل مختلف آن با تحقیق میرعباسی و نجف آبادی و همکاران (۱۳۹۴) برای شهرستان نجف آباد و جوادی و همکاران (۱۳۹۳) برای شهرستان سبزوار منطبق است.

از محصولات عمده کشاورزی در استان چهار حال بختیاری بادام می‌باشد که با عرضهٔ آن به بازار جهانی موجب اشتغال در منطقه شده و توان اقتصادی کشاورزان پیشرفت قابل‌ملاحظه‌ای یافته است. تغییر اقلیم باعث تغییر در عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود، ازجمله محصولاتی که در مقابل تغییر اقلیم آسیب‌پذیر است بادام می‌باشد. در این تحقیق اثرات تغییر اقلیم بر فنولوژی بادام در دوره‌ی ۲۰۲۰-۲۰۵۰ مدل‌سازی گردید.

منابع

احمدی، محمود؛ مصطفی فلاحی خوشجی و امید مفاخری (۱۳۹۶). پیش بینی تغییرات تقویم زراعی جو دیم (Hordeum vulgare L) در سال های ۲۰۳۰-۲۰۱۱ استان لرستان با استفاده از مدل های ریز مقیاس کنندهLARS-WG و گردش عمومیHadCM3 ، مجله بوم شناسی کشاورزی، دوره ۹، شماره ۲، صص ۴۷۵- ۴۸۹.

آبابایی، بهنام؛ تیمور سهرابی، فرهاد میرزایی، وحید رضاوردی نژاد و بختیار کریمی (۱۳۸۹). اثر تغییر اقلیم بر عملکرد گندم و تحلیل ریسک ناشی از آن (مطالعه موردی: منطقه روددشت اصفهان)، مجله دانش آب و خاک، دوره ۲۰، شماره ۳، صص ۱۳۵-۱۵۰.

اسماعیلی، رضا؛ امیر گندمکار و حسنعلی غیور (۱۳۹۰). پهنه بندی میزان تغییرات اقلیمی از دیدگاه کشاورزی در دوره اقلیمی آینده مطالعه موردی: استان خراسان رضوی، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دوره۲۲، شماره ۱، صص ۳۵-۵۲.

اسدی بروجنی، اسماعیل و شهرام محمدی ده چشمه (۱۳۸۴). مکان یابی مناطق مستعد کشت تعدادی از حبوبات در استان چهارمحال و بختیاری با توجه به نیازهای حرارتی، اولین همایش ملی حبوبات، پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۹ و ۳۰ آبان، مشهد، ایران.

ایوزیان، مجید و ابوافضل واقفی (۱۳۸۷). مبانی احتمالات و آمار مهندسی، انتشارات ترمه، چاپ اول،۱۸۹ص.

براتی، غلامرضا (۱۳۷۸). روابط سیستمی پرفشارهای مهاجر و یخبندان های بهاره ایران، مجله تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۵، صص ۱۳۲-۱۵۰.

جعفری مقدم، مجید؛ حسین حاجیزاده، افشین سلطانی و ابراهیم زینلی (۱۳۸۶). پیش بینی اثر تغییر اقلیم جهانی برآب و هوای آینده خراسان. دومین همایش ملی کشاورزی و بوم شناختی، ۱۷ و ۱۸ اردیبهشت، تهران، ایران.

جوادی، زهرا؛ غلامعباس فلاح قالهری و علیرضا انتظاری (۱۳۹۳). نقش پارامترهای آب و هوایی بر عملکرد محصول بادام مطالعه موردی: سبزوار، مجله پژوهش های اقلیم شناسی، دوره ۵، شماره ۱۷، صص ۱۴۱-۱۲۵.

علیجانی، بهلول؛ احمد روشنی، فاطمه پرک و روح الله حیدری (۱۳۹۱). روند تغییرپذیری فرین‌های دما با استفاده از شاخص های تغییر اقلیم در ایران، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره اول، شماره، صص۱۷-۲۳.

کریمی، صادق؛ حسین نگارش، تقی طاووسی و بهلول علیجانی (۱۳۹۱). تحلیل همدید امواج سرماهای فراگیر ایران، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۹، صص۷۶-۵۵.

کوچکی، علیرضا و کمالی، غلامعلی (۱۳۸۹). تغییر اقلیم و تولید گندم دیم در ایران. مجله پژوهش های زراعی ایران. شماره ۸، صص ۵۲۰-۵۰۸.

کوچکی، علیرضا؛ حمیدرضا شریفی و اسکندر زند (۱۳۷۷). پیامدهای اکولوژیکی تغییر اقلیم، انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ اول، ۲۲۵ ص.

محسنی، علی (۱۳۹۰). بررسی وضعیت بادهای باردار در ایران، دومین همایش ملی بادام. تهران، ایران.

مرادی، روح اله؛ علیرضا کوچکی و مهدی نصیری محلاتی (۱۳۹۲). تاثیر تغییر اقلیم بر تولید ذرت و ارزیابی تغییر تاریخ کاشت بعنوان راهکارسازگاری در شرایط آب و هوایی مشهد، مجله دانش کشاورزی و تولید پایدار، دوره ۲۳، شماره۴، صص ۱۳۰-۱۱۱.

مومنی، محمد (۱۳۸۲). تغییر اقلیم و اثرات آن بر ناپایداری اکولوژیکی ایران، سومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، تهران، ایران.

میرعباسی نجف آبادی، زهرا؛ سعید موحدی و علی براتیان (۱۳۹۴). تأثیر اقلیم بر فنولوژی بادام در شهرستان نجف آباد در دمای فعال، مجله آب و هواشناسی کاربردی، دوره ۲، شماره۱، صص ۱۶-۱.

هاشمی نسب خبیصی، فریده؛ محمد موسوی بایگی، بهرام بختیاری و کامران داوری (۱۳۹۲). پیش بینی تغییرات بارش ۲۰ سال آینده در استان کرمان با استفاده از مدل های ریز مقیاس کننده LARS-WG و گردش عمومی HADCM3، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال سوم، شماره۱۲، صص ۵۷-۴۳.

یزدان پناه، حجت الله و مریم سلیمانی تبار (۱۳۹۲). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر مراحل فنولوژی سیب در شمال شرق ایران، نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران.

Camille, P., Gary, Y (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems, Journal of Nature volume 421, pp 37– 42.
Carroll, E., Sparks, T., Donnelly, A., Cooney, T (2009). Irish phenological observations from the early20th century reveal a strong response to temperature, Journal of Biology and Environment, volume 109, pp 116-126.
Charron, I (2014). A Guidebook on Climate Scenarios: Using Climate Information to Guide Adaptation Research and Decisions, publication of Ouranos, 86 p.
Crepinsek, Z., Kajfez-Bogataj, L., Bergant, K (2006). Modeling of weather variability effect on phytophenology, Journal of Ecological Modelling, volume 194, pp 256-265.
David, W (2008). Effects of climate change on phenology, frost damage, and floral abundance of montane wildflowers, Journal of Ecology, volume 89, No 2, pp 353–362
Fengmei, Y., Yinglong, X., Erda, L., Masayuki, Y., Jiahua, Z (2007). Assessing the impacts of climate change on rice yields in the main rice areas of China, Journal of Climatic Change, Volume 80, pp 395-409.
Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., Ritchie, J.T (2003). The DSSAT cropping system model, Journal of Europe Agronomy, volume 18, pp 235-265.
Laura, V., Ingrida, S., Aruna, B (2010). The modeling of climate change influence on plant flowering shift in Lithuania. Zemdirbyste, Journal of Agriculture, volume 97, pp 41-48.
Orlandi, F., Ruga, L., Romano, B., Fprnaciari, M (2005). Olive flowering as an indicator of local climate changes. Journal of Theoretical and Applied Climatology, volume 81, pp 169-176.
Reidsma, P, Evert, F., Lansink, A.O (2007). Analysis of farm performance in Europe under different climatic and management conditions to improve understanding of adaptive capacity, Climate Change, volume 84, pp 403-422.
Sakalauskiene, S., Brazathe ityte, A., Sakalauskaite, J (2008). Complex influence of different humidity and temperature regime on PEA photosynthetic indices in VI-VII organogenesis stages, pp.106the.the Abstracts of International Scientific Conference, actualities in plant physiology, 12-13 June Lithuanian University of Agriculture, Babtai.
Smith, D.W., van, W., Michael, C., John, W (2010). An analysis of climate change impacts on irrigated crop water requirement in the SA MDB region. CRC for irrigation future, Technical 10. report No 15.10. and CSIRO land and water science, report No 05.
Tatsumi, K., Oizumi, T., Yamashiki, Y (2013). Introduction of daily minimum and maximum temperature change signals in the Shikoku region using the statistical downscaling method by GCMs, Journal of Hydrological Research Letters, Volume 7, No 3, pp 48-53.
Wiel, Golaski, FE (1999). Starting dates and basic temperatures in phenological observation ons of plants. International Journal of Biometeorology, Volume 42, pp 158-168.
Wilby, R.L., Tomlinson, O.J., Dawson, C.W (2007). Multi-site simulation of precipitation by condition resampling, Journal of Climate Research, Volume 23, pp 183-194.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۱۳

تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۲۴

صفحات: ۷۴ - ۵۹

پیش‌بینی بارش‌های سنگین غرب کشور بر اساس برآوردهای رادار هواشناسی با استفاده از روش Z-R

فرشاد صفرپور[۱]، جواد خوشحال دستجردی[۲]*، سید ابوالفضل مسعودیان[۳]

چکیده

میزان بارش اندازه‌گیری شده توسط رادار با میزان بارش دریافت شده در سطح زمین تفاوت دارد. این اختلاف علل متعددی دارد که برخی از آن‌ها به ماهیت رادار و برخی دیگر به شرایط آب و هوایی هر منطقه مربوط می‌شود. در نتیجه برای تعیین میزان بارش‌های دریافتی در سطح زمین از داده‌های حاصل از رادار، باید داده‌های رادار را بر اساس داده‌های زمینی تصحیح کرد. پیوند میان بارش و بازتابندگی رادار نمایی است از $Z = aR^b$. اگر مقادیر ضرایب این مدل درست انتخاب نشوند برآورد مقدار بارش توسط رادار با اشتباه همراه می‌شود. اندازه و توزیع چکه‌های بارش اثر زیادی بر مقادیر ضرایب این مدل دارد. دامنه‌ی وردش در ضرایب این مدل بسیار زیاد است. دراین پژوهش از داده‌های رادار کرمانشاه به عنوان نماینده غرب کشور استفاده شد. ایتدا بارش‌های ۱۲ تا ۱۳ آذر سال ۱۳۹۵ و ۲۲ تا ۲۴ بهمن سال ۱۳۹۶ ایستگاه‌های کرمانشاه، سرپل ذهاب، قصرشیرین، اسلام‌آباد، کنگاور، روانسر، سنقر، گیلان‌غرب، جوانرود، هرسین، سومار و تازه‌آباد که در محدوده‌ی ۳۰ تا ۱۰۰ کیلومتری رادار کرمانشاه جا گرفته‌اند، بررسی شد. در بارش اول برای هریک از نقاط مورد مطالعه، زاویه‌ی ارتفاع بهینه‌ی پرتو انتخاب و رابطه‌ی مربوط به آن نقطه استخراج و ضرایب تصحیح بدست آمد. با استفاده از این رابطه مقدار بارش برآوردی رادار از ۳۵ درصد به ۹۷ درصد افزایش یافت و میانگین مجموع بارش برآورد شده رادار از ۹/۲ به ۳۰/۱ میلی-متر رسید که از میانگین واقعی فقط ۴ میلی‌متر کم‌تر است. در بارش دوم، با استفاده از داده‌های بارش تمام نقاط مورد مطالعه، فقط یک معادله استخراج شد و ضرایب تصحیح رادار به دست آمد. نتایج برآورد بارش رادار به این روش نیز با تقریب خوبی مورد قبول بود و میانگین مجموع بارش برآورد رادار از ۱۱/۳ به ۲۹/۵ میلی‌متر افزایش یافت که ۶ میلی‌متر از مقدار واقعی کم‌تر بود. اگر ضرایب رادار برای مناطق مختلف به درستی تصحیح شوند، می‌توان بارش‌ها را پیش‌بینی و از وقوع حوادث غیرمترقبه جلوگیری کرد.

واژگان کلیدی: رادار هواشناسی، برآورد بارش، کالیبره کردن، غرب ایران.

[۱]- دانشجوی دکتری، آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان farshadclima2008@gmail.com

[۲]- دانشیار، آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان(نویسنده مسئول) j.khoshhal@geo.ui.ac.ir

[۳]- استاد، آب و هواشناسی، دانشگاه اصفهان porcista@yahoo.com

مقدمه

برآورد الگوهای (مدلسازی) رفتار بارش، از بنیادهای اصلی در تحقیقات مکانی اقلیمی محسوب می‌شود (قالهری فلاح و کدخدا، ۱۳۹۵). بارش‌های غرب کشور همانند سایر مناطق کوهستانی عمدتا کوه‌بارشی (اوروگرافیک) و رگباری می‌باشد. پیش‌بینی بارش‌های رگباری از لحاظ شدت، مقدار و تداوم به روش‌های معمول، اغلب به طور دقیق میسر نبوده و به پیش‌بین‌های بسیار خبره و آشنا به شرایط محلی نیاز دارد. این امر منجر به سیلاب‌های شدید، مخرب و گاهی فاجعه‌بار در این مناطق می‌گردد. امروزه رادارهای هواشناسی می‌توانند به عنوان ابزاری بسیار ارزشمند برای پیش‌بینی بارش‌های رگباری در اختیار متخصصان پیش‌بینی قرار گیرند، به شرطی که با شرایط محلی سنجه‌سازی گشته و در طی زمان و با تغییرات آب و هوایی واسنجی شوند. هدف تحقیق حاضر نیز سنجه‌سازی رادار هواشناسی کرمانشاه با شرایط استان مذکور است تا متخصصان پیش‌بینی با به کار گیری این رادار بتوانند ویژگی‌های بارش را قبل از وقوع آن پیش‌بینی کرده، هشدارهای لازم را به مردم و مسئولان داده و از خسارات به مساکن، ابنیه‌های تاریخی، تاسیسات شهری و روستایی، مزارع، انسان و حیوانات تا حد ممکن جلوگیری نمایند.

پیش‌بینی بارش‌ها به روش‌های مختلفی صورت می‌گیرد که مهم‌ترین آن‌ها عبارتند از پیش‌بینی همدید، پیش‌بینی ترمودینامیک، پیش‌بینی ماهواره‌ای و پیش‌بینی راداری. در سه روش نخست، اولاً مقدار، زمان و مکان دقیق بارش امکان‌پذیر نیست و دوماً فواصل زمانی بین دیده‌بانی‌ها حداقل ۶ و یا ۱۲ ساعت خواهد بود. اصلی‌ترین علت پایین بودن دقت پیش‌بینی مقدار و مکان بارش نیز به چیدمان و فواصل زیاد ایستگاه‌های زمینی و قدرت تفکیک پایین آن‌ها مربوط می‌شود که در اثر آن بسیاری از سرزمین‌های واقع در بین جایگاه‌ها قابل رویت نبوده و در نظر گرفته نخواهد شد؛ اما در پیش‌بینی راداری محل دقیق و میزان بارش نقاط کم‌مساحت هم تا حدود زیادی امکان‌پذیر است. زیرا قدرت تفکیک رادار بالا بوده و نیز به علت نفوذ پرتوهای آن در درون ابرها و اندازه‌گیری مقدار رطوبت در داخل طبقات آن‌ها، رادار به سرعت و با دقت بالا می‌تواند محل و میزان بارش‌های ناشی از ابرهای مختلف را برآورد و محاسبه کند.

میزان بارش اندازه‌گیری‌شده توسط رادار با میزان بارش دریافت شده در سطح زمین تفاوت دارد. این اختلاف علل متعددی دارد که برخی از آن‌ها به ماهیت رادار و برخی دیگر به شرایط آب‌وهوایی هر منطقه و ویژگی‌های سطح زمین مربوط می‌شود (چرستدوالو و میشل[1]، ۲۰۰۴). امروزه رادارهای هواشناسی برای اندازه‌گیری شدت بارش در مناطق نسبتاً وسیع و با درجه‌ی تفکیک مکانی و زمانی مناسب بکار می‌روند. معادله‌ی رادار هواشناسی پیوند بین توان دریافتی توسط رادار و ویژگی‌ها و فاصله‌ی هدف تا رادار را بیان می‌کند. با استفاده از معادله زیر می‌توان مقادیر چکه‌های بارش را محاسبه کرد:

$$\overline{P_r} = C\frac{|K|^2}{r^2}Z \qquad (۱)$$

1- Christodoulous and Michael

$\overline{P_r}$ میانگین پژواک (بر حسب وات) دریافتی از چکّه باران‌هایی که در فاصله‌ی r کیلومتری رادار هستند، C ثابت رادار، $|K|^2$ ضریبی که به ثابت دی‌الکتریک آب ($0.93 \approx$) وابسته می‌باشد و Z ضریب بازتابندگی رادار برحسب میلی-متر بر مترمکعب است. مقدار C، وابسته به مشخصات فنی رادار و $|K|^2$ و Z وابسته به ویژگی‌های بارش هستند(یوجلنهوت[1]، ۲۰۰۱). با ثابت در نظر گرفتن $|K|^2$ آب رابطه (۱) را می‌توان به صورت زیر نوشت.

$$P_r = c\frac{Z_e}{r^2} \qquad (۲)$$

Z_e ضریب بازتابندگی رادار است که به تعداد و اندازه چکه‌های بارش بستگی دارد (لی و زاداوسکی[2]، ۲۰۰۵).

آزمایش‌هایی که در طول موج ۱۰ سانتی‌متری رادار انجام شد، نشان داد که توان بدست آمده از بازتابش چکه‌های بارش با ضریب بازتابندگی رادار، با توان ششم قطر چکه‌های بارش متناسب است و این تناسب در برآورد شدت بارش تا فاصله ۱۰۰ کیلومتری رادار مفید است (مارشال و آلبرتو[3]، ۲۰۰۲). این تناسب بر چندین فرض استوار است: ۱- واسنجی رادار عالی انجام شده باشد، ۲- پخش از رابطه ریلی پیروی کند، ۳- پرتو رادار دستخوش تضعیف نشود، ۴- مانعی در برابر پرتوهای راداری نباشد و ۵- انتشار پرتوها دستخوش ناهنجاری نشود (باتان[4]، ۱۹۷۳).

در رابطه با برآورد بارش توسط رادار و صحت‌سنجی داده‌های رادار در ایران و جهان پژوهش‌های زیادی صورت گرفته است. پژوهش محمدیها، معماریان و ریحانی‌پروری (۱۳۹۲) در واسنجی برآورد بارش رادار هواشناسی تهران نشان داد که مقادیر برآورد بارش رادار از مقادیر بارش باران‌سنج‌ها کم‌تر است. که این ناسازگاری میان رادار و باران‌سنج‌ها در اوج شدت بارش بیش‌تر است. نتایج این پژوهش نشان داد که با تصحیح ضرایب رادار در هر نقطه و درهر فصل، برآورد بارش رادار به مقدار درست نزدیک‌تر می‌شود.

مکوندی (۱۳۸۹)، به منظور ارزیابی دقت تخمین بارندگی رادار، داده‌های رادار هواشناسی تبریز را واسنجی کرد. نتایج تحقیق نشان داد که ضرایب پیش‌فرض رادار برای پیش‌بینی بارش مناسب نیست. وی برای برآورد بهتر بارش، مقدار a و b را به ترتیب ۱۸/۶ و ۱/۱۹ برای رادار تبریز پیشنهاد کرد.

همچنین طوفانی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۷)، توانایی سیستم راداری باند x در تخمین بارندگی در یک منطقه شهری در کشور هلند را مورد بررسی قرار دادند. برای این کار ابتدا داده های راداری از خطاهای ناشی از کلاتر زمین و تضعیف سیگنال تصحیح شده و سپس شدت بارندگی از روی داده‌های اصلاح شده را محاسبه کردند و در نهایت نتایج حاصله با میزان شدت بارندگی ثبت شده توسط ۴ باران‌سنج موجود در منطقه مورد مقایسه قرار گرفته است. بررسی‌ها نشان داد که روند سری زمانی نتایج راداری مطابق روند سری زمانی داده‌های ثبت شده توسط بارانسنج‌ها می باشد، اما اندازه-گیری‌های انجام شده توسط رادار نیاز به اصلاح و واسنجی دارد.

1 - Uijlenhoet
2 - Lee and Zawadzki
3 - Michela and Alberto
4 - Battan

آمیتای و همکاران[1] (۲۰۰۲) برای واکاوی ناتوانی رادار هواشناسی در برآورد بارش در کشور کره جنوبی، داده‌های نخست رادار و داده‌های تصحیح شده رادار و داده‌های بدست‌آمده به روش کریجینگ را در مدل‌های آب‌شناسی آزمایش کردند و به این دست‌آورد رسیدند که داده‌های تصحیح شده رادار به مقدار واقعی نزدیک‌تر است. اوریم و هالمن[2] (۲۰۰۸) داده‌های برآورد شده رادار برای یک دوره ۱۰ ساله و در بازه‌های زمانی ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۲و ۲۴ ساعته و با درجه تفکیک ۲,۴ کیلومتر مربع در هلند را واکاوی کردند. همچنین اوریم و بیشاند[3] (۲۰۰۹) به کمک رادار هواشناسی، بارش‌های سنگین هلند را در یک دوره ۱۱ ساله واکاوی کردند و منحنی شدت-مدت- فراوانی را برای بازه زمانی ۱۵ دقیقه تا ۲۴ ساعته خطایابی کردند.

مایکلا و همکاران[4] (۲۰۰۸) در واکاوی داده‌های راداری و داده‌های زمینی در ایتالیا نتیجه گرفتند که تراکم بسیار خوب یک شبکه‌ی باران‌سنج هم نمی‌تواند به خوبی رادار جزئیات بارش‌های همرفتی را نشان دهد. اسمیت و کراجوسکی[5] (۲۰۰۲) دامنه وردش a از چند ده تا چند صد و دامنه وردش b بین ۱ تا ۳ در نظر گرفته‌اند. مارشال و گان[6] (۱۹۵۵) پیوند نزدیکی برای مقادیر بارش بین ۱ تا ۵۰ میلی‌متر بر ساعت را برای رابطه $Z - R$ بیان کرده و باور دارند استفاده از این رابطه برای انواع بارش‌های مختلف مفید است.

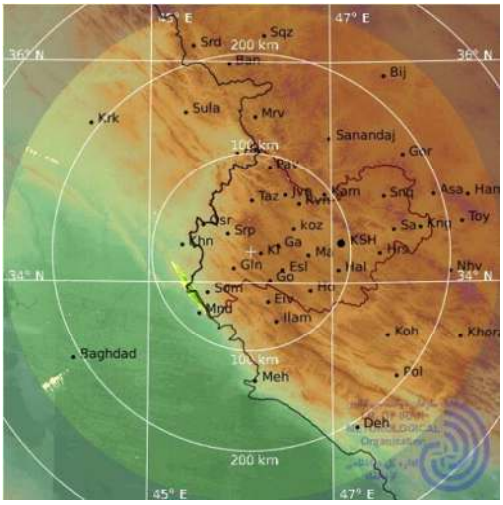
با در نظر گرفتن نتایج پژوهش‌های فوق این پژوهش قصد دارد ضرایب رادار کرمانشاه که بطور پیش‌فرض a=200 و b=1.6 است را تصحیح نماید تا مقدار برآورد بارش به مقدار دقیق‌تر نزدیک شود. با توجه به آن‌چه گفته شد، مسئله اصلی این پژوهش عبارت خواهد بود از این‌که در غرب کشور چه رابطه و یا روابطی بین بارش‌های اندازه‌گیری شده توسط رادار و بارش‌های اندازه‌گیری شده توسط باران‌سنج‌های زمینی وجود دارد تا بتوان با اعمال این رابطه و یا روابط بر روی داده‌های ناشی از رادار، به سرعت بارش‌هایی را که بر روی زمین فرو خواهد ریخت را برآورد نمود.

داده‌ها و روش‌ها

در این پژوهش برای تصحیح ضرایب، از داده‌های باران سنج‌هایی که در محدوده‌ی فاصله‌ی افقی بین ۳۰ تا ۱۰۰ کیلومتری رادار کرمانشاه قرار دارند، استفاده شد. پس ازکنترل کیفی و کمّی بارش‌ها، داده‌های بارشی ۱۰ ایستگاه (کرمانشاه، سرپل‌ذهاب، قصرشیرین، اسلام‌آباد، کنگاور، روانسر، سنقر، گیلان‌غرب، هرسین و تازه‌آباد) که موقعیت و فاصله‌ی آن‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است، انتخاب شد و دیگر ایستگاه‌ها به دلیل نبود پیوستگی آماری و نبود دقت باران‌سنج و مسدود شدن پرتو رادار و .... برای این پژوهش مناسب نبودند. برای این کار ابتدا در نرم‌افزار متلب یک شبکه مختصات جغرافیایی که در محدوده رادار کرمانشاه بود، ایجاد شد که هر پیکسل آن یک کیلومتر مربع بود. بنابراین یک ماتریس ۸۰۰*۸۰۰ برای داده‌های رادار ایجاد شد. دو رخداد بارشی بازه زمانی ۱۲ تا ۱۳ آذر سال ۱۳۹۵

1 - Amitai et al
2 - Overeem and Holleman
3 - Overeem and Buishand
4 - Michela et al
5 - Smith and Krajewski
6 - Marshall and Gunn

و ۲۲ تا ۲۴ بهمن سال ۱۳۹۶ که دارای گستره‌ی افقی بیش‌تر و همچنین شدت و مقدار خوبی بودند برای این پژوهش برگزیده شدند. تمامی ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه دارای داده‌های بارشی ۱۰ دقیقه‌ای بودند. داده‌های رادار کرمانشاه در بازه زمانی ۱۵ دقیقه‌ای بود. به کمک نرم‌افزار Rainbow (نرم‌افزاری برای تبدیل داده‌های خام رادار به نگاره و فراورده‌های راداری است و در حال حاضر فقط سازمان هواشناسی کشور از آن بهره می‌برد). نخست مقدار بازتابندگی رادار در زمان‌های مشخصی که بارش رخ داده بود یادداشت کرده و با مقدار بارش بدست آمده از باران-سنج مطابقت شد. پس از بدست آوردن مقادیر تازه ضرایب رادار، به کمک نرم‌افزار، نخست شدت بارش سطحی و سپس مجموع بارش یک ساعته آن بدست آمد. از آنجا که مقادیر و شدت بارش رادار بر حسب میلی‌متر بر ساعت است، مقادیر بارش باران‌سنج‌ها نیز به میلی‌متر بر ساعت تبدیل شد. برای برگزیدن ضرایب a و b و واسنجی رادار، داده‌های بارشی باران‌سنج و مقدار بازتابندگی Z، مورد نیاز است که از باران‌سنج‌های زمینی و رادار به دست آمد.



شکل ۱: موقعیت و محدوده جغرافیایی مورد مطالعه

رابطه $Z-R$

شدت بارش از رابطه(۴) بدست می‌آید که در آن V(D) تابع تندی حدی فروافتادن چکه‌های باران در هوای آرام بر حسب متر بر ثانیه و D قطر معادل چکه‌های باران بر حسب میلی‌متر است. ساده‌ترین و رایج‌ترین شکل این تابع، رابطه‌ی توانی (۵) است (لی و زاداوزکی، ۲۰۰۵).

$$R = 6\pi \times 10^{-4} \int_{D_{min}}^{D_{max}} V_D D^3 N_D \, dD \qquad (۳)$$

$$V(D) = CD^{\gamma} \qquad (۴)$$

بجز ذرات با قطر کوچک، دیدبانی‌های تجربی را می‌توان با رابطه عمومی (۶) برازش کرد که در آن D قطر چکه‌ها و N_D تعداد چکه‌ها که قطر آنها بین D و $D+dD$ در واحد حجم است و N_0 تعداد چکه‌های بارش برای قطر مساوی ۰٫۸ میلی‌متر است.

$N_{\mathrm{D}} = \mathrm{N}_0 \mathrm{e}^{-\Lambda \mathrm{D}}$ برای هر شدت بارش مقدار Λ از رابطه(۷) و برحسب میلی‌متر بر ساعت بدست می‌آید.و R شدت بارش بر حسب میلی‌متر بر ساعت است (زاوادسکی[1]، ۱۹۸۸).

$$\Lambda = 41R^{-0.21} \quad (۵)$$

یکی از اولین گزارش‌های اندازه‌گیری بارش توسط رادار، گزارش مارشال در سال ۱۹۴۷ بود. که رابطه تجربی را بر پایه پیوند بین فاکتور بازتابندگی Z و مقدار بارش R بصورت رابطه نمایی $Z = aR^b$ پیشنهاد کرد. a و ضرایبی هستند که ممکن است از یک فصل به فصل دیگر متفاوت باشند (جدول ۱) (یوجلنهوت[2]، ۱۹۹۹).

جدول ۱: ضرایب α و β در رابطه $Z = \alpha R^{\beta}$ بدست آمده از واکاوی رابطه‌یی بارش رادار و مقادیر N_0 و μ ضرایب اشعه گاما توزیع چکه-های بارش و مقادیر مطابقت داده‌شده ضرایب ε و δ در رابطه $\mathrm{D}_0 - R$ از رابطه $\mathrm{D}_0 = \varepsilon R^{\delta}$ و تعیین ارتباط بین شدت بارش R و قطر چکه‌های بارش D *(یولبریچ[3]، ۱۹۸۳)*

منبع		δ	ε	N_0	μ	β	α
Wexler 1948	**بارش‌های کوهستانی**	0.23	0.08	4.27×10^4	-0.27	1.53	208
Ramana.M and Gupta 1959		0.28	0.055	9.82×10^3	-1.03	1.64	109
Blanchard 1953		0.31	0.031	1.59×10^4	-1.39	1.71	31
Jones 1956	**بارش با طوفان رعد وبرق**	0.16	0.13	2.05×10^5	1.63	1.37	486
Blanchard 1953		0.18	0.101	1.24×10^6	1.01	1.41	290
Savaramakrishnan 1961		0.18	0.09	2.46×10^4	1.01	1.41	219
Fujiwara 1965		0.2	0.118	7.05×10^4	0.4	1.46	450
Jones 1956	**بارش گسترده و فراگیر**	0.11	0.114	6.4×10^{10}	4.65	1.25	313
Atlas and Chmela 1957		0.18	0.11	7.53×10^5	1.01	1.41	255
Fujiwara 1965		0.21	0.082	1.96×10^5	.18	1.48	205
Marshall and palmer 1948		0.26	0.077	7.24×10^4	-0.79	1.6	220
Jones 1956	**رگبارها**	0.1	0.129	9.2×10^{10}	5.04	1.34	380
Fujiwara 1965		0.16	0.106	7.54×10^6	1.63	1.37	300
Imai 1960		0.22	0.081	1.09×10^5	-0.01	1.5	200
Muchnik		0.3	0.69	1.31×10^3	-1.34	1.7	204
Foote 1966		0.35	0.095	9.13×10^1	-1.79	1.81	520
Higgs 1952		0.8	0.013	1.29×10^0	-3.42	2.87	126

برآورد نادرست بارش رادار مربوط به توزیع اندازه چکه‌های بارش است که بسیار متغیر است و همچنین به انتخاب نادرست رابطه Z-R بستگی دارد و دلایلی مانند واسنجی سخت افزار، پدیده‌های هواشناسی، جداسازی پرتوها، زمان-بندی درست و .... در برآورد نادرست بارش رادار تاثیر گذار هستند (زاوادوسکی، ۱۹۸۴). برای اعتبار بخشیدن و بهینه کردن برآورد مقدار بارش با داده‌های رادار، فاصله کمتر از رادار مهم است. ارزیابی اندازه‌گیری مقدار بارش درفاصله-های دورتر از رادار، باید مورد مطالعه‌ی بیش‌تری قرار گیرد(رایزکوف و چور[4]، ۲۰۰۳). پژوهش‌های زیادی برای درک اثرات خصوصیات فیزیکی مراحل توزیع اندازه چکه‌های بارش و تاثیر آن بر رابطه‌ی Z-R توسط محققین صورت

1 - Zawadzki
2 - Uijlenhoet
3 - Ulbrich
4 - Ryzhkov and Schuur

گرفته تا داده‌های مشکوک رادار کم‌تر شود و مقدار برآورد بارش رادار به مقدار واقعی نزدیک‌تر شود (یوجلنهوت، ۲۰۰۱).

واکاوی نقش تاخیر زمانی در برآورد بارش رادار با رابطه Z-R برای بازتابش کم، متوسط و زیاد نشان داد که بیش-ترین اختلاف بارش اندازه‌گیری شده برای چکه‌ی بارش با قطر یک میلی‌متر و در ارتفاع ۱۰۷۶ متری و برای بازتابش کم، ۱۰ درصد است واختلاف برآورد بارش برای بازتابش متوسط بسیار ناچیز و قابل چشم‌پوشی است و برای بازتابش زیاد حدود ۶ درصد است. اندازه‌گیری‌های انجام شده بین داده‌های باران‌سنج و رادار باند S, K برای واکاوی نقش زمان و ارتفاع در برآورد بارش نشان داد که مقدار اختلاف بازتابندگی تا ارتفاع ۵۰۰ متری، 1 dB است و با افزایش ارتفاع این اختلاف بیشتر می‌شود. باد و توزیع اندازه چکه‌های بارش، اختلاف بازتابندگی را بیش‌ترمی‌کنند. با توجه به تغییرات زیاد ضرایب a , b در رابطه Z-R، در ۹۵٪ موارد مشاهده شده است که این ضرایب از یک توفان به توفان دیگر فرق می‌کند. توزیع اندازه چکه‌های بارش در ارتفاع مختلف با هم اختلاف دارد و استفاده از یک رابطه Z-R برای برآورد بارش، مقدار خطا را بیش‌تر می‌کند (توکای و همکاران[1]، ۲۰۰۸).

نتایج و بحث

الف) بارش ۱۲ و ۱۳ آذر ماه ۱۳۹۵:

به منظور برگزیدن پیوند بین بازتابندگی رادار و شدت بارش در این بازه‌ی زمانی برای تمامی ایستگاه‌های این پژوهش، زاویه‌های مختلف پرتو ارسالی رادار اندازه‌گیری شد و مقدار بازتابندگی بدست آمد. بازتابندگی رادار برای زاویه‌های پرتو رادار با مقادیر ۰,۲، ۰,۳، ۰,۴، ۰,۵، ۰,۶، ۰,۸، ۱,۱ درجه و همچنین پرتو ارتفاع ثابت ۰,۲ و ۰,۵ کیلومتر رادار برای ۱۲ ایستگاه بدست آمد. و مقدار بارش باران‌سنج در همان بازه زمانی نیز بدست آمد. و سپس در سیستم دستگاه مختصات، معادله خط و ضریب R^2، بازتابندگی با مقدار بارش ایستگاه‌های زمینی بدست آمد. بنابراین برای هر ایستگاه، ۹ معادله خط و ۹ جفت ضرایب مختلف بدست آمد. با استفاده از ضرایب بدست آمده، شدت و مجموع بارش رادار برآورد شد. نتایج بدست برای هر یک از ایستگاه‌ها متفاوت بود. با توجه به مقادیر بارش برآورد شده رادار و جایگاه و دوری ایستگاه‌ها از مرکز رادار، برای هر ایستگاه، زاویه پرتو بهینه به گونه‌ای انتخاب شد که بهترین برآورد بارش، بیش‌ترین همبستگی و کم‌ترین مقدار مربعات خطا را داشته باشد (جدول ۲).

1 -Tokay et al

جدول ۲: معادله خط و ضرایب a , b و برگزیدن رابطه Z-R رادار برای بارش ۱۲ تا ۱۳ آذر ۱۳۹۵

ایستگاه	معادله خط	مقدار R2	مشاهدات	مقدارa	مقدارb	رابطه Z-R
کرمانشاه	Y=1.2379 X + 1.516	R2=0.7407	18	32	1.22	Z=32×R1.22
سرپل	Y=1.0549 X + 1.2955	R2=0.9295	25	23	1.16	Z=23×R1.16
قصرشیرین	Y=1.271 X + 1.4922	R2=0.8484	27	30	1.17	Z=30×R1.17
اسلام آباد	Y=1.271 X + 1.4922	R2=0.8484	24	31	1.27	Z=31×R1.27
کنگاور	Y=1.1166 X +1.5768	R2=0.7873	155	38	1.12	Z=38×R1.12
روانسر	Y=1.048 X + 1.7183	R2=0.8782	11	52	1.05	Z=52×R1.05
سنقر	Y= 1.175 X + 1.7639	R2=0.9172	11	58	1.18	Z=58×R1.18
گیلانغرب	Y=1.0458 X + 1.2955	R2=0.8372	18	34	1.17	Z=33×R1.24
هرسین	Y=1.1249 X + 1.3552	R2=0.8324	23	24	1.21	Z=38×R1.17
تازه آباد	Y=1.1541 X + 1.3235	R2=0.8654	16	13	1.16	Z=36×R1.08

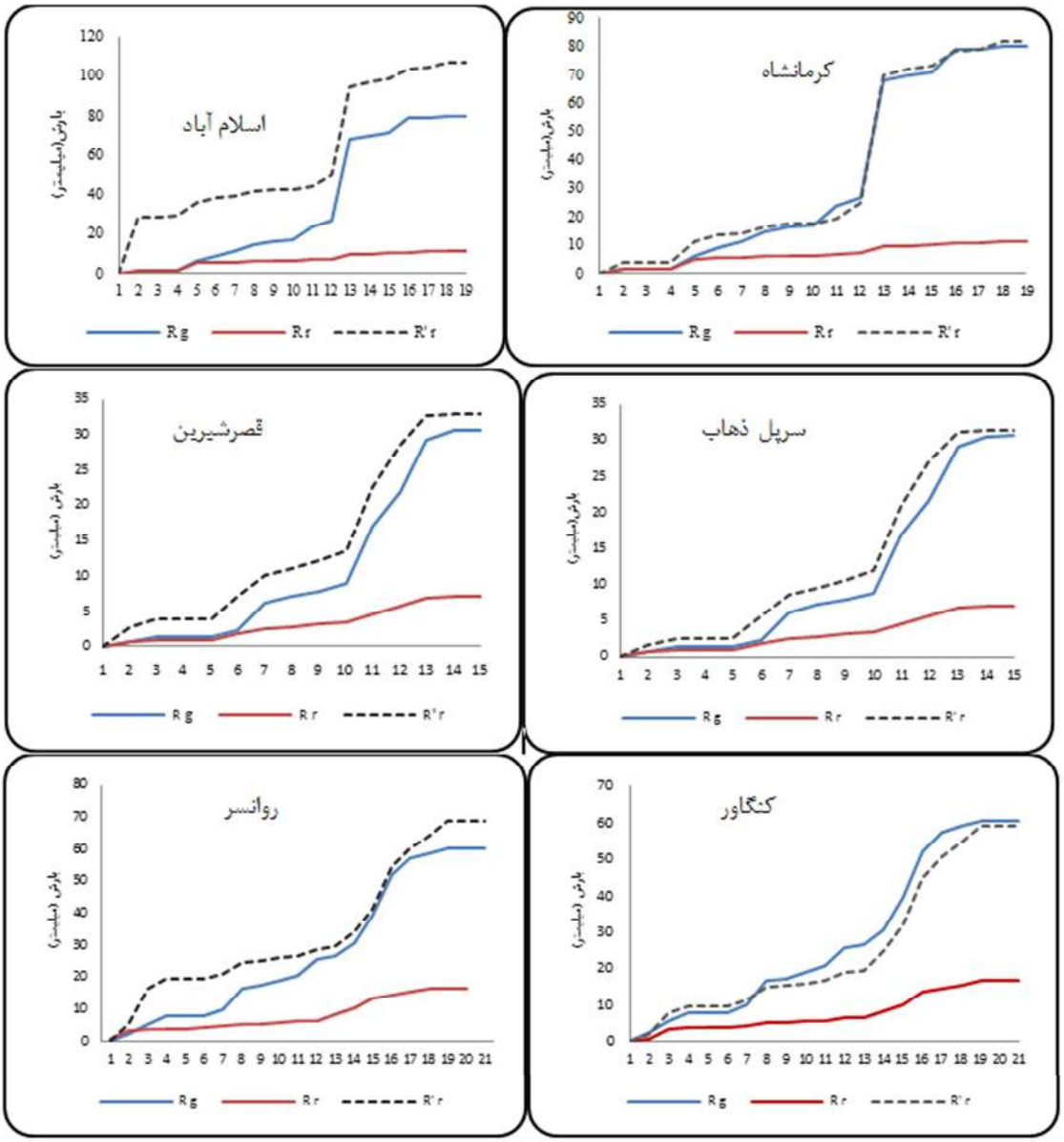
پس از انتخاب بهترین ضرایب تصحیح شده a,b و با جایگزینی مقادیر این ضرایب در معادله رادار و به کمک نرم‌افزار، نخست شدت بارش و سپس مجموع بارش ساعتی برای تمامی ایستگاه‌ها برآورد شد و نمودار بارش تجمعی آنها ترسیم شد. نمودار مقایسه‌ای مجموع بارش ساعتی رادار قبل از تصحیح ضرایب (R_r) و بعد از تصحیح ضرایب و واسنجی رادار ($\acute{R}_r$) و مجموع بارش باران سنج(R_g)، در نگاره‌های شماره ۳ و ۷ به نمایش گذاشته شده است.

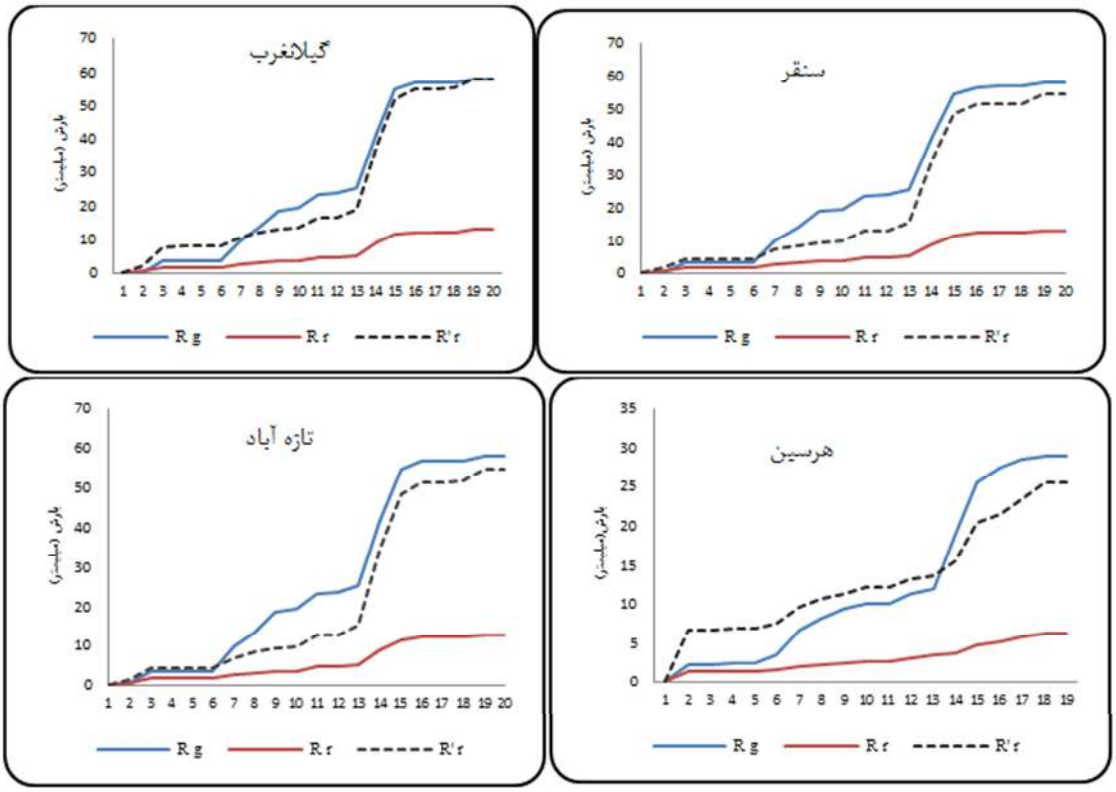
با تصحیح ضرایب a , b رادار و برآورد مجدد مجموع بارش ساعتی دیده شد که مقدار و شیوه وردش بارش در حد پذیرفتنی به واقعیت نزدیک می‌شود (جدول ۳).

جدول ۳: مقدار بارش برآورد شده رادار قبل و بعد از تصحیح ضرایب و بارش باران‌سنج مربوط به بارش ۱۲ تا ۱۳ آذر ۱۳۹۵

ایستگاه	بارش باران-سنج (میلی-متر)	بارش برآوردرادار قبل از تصحیح ضرایب (میلی-متر)	بارش برآورد رادار بعد از تصحیح ضرایب (میلی‌متر)	بارش برآوردرادار قبل از تصحیح (درصد)	بارش برآورد رادار بعد از تصحیح ضرایب (درصد)
کرمانشاه	۲۷,۹	۷,۲	۲۶,۵	٪۲۱	٪۱۲۲
سرپل	۳۰,۹	۱۰,۴	۲۷,۶	٪۱۴	٪۱۳۳
قصرشیرین	۶۰,۴	۱۶,۵	۵۵	٪۲۷	٪۱۱۴
اسلام آباد	۴۷,۸	۱۲,۸	۴۶,۹	٪۲۲	٪۱۰۰
کنگاور	۳۰,۷	۷,۱	۲۹,۹	٪۲۳	٪۱۰۷
روانسر	۴۳,۳	۹,۸	۳۹,۸	٪۲۶	٪۱۱۶
سنقر	۱۹,۵	۶,۱	۱۸	٪۳۲	٪۹۲
گیلانغرب	۳۲,۲	۱۰,۳	۳۳,۱	٪۲۵	٪۱۱۲
هرسین	۲۹,۶	۶,۴	۳۰,۳	٪۲۳	٪۱۰۵
تازه آباد	۵۴,۳	۱۹,۶	۵۱,۹	٪۱۹	٪۱۱۴

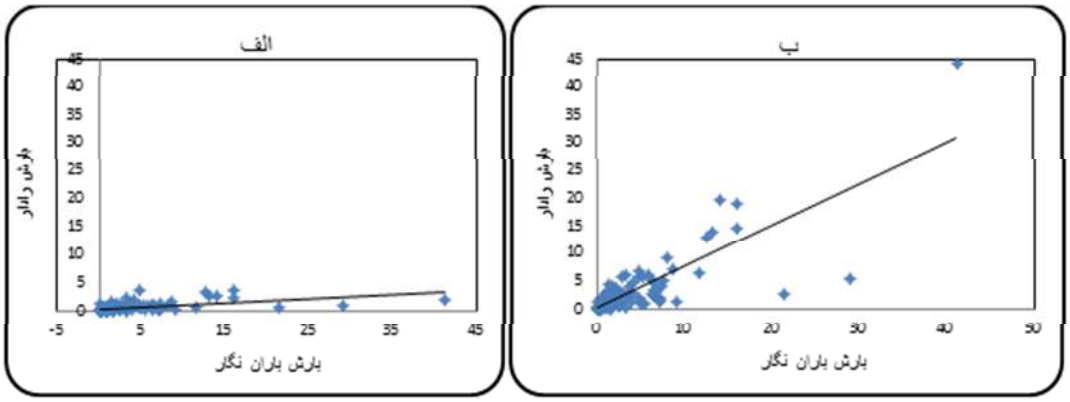
مقادیر برآورد شده بارش که پس از تصحیح دوباره ضرایب رادار برای ساعات نخست بارش بدست آمد در اغلب ایستگاه‌ها روند و مجموع بارش منطقی‌تری را نشان داد (شکل ۳). که این دیدگاه را تقویت می‌کند که توزیع اندازه چکه‌ها بارش نه تنها درفصول مختلف و بارش‌های مختلف با هم فرق دارد بلکه در داخل یک بارش هم می‌تواند متفاوت باشد.





شکل ۲: بارش تجمعی ایستگاه‌ها. R_r بارش برآورد رادار قبل از تحصیح ضرایب، $\acute{R}_r$ بارش برآورد رادار بعد از تصحیح ضرایب و R_g بارش باران‌سنج

مجموع بارش کلی که رادار کرمانشاه (قبل از واسنجی) برآورد می‌کند از مقدار واقعی بارش بسیار کم‌تر است و این ناسازگاری در مواردی که مقدار مجموع و شدت بارش زیاد است، چشم‌گیر است. در این پژوهش با تصحیح ضرایب رادار این ناسازگاری به میزان قابل توجه‌ای کاهش یافته است. در چهار ایستگاه کرمانشاه، اسلام آباد، قصرشیرین و سرپل مقدار برآورد بارش رادار بیش‌تر از ۹۰ درصد مقدار واقعی بود و در سایر ایستگاه‌ها مقدار برآورد بارش رادار، تنها چند درصد بیش‌تر از مقدار واقعی بود. که با توجه به گستره منطقه‌ای که رادار فرآیند اندازه‌گیری بارش را در هر اسکن انجام می‌دهد و مقایسه آن با مقادیر برآورد بارش قبل از تصحیح، این ناسازگاری قابل چشم‌پوشی است. در نتیجه می‌توان مقادیر برآورد بارش رادار کرمانشاه را پس از واسنجی، در حد قابل قبول درنظر گرفت. بطور میانگین با تصحیح ضرایب رادار، مقدار برآورد بارش رادار از ۲۴ درصد به ۹۶ درصد مقدار واقعی افزایش یافت. و میانگین مجموع بارش از ۱۱،۸ میلی‌متر به ۳۵،۴ میلی‌متر رسید که از مقدار میانگین واقعی بارش ۶ میلی‌متر کمتر بود (شکل ۳).



شکل ۳: نمودار پراکنش مقایسه بارش باران سنج ومقدار برآورد رادار الف) قبل از واسنجی ب) بعد از واسنجی

ب) بارش ۲۲ تا ۲۴ بهمن ماه ۹۶:

در این بخش از پژوهش بارش روز ۲۲ تا ۲۴ بهمن ۱۳۹۶ مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از داده‌های بارش زمینی تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه و مقدار فاکتور بازتابندگی رادار Z، یک معادله کلی برای رادار بدست آمد (نگاره ۵). چون برای محاسبه معادله خط و ضرایب تصحیح رادار از داده‌های بارش ایستگاه‌های مختلف استفاده شد، برای گزینش استقلال داده‌ها، آزمون دوربین-واتسون در سطح معنی داری ۹۵ درصد، بین داده‌های بازتابندگی و بارش انجام گرفت و استقلال داده‌ها تایید شد (جدول ۴).

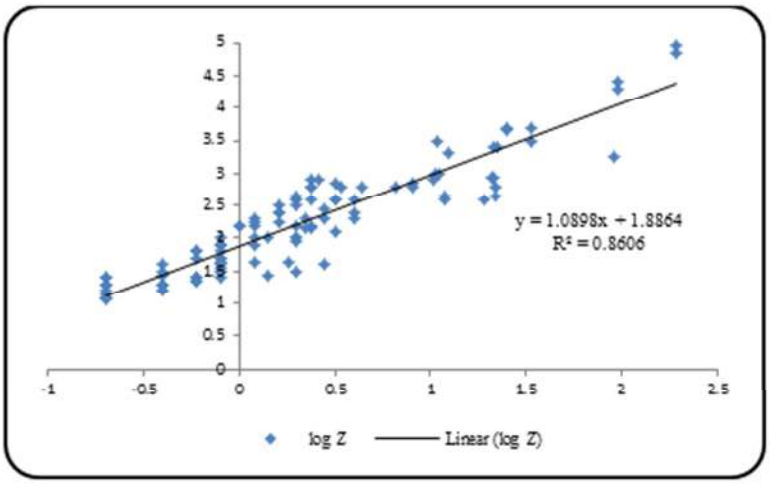
جدول ۴: آزمون آماری دروبین-واتسون برای گزینش استقلال داده‌ها

تحلیل رگرسیون	
Multiple R	۰/۹۲۷
R Square	۰/۸۶۰
Adjusted R Square	۰/۸۵۹
Standard Error	۰/۳۰۷
Observations	۱۱۲

آزمون دروبین-واتسون	
Alpha	۰/۰۵
D-stat	۱/۴۹۸
D-lower	۱/۶۷۳
D-upper	۱/۷۰۹
sig	yes

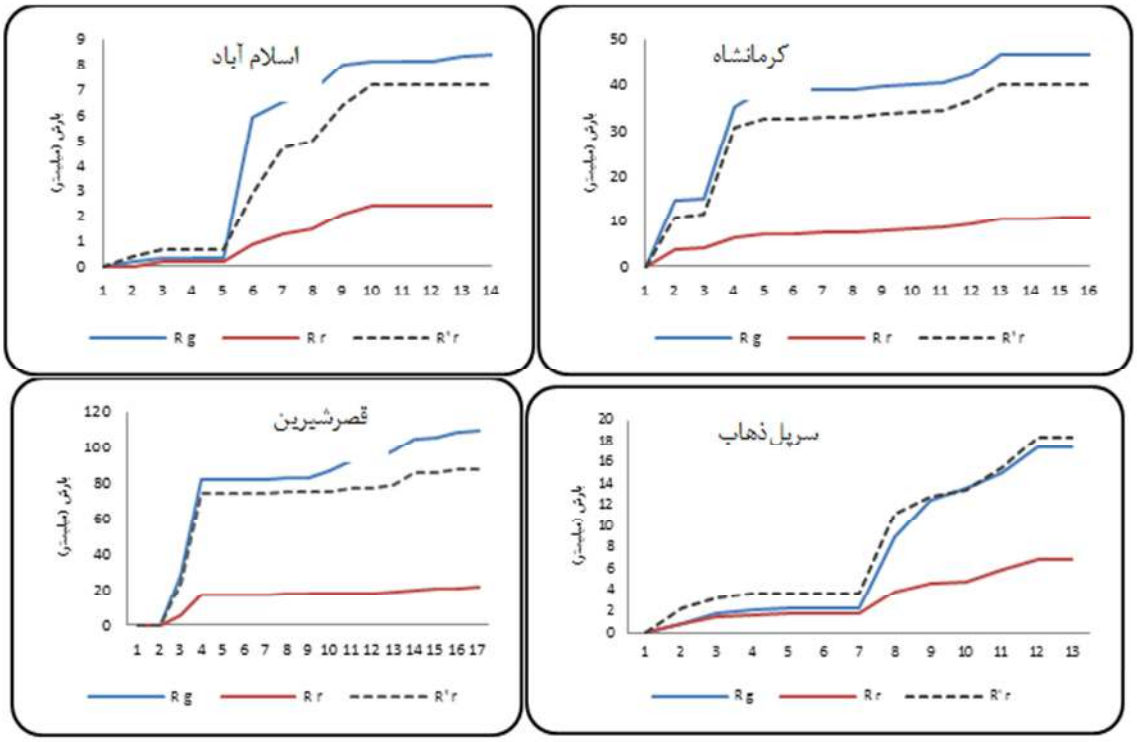
ANOVA				**Alpha**	۰/۰۵	
	df	***SS***	***MS***	***F***	***p-value***	***sig***
Regression	۱	۶۴/۱۳	۶۴/۱۳	۶۷۸/۸۸۸	۷/۱۳E-۴۹	yes
Residual	۱۱۰	۱۰/۳۹	۰/۰۹۴			
Total	۱۱۱	۷۴/۵۲				

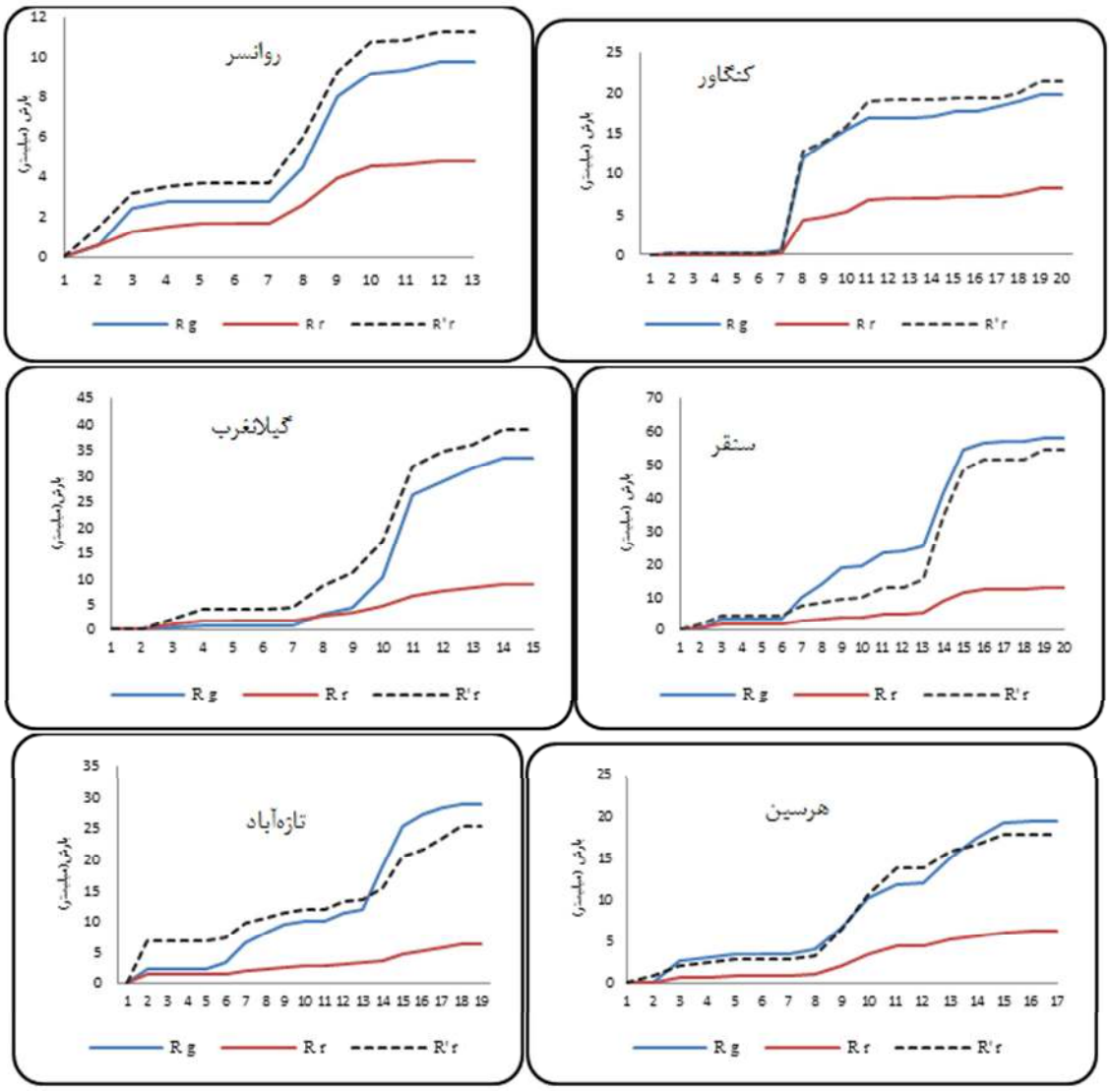
	coeff	***std err***	***t stat***	***p-value***	***lower***	***upper***
Intercept	۱/۸۸۶	۰/۰۳۲	۵۸/۸۹۲	۵/۱٤E-۸۵	۱/۸۲۲	۱/۹۴۹
0	۱/۰۸۹	۰/۰۴۱	۲۶/۰۵۵	۷/۱۳E-۴۹	۱/۰۰۶	۱/۱۷۲



شکل ۴: معادله خط و مقدار R2 مربوط به بارش ۲۲ تا ۲۴ بهمن ماه $Y = 1.0898\,X + 1.8864$ ،$a = 77$ $b = 1.09$

با جایگزینی ضرایب a , b در رابطه اصلی رادار، نخست شدت بارش استخراج و سپس مجموع بارش ساعتی برای تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه برآورد شد. نمودار بارش تجمعی و مقایسه آن با مقادیر قبل از تصحیح به تفکیک هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه در شکل ۵ ترسیم گردیده است.



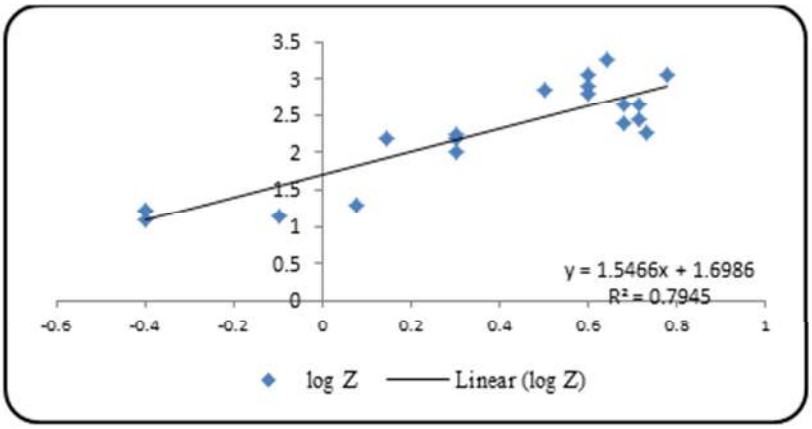


شکل ۵: بارش تجمعی ایستگاه‌ها. R_r بارش برآورد رادار قبل از تحصیح ضرایب، $\acute{R}_r$ بارش برآورد رادار بعد از تصحیح ضرایب و R_g بارش باران‌سنج

نکته مهم در برآورد بارش توسط رادار مربوط به مجموع کلی بارش است که در اغلب برنامه‌ریزی‌های کشور و بخصوص در زمینه پیش‌بینی سیل، هیدرولوژی و کشاورزی از اهمیت خاصی برخوردار است. در پیش‌بینی رخداد سیل آگاهی از شدت و اندازه بارش بسیار ضروری و مهم است.

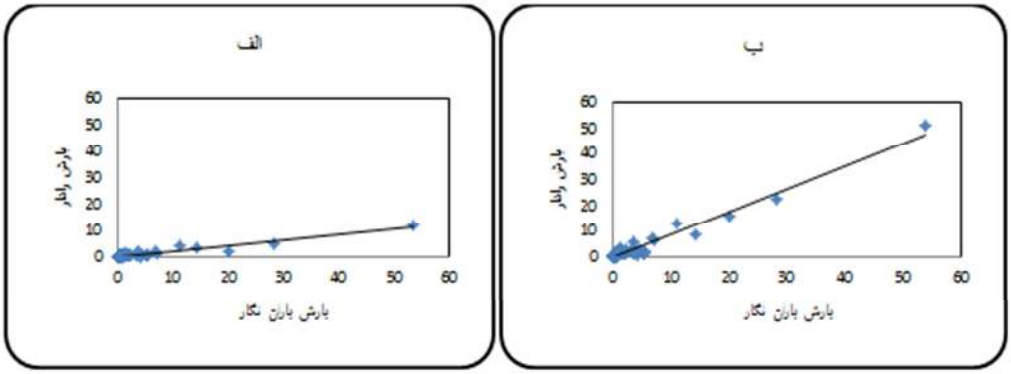
نکته‌ای که در بیشتر نمودارهای بارشی ایستگاه‌ها دیده می‌شود، این است که هرچند که روند و مجموع بارش برآورد شده پس از تصحیح ضرایب و واسنجی رادار تا حدود زیادی بهبود یافته است ولی مقادیر برآورد شده رادار در ساعات

نخستین بارش، بیش‌تر از مقدار اندازه‌گیری شده توسط باران‌سنج بود. که موجب افزایش مجموع بارش برآورد شده در قیاس با مجموع باران‌سنج شد. چون این خطا در بیش‌تر ایستگاه‌ها دیده شد، این گمانه که ممکن است اندازه و توزیع چکه‌های بارش در گام نخست بارش با گام بعدی آن متفاوت باشد، تقویت کرد. بنابراین برای واکاوی و حل این چالش، بارش در تمامی ایستگاه‌ها به دو بخش تقسیم شد و برای بخش اول بارش که ناسازگاری بیش‌تری بین بارش برآورد رادار و باران‌سنج وجود داشت یک معادله خط مشترک و مقدار ضرایب a,b برای تمامی ایستگاه‌ها دوباره بدست آمد (شکل ۶).



شکل ۶: برگزیدن معادله خط و ضرایب برای بخش اول بارش مورخ ۲۲ تا ۲۴ بهمن ماه ۹۶ a=50 و b=1.55

در شکل (۷) پراکنش داده‌های بارش برآورد شده رادار قبل و بعد از واسنجی با مقدار بارش باران‌سنج نشان داده شده است، به طوری که در این نگاره می‌توان دید دقت برآورد به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است.



شکل ۷: نمودار پراکنش مقایسه بارش باران سنج ومقدار برآورد رادار الف) قبل از واسنجی ب) بعد از واسنجی

به طوری که در نگاره‌های مربوط به بارش‌های مورد بررسی دیده می‌شود، مقایسه مجموع بارش ساعتی رادار در قبل و بعد ازتصحیح ضرایب و واسنجی، با مقادیر بارش باران‌سنج ایستگاه‌های مورد مطالعه، نشان می‌دهد که در بیشتر

ایستگاه‌ها داده‌های مجموع بارش برآورد شده و روند وردش بارش رادار پس از تصحیح ضرایب، هماهنگی مناسبی با داده‌های بارش باران‌سنج دارد. البته در دو ایستگاه سرپل و قصرشیرین مقدار برآورد بارش رادار با ناسازگاری بیش-تری همراه است که البته با توجه به مجموع کم بارش در این دو نقطه، این مقدار خطا در نمودار بارش تجمعی آنها نمود بیش‌تری دارد.

نتیجه‌گیری

داده‌های بارش برآورد شده رادار در دو نمونه از بارش‌های سنگین استان کرمانشاه در این پژوهش نشان داد که مقدار ضرایب تصحیح رادار برای هر بارش فرق می‌کند. همچین مقادیر ضرایب برای هر بارش با توجه به موقعیت جغرافیایی و فاصله از رادار نیز فرق می‌کند. همچنین برای یک نقطه خاص و برای یک بارش هم ممکن است این ضرایب مختلف باشد. مقادیر بدست آمده ضرایب رادار در این پژوهش با آنچه که به عنوان پیش‌فرض در معادله رادار آمده است متفاوت بود که در نتیجه برآورد بارش توسط رادار بسیار کم‌تر از مقدار بارش باران‌سنج بود که پس از واسنجی، این ناسازگاری کم‌تر و مقدار برآورد بارش به واقعیت نزدیک‌تر شد. به طور کلی واسنجی برآورد بارش رادار هواشناسی کرمانشاه نشان داد که مقادیر برآورد بارش رادار از مقادیر بارش باران‌سنج‌ها کم‌تر است. که این ناسازگاری میان رادار و باران‌سنج‌ها در اوج شدت بارش بیش‌تر است. و این یافته‌ها با نتایج پژوهش محمدیها و همکاران (۱۳۹۲) که رادار هواشناسی تهران را واسنجی کرده بودند، نیز هماهنگی دارد. آنها نیز برای کم کردن ناسازگاری ضرایب a,b رابطه لگاریتمی رادار ($Z = aR^b$) را برای بارش‌های این منطقه تصحیح کرده که پس از تصحیح، مقادیر بارش برآورد شده رادار، نسبت به داده‌های زمینی، از ۴۰٪ قبل از تصحیح به ۹۰٪ بعد از تصحیح رسید. و این پژوهش نشان داد که با تصحیح ضرایب رادار در هر نقطه و درهر فصل، برآورد بارش رادار به مقدار درست نزدیک‌تر می‌شود و اگر کارشناسان و مسئولان رادار کرمانشاه از فرمول‌های به دست آمده در این پژوهش استفاده کنند، می‌توانند قبل از وقوع بارش، پیش‌بینی دقیق انجام دهند و هشدارهای لازم را به ادارات و سازمان‌های مربوطه صادر نمایند تا از وقوع حوادث ناشی از بارش‌های سنگین جلوگیری به عمل آید. این پژوهش نشان داد که چنانچه زاویه پرتو ارسالی رادار به دقت انتخاب شود و برای هر نقطه زمینی با توجه به فاصله آن از رادار، یک معادله و ضرایب تصحیح جداگانه برای واسنجی رادار بدست آید، آنگاه نتایج برآورد بارشی رادار به مقدار واقعی بارش بسیار نزدیک می‌شود. چون بدست آوردن زاویه ارتفاع پرتوی مناسب برای هر ایستگاه و محاسبه ضرایب مربوط به آن نقطه، کار سخت و دشوار و زمان‌بری بوده و چنانچه تعداد نقاط مورد مطالعه بیش‌تر باشد بر دشواری کار افزوده خواهد شد، لذا می‌توان با استفاده از داده‌های بارشی تمام نقاط مورد مطالعه و باتابندگی رادار، یک معادله کلی استخراج و ضرایب تصحیح را بدست آورده و رادار را واسنجی کرد. هرچند که در این روش اندکی از دقت داده‌های بارش برآورد شده کم می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد که با این روش هم می‌توان بارش رادار را تا حد قابل اعتمادی برآورد کرد. در نهایت پیشنهاد می‌شود که برای هر منطقه کشور ایران که تحت پوشش رادار هواشناسی است، ضرایب معادله رادار محاسبه گردد تا با استفاده از آن‌ها بتوان بارش‌ها را به طور دقیق پیش‌بینی کرد و هشدارهای لازم را به مراکز مختلف داد.

منابع

اسکولین، مریل، (۱۳۹۲). مقدمه‌ای بر سیستم رادار، ترجمه سهیلی‌فرد و آقابابایی. انتشارات ادبستان (ویرایش سوم).

قالهری فلاح غلامعباس؛ کدخدا الهام (۱۳۹۶). ارزیابی ساختار مکانی بارش نیم قرن اخیر دشت مشهد، مجله ژئوهیدرولوژی، ۳(۱۱)، ۵۷-۳۹.

طوفانی‌نژاد، زهرا، کمالی، غلامعلی، علیزاده، میلاد (۱۳۸۸)، کاربرد رادارهای هواشناسی باند X در برآورد میزان بارندگی در حوضه‌های کوچک، مجله آب و خاک، ۲۳(۱)، ۶۷-۵۷.

محمدیها احمد؛ معماریان محمد؛ ریحانی‌پروری محمد (۱۳۹۲). ارزیابی برآوردهای رادار هواشناسی تهران از کمیت بارش به روش Z-R برای سه رویداد بارش سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۱، مجلهٔ فیزیک زمین و فضا، ۳۹(۲)، ۲۰۴-۱۸۷.

مکوندی، هامون. (۱۳۸۹)، کالیبراسیون رادار هواشناسی با استفاده از داده‌های باران‌سنج خودکار به منظور ارزیابی دقت تخمین بارندگی رادار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما: دکتر محمد موسوی، رشته مهندسی آب، دانشگاه فردوسی مشهد.

Amitai, E., Wolff, D.B., Marks, D.A., Silberstein, D.S., (2002), Radar rainfall estimation; lessons learned from the NASA / TRMM validation program, Proceedings of ERAD publication series, 1, 255-260.

Battan, L.J., (1973), Radar observation of the atmosphere. The University of Chicago Press, Chicago, pp. 324.

Christodoulous. C. MichaelidesS M. G., (2004), Prediction of rainfall rate based on weather radar measurements. International Joint Conference on Neural Networks, (IEEE Cat. No.04CH37541).

Gunn, R. and Kinzer, G.D., (1949), The terminal velocity of fall forwater droplets in stagnant air. J. Meteorol., 6, 243–248.

Hagen, M., Yuter, S., (2002), Relations between radar reflectivity, Liquid-water content, and rainfall rate during the MAP SOP, J.R Meteoral, Sol, 129, 477-493.

Lee, G., Seed, A.W., Zawadzki, I., (2007), Modeling the variability of drop size distributions in space and time. Journal of Climate and AppliedMeteorology, 46 (6), 742–756.

Lee, G., Zawadzki, I., (2005), Variability of drop size distributions: time-scale dependence of the variability and its effects on rain estimation. Journal of Applied Meteorology, 44(2), 241–255.

Lee.G.W., Zawadazki. I., (2004), Variability of drop size distribution: Noise and Noise filtering in disdrometric data; Journal of applied meteorology, 44, 634-652.

Marshall, J.S., Hitschfeld, W. and Gunn, K.L.S., (1955), Advancesin radar weather. Adv. Geophys., 2, 1–56.

Overeem, A. Buishand, T. A. and Holleman, I., (2009), Extreme rainfall analysis and estimation of depth-duration-frequency using weather radar, Water Resources Research, 45, 1-15.

Overeem, A., Holleman, I., Buishand, A., (2008), Derivation of a 10-Year Radar-Based Climatology of Rainfall, Journal of Applied Meteorology and Climatology. 48, 1448-1463.

Pedersen, l., Jensen, N.E., Madsen, H., (2010), Calibration of Local Area Weather Radar—Identifying significant factors affecting the calibration; Atmospheric Research, 97,129–143.

Smith, J.A., Krajewski, W.F., (2002), Radar hydrology: rainfall estimation. Advance in Water Resources, 25, 1387-1394.

Tokay, A., Hartmann. P, Battaglia. A., (2008), A Field Study of Reflectivity and Z–R Relations Using Vertically Pointing Radars and Disdrometers, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 26,1120-1134.

Uijlenhoet, R., (2001), Raindrop size and radar reflectivity-rain rate relationships for radar hydrology, Hydrology and Earth SystemSciences, 5 (4), 615–627.

Uijlenhoet, R., Stricker, J. N. M., (1999), Dependence of rainfall on drop size, J. ofHydrology, 217, 157-163.

Wang G., Liu L., Ding Y., (2012), Improvement of Radar Quantitative Precipitation Estimation Based on Real-Time Adjustments to Z-R Relationships and Inverse Distance Weighting Correction Schemes, Advances in Atmospheric, 29(3), 575-584.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۳/۱۱
تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۰۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۱۴
صفحات: ۹۴ - ۷۵

بررسی کارایی شاخص BADI: رویکرد بهبود یافته جهت تشخیص طوفان‌های گردوغبار خاورمیانه با استفاده از تصاویر سنجنده MODIS

سیدعبدالحسین آرامی[۱]، مجید اونق[۲]، علی محمدیان بهبهانی[۳]*، مهری اکبری[۴]، علیرضا زراسوندی[۵]

چکیده

گردوغبار یکی از رویدادهای جوی مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است که در سال‌های اخیر افزایش قابل توجهی داشته و آثار و پیامدهای نامطلوبی را در بخش‌های مختلف بر جای گذاشته است. تصاویر سنجنده MODIS به دلیل قدرت تفکیک طیفی و زمانی بالا، به طور گسترده‌ای برای تشخیص طوفان گردوغبار استفاده می‌شوند. شاخص‌های گردوغبار زیادی مبتنی بر MODIS موجود هستند. در این مطالعه، از شاخص بهبود یافته دمای روشنایی گردوغبار (BADI) برای پایش چندین موج طوفان گردوغبار در غرب خاورمیانه بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶، با استفاده از ترکیب دمای روشنایی سه باند تصاویر MODIS: باند ۲۰ (۳/۸۴-۳/۶۶ میکرومتر)، باند ۳۱ (۱۱/۲۸-۱۰/۷۸ میکرومتر) و باند ۳۲ (۱۲/۲۷-۱۱/۷۷ میکرومتر) استفاده شده است. تفسیر بصری خروجی BADI نشان داد که این روش تشخیص، قادر است نه تنها به طور مؤثر محل هسته‌های اصلی طوفان‌های گردوغبار را شناسایی کند، بلکه می‌تواند گردوغبار را از زمین‌های لخت و ابرها تشخیص دهد. تجزیه و تحلیل رگرسیون نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین BADI و MODIS Deep Blue AOD وجود دارد. برای پنج موج طوفان گردوغبار، ضرایب تعیین (R^2) رگرسیون بین مقادیر BADI و MODIS Deep Blue AOD به ترتیب ۰/۴۴، ۰/۴۸، ۰/۶۷، ۰/۵۳ و ۰/۴۵ (P< ۰/۰۱) بود. نتایج نشان داد که شاخص BADI در مقایسه با اغلب شاخص‌های گردوغبار مبتنی بر تصاویر MODIS از قبیل شاخص اختلاف دمای روشنای در باند ۳۲ و ۳۱ (BTD32-31) و شاخص تفاضل نرمال شده گردوغبار (NDDI)، مقدار و تراکم فضایی طوفان گردوغبار را دقیق‌تر نشان می‌دهد. همچنین BADI هماهنگی خوبی با شاخص عمق هواویز نوری (MODIS Deep Blue) نشان می‌دهد ($R^2 = 0.70, P < 0.01$).

واژگان کلیدی: طوفان گردوغبار، مودیس، دمای روشنایی، عمق هواویز نوری، غرب خاورمیانه.

[۱]- دانشجوی دکتری، گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان arami1854@gmail.com
[۲]- استاد، گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان mownegh@yahoo.com
[۳]- استادیار، گروه آبخیزداری و مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان(نویسنده مسئول) mohammadian@gau.ac.ir
[۴]- استادیار، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه خوارزمی mehryakbary@khu.ac.ir
[۵]- استاد، گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز zarasvandi_a@scu.ac.ir

مقدمه

سنجش از دور علم، فن و هنر بدست آوردن اطلاعات در مورد پدیده‌ها از راه دور است، به عبارتی دیگر جمع آوری اطلاعات از مناطقی که به دلیل خطرناک بودن، هزینه زیاد و بعد مسافت به طور مستقیم قابل دسترسی نیست (درویش صفت و همکاران، ۱۳۹۱). طوفان‌های گردوغبار، حوادث پرخطر آب و هوایی هستند که معمولاً در سرزمین‌های خشک در سراسر جهان اتفاق می‌افتند (یانگ[1] و همکاران، ۲۰۰۱). طبق تعریف سازمان جهانی هواشناسی، یک طوفان گردوغبار، باد شدیدی است که مقدار زیادی از ذرات ریز گردوخاک را بالا برده و دید افقی را بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ متر کاهش می‌دهد (WMO and UNEP, 2011)؛ که اغلب توسط دو ویژگی عمده اندازه و تراکم گردوغبار اندازه گیری می‌شود (WMO and UNEP, 2011). برای تشخیص پدیده‌های گردوغبار، تصاویر ماهواره‌ای با پوشش وسیع و تکرار زیاد همراه با باندهای طیفی بالا نیاز است. سنجنده مادیس از ماهواره ترا و آکوا دارای توان تفکیک رادیومتریکی بالا بوده و بازه وسیعی از انرژی تابشی محدوده مرئی و نامرئی را پوشش داده که از این لحاظ برای بررسی توفان‌های گردوغبار مورد استفاده قرار می‌گیرد (آرامی و همکاران، ۱۳۹۷). مناطق خشک در سراسر دریای عمان و خلیج فارس مانند ایران، افغانستان، هند و پاکستان معمولاً فراوانی بالایی از طوفان گردوغبار دارند به گونه‌ای که گاهی تا ۳۰ رویداد در سال را تجربه می‌کنند (العسکری[2] و همکاران، ۲۰۰۴). طوفان‌های گردوغبار در توزیع مواد مغذی و گردش ژئوشیمیایی در فواصل بزرگ کمک می کنند و شامل انواع مواد مانند باکتری، آلاینده‌های آلی و عناصر کمیاب هستند (بوزلاکر[3] و همکاران، ۲۰۱۳؛ سانچز[4] و همکاران، ۲۰۱۳). طوفان‌های گردوغبار با توجه به جذب و انعکاس تابش خورشید به طور مستقیم بر اقلیم تاثیر می‌گذارند(چوباری[5] و همکاران، ۲۰۱۴؛ گاناسیلن[6] و همکاران، ۲۰۱۴). همچنین طوفان گردوغبار دید افقی را کاهش می‌دهد که می تواند خطر بزرگی برای صنعت حمل و نقل باشد (یانگ و همکاران، ۲۰۰۱). علاوه بر این، طوفان‌های گردوغبار باعث افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های مرتبط حوزه سلامت مانند بیماری‌های تنفسی می‌شود (کایزر[7]، ۲۰۰۵). بنابراین، ضروری است تا طوفان‌های گردوغبار را به موقع و دقیق شناسایی شوند. روشهای گوناگونی برای پایش بر طوفان گردوغبار ارائه و ارزیابی شده‌اند. این روش‌ها شامل مشاهدات زمینی (کروساکی[8] و همکاران، ۲۰۱۱) مدل‌های شبیه‌سازی مانند اداره ملی اقیانوسی و جو (NOAA[9]) مدل دوگانه مسیریابی لاگرانژی تک ذره‌ای هیبریدی (HYSPLIT[10]) (لی[11] و همکاران، ۲۰۱۰) و

[1] Yang
[2] El-Askari
[3] Bozlaker
[4] Sanchez
[5] Choobari
[6] Gunaseelan
[7] Kaiser
[8] Kurosaki
[9] National Oceanic and Atmospheric Administration
[10] Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory
[11] Lee

سنجش از دور (بانکز[1] و همکاران، ۲۰۱۳) می‌باشد. در مقایسه با سایر روش‌ها، سنجش از دور به دلیل توانایی پوشش جهانی مؤثر، در حال تبدیل شدن به یکی از روش‌های پایه برای شناسایی طوفان‌های گردوغبار در مقیاس‌های وسیع است (شپانسکی[2] و همکاران، ۲۰۱۲). به خصوص استفاده از تصاویر MODIS به دلیل قدرت تفکیک طیفی و زمانی بالا، به طور گسترده‌ای برای تشخیص طوفان گردوغبار مورد توجه قرار گرفته است (جعفری و مالکیان[3]، ۲۰۱۵). برای تشخیص طوفان‌های گردوغبار، تعدادی شاخص های گردوغبار متعددی مبتنی بر MODIS توسعه یافته‌اند (کیو و همکاران، ۲۰۰۶). از میان آنها، اختلاف دمای روشنایی[4] (BTD) و شاخص تفاضل نرمال شده گردوغبار[5] (NDDI) دو شاخصی هستند که به طور گسترده استفاده می شوند (جدول ۱).

جدول ۱: شاخص‌های معمول استفاده شده گردوغبار (منبع)

نوع طیف	شاخص گردوغبار	رابطه	منبع
باندهای مادون قرمز حرارتی	اختلاف دمای روشنایی (BTD)	BTD32-32=BT32-BT31 BTD20-31=BT20-BT31 که در آن: BT20، BT31 و BT32 به ترتیب دمای روشنایی باند ۲۰ (۳/۶۶-۳/۸۴ میکرومتر)، باند ۳۱ (۱۰/۷۸-۱۱/۲۸ میکرومتر) و باند ۳۲ (۱۱/۷۷-۱۲/۲۷ میکرومتر) تصاویر MODIS می‌باشد	(آکرمن، ۱۹۸۹) (آکرمن، ۱۹۹۷) (هوانگ. همکاران، ۲۰۰۷)
باندهای مرئی و مادون قرمز نزدیک	شاخص تفاضل نرمال شده گردوغبار (NDDI)	NDDI=R7-R3/R7-R3 که در آن: R3 و R7 به ترتیب بازتابش باند ۷ (۰/۴۶۹ میکرومتر) و باند ۳ (۲/۱۳ میکرومتر) تصاویر MODOS می‌باشد.	(هان و همکاران، ۲۰۱۳) (کریمی و همکاران، ۲۰۱۴) (جعفری و مالکیان، ۲۰۱۵)

فلاح و همکاران (۱۳۹۳) منشاء رخداد پدیده گردوغبار مربوط به ۱۸ ژوئن ۲۰۱۲ که در نواحی غرب و جنوب غرب کشور رخ داده بود را به کمک تصاویر ماهواره‌ای و با استفاده از باندهای مرئی و باندهای حرارتی سنجنده مادیس و با بکارگیری شاخص آکرمن شناسایی کردند. نتایج نشان داد که تصاویر سنجنده MODIS به دلیل در دسترس بودن، هزینه کم و تکرارپزیری آن در ۲ بازه زمانی در ۲۴ ساعت برای پایش گردوغبار مناسب می‌باشد. شمشیری و همکاران (۱۳۹۳) برای پهنه‌بندی گردوغبار، دو رویداد مهم در تاریخ‌های ۲۰۰۸/۹/۵ و ۲۰۰۹/۷/۵ انتخاب و داده‌های ماهواره‌ای سطح MODIS 1B تهیه و با استفاده از ابزار تبدیل فرمت MODIS این داده‌ها جهت اعمال شاخص‌های گردوغبار آکرمن، میلر و TDI به دمای ظاهری تبدیل شدند. نتایج نشان داد که بر اساس داده‌های قدرت دید و نقشه‌های شدت گردوغبار، مشخص گردید که کارایی شاخص‌های گردوغبار MODIS از رویدادی به رویداد دیگر

[1] Banks
[2] Schepanski
[3] Jafari and Malekian
[4] Brightness temperature difference
[5] Normalized difference dust index

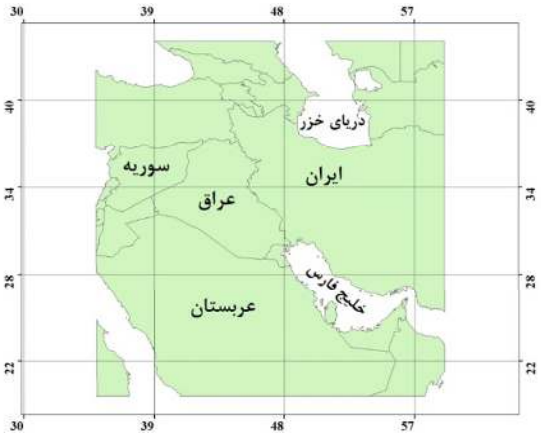
متفاوت بوده و شاخص آکرمن بهترین کارایی و بعد از آن شاخص TDI و میلر قرار داشت. شاخص BTD که در اصل توسط آکرمن[1] (۱۹۸۹، ۱۹۹۷) تعریف شده است به طور گسترده‌ای برای باندهای MODIS جهت مقایسه بین باند ۲۰ (۳/۶۶ تا ۳/۸۴ میکرومتر) و باند ۳۱ (۱۰/۷۸ تا ۱۱/۲۸ میکرومتر) یا BTD20-31 و باند ۳۲ (۱۱/۷۷ تا ۱۲/۲۷ میکرومتر) و ۳۱ یا BTD32-31 استفاده شده‌اند (آکرمن، ۱۹۸۹ و ۱۹۹۷). شاخص BTD20-31 عمق طوفان گردوغبار را نشان می‌دهد و به وضوح بین گردوغبار و زمین لخت می‌تواند تفاوت قائل شود، هر چند نمی‌تواند بین ابر و طوفان گردوغبار تمایزی قائل شود (آکرمن، ۱۹۸۹). شاخص BTD32-31 قادر به تمایز بین ابر و گردوغبار است، اما نمی‌تواند براحتی تراکم گردوغبار را اندازه‌گیری کند (هائو و کیو[2]، ۲۰۰۷). بر خلاف BTD، شاخص NDDI شاخصی مبتنی بر داده‌های باند مرئی و مادون قرمز نزدیک است. این شاخص مبتنی بر مشاهداتی است که بطور کلی انعکاس گردوغبار از ۰/۴ تا ۲/۵ میکرومتر افزایش می‌یابد که حداقل مقدار در باند ۳ (۰/۴۶۹ میکرومتر) و حدکثر مقدار در باند ۷ (۲/۱۳ میکرومتر) می‌باشد (کریمی[3] و همکاران، ۲۰۱۴). با این حال، NDDI بسیار حساس به سطوح بالای آلبدو است و ممکن است ویژگی‌های گردوغبار و زمین با انعکاس مشابه را اشتباه بگیرد (هان و همکاران، ۲۰۱۳). همچنین بنظر می‌رسد که تراکم گردوغبار را ناچیز در نظر می‌گیرد (جعفری و مالکیان، ۲۰۱۵). ادغام ارزیابی صحت کمی برای وضوح بیشتر در مطالعات، یک چالش عمده برای جامعه سنجش از دور است (ژائو[4] و همکاران، ۲۰۱۲). از آنجایی که دستیابی به ارزیابی قابل اعتماد و مرجع در مقیاس‌های منطقه‌ای یا ناحیه‌ای دشوار است، تصاویر با وضوح بالا (شیائو[5] و همکاران، ۲۰۰۹) و داده‌های منتشر شده توسط سازمان‌ها (گود[6] و همکاران، ۲۰۱۲) به عنوان مرجع استفاده می‌شود. از آنجایی‌که هر شاخص مزایا و معایب خاصی را ارائه می‌دهد، توسعه بیشتر یک شاخص گردوغبار مبتنی بر تصاویر MODIS برای تشخیص دقیق و همزمان دو ویژگی اصلی طوفان گردوغبار یعنی میزان و تراکم، ضروری است (WMO and UNEP, 2011). با توجه به نقاط ضعف شاخص‌های گردوغبار مبتنی بر تصاویر MODIS، تلاش‌ها بر این است که از شاخص بهبود یافته تشخیص طوفان گردوغبار استفاده شود. در این تحقیق از شاخص بهبود یافته دمای روشنایی گردوغبار (BADI) که ترکیبی از داده‌های دمای روشنایی باند ۲۰ (۳/۶۶ تا ۳/۸۴ میکرومتر)، باند ۳۱ (۱۰/۷۸ تا ۱۱/۲۸ میکرومتر) و باند ۳۲ (۱۱/۷۷ تا ۱۲/۲۷ میکرومتر) تصاویر MODIS می‌باشد، استفاده شده است. سپس از این شاخص برای شناسایی شش موج طوفان گرد و غبار شدید در غرب خاورمیانه در طی دوره ۲۰۱۶-۲۰۰۰ استفاده گردید و ارزیابی کمی و کیفی نتایج ارایه شده است. در نهایت، اثربخشی BADI با استفاده از BTD32-31 و NDDI مورد مقایسه قرار گرفت.

[1] Akerman
[2] Hao and Qu
[3] Karimi
[4] Zhao
[5] Xiao
[6] Good

داده‌ها و روش‌ها

الف- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه خاورمیانه که شامل کشورهای ایران، عراق، سوریه، اردن و عربستان می‌باشد. این منطقه دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است که دارای شرایط مناسب برای وقوع طوفان‌های گردوغبار و فرسایش بادی می‌باشد. خشک شدن تالاب هورالعظیم چه در ایران و چه در عراق میزان وقوع طوفان‌های گردوغبار را افزایش داده است. صحرای عربستان و عراق اثرات زیانبار زیادی را برای ایران به همراه داشته که دامنه آن تا شهرهای عمده کشیده شده است. صحرای ماسه‌ای جهان به نام ربع الخالی به علت عاری بودن از پوشش گیاهی و خشکسالی‌های اخیر، یکی از چشمه‌های بروز پدیده گردوغبار در منطقه خاورمیانه می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه

ب- داده‌ها

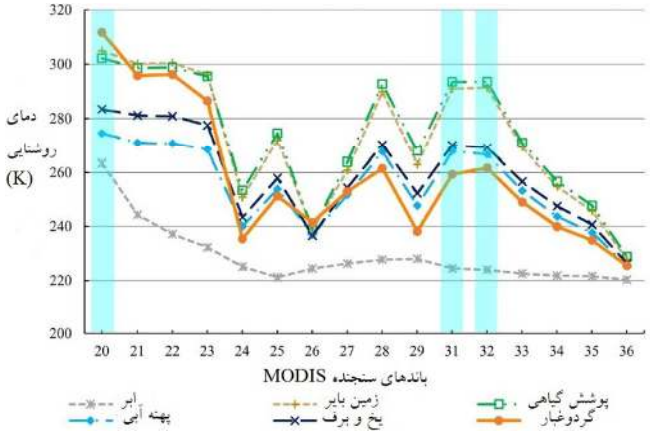
داده‌های MODIS سطح 1 B از آرشیو نوآ (https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/search/) دریافت گردید. در مرحله اول، قبل از اعمال شاخص‌های طیفی بر روی تصاویر MODIS، با استفاده از نرم افزار ENVI5.3 آنها زمین مرجع شدند. جهت زمین مرجع نمودن تصاویر از سیستم تصویر Geographic Lat/Lon، دیتوم WGS-۸۴ و واحد Degrees توسط نرم افزار MODIS Conversion Toolkit استفاده شده است و سپس داده‌ها کالیبره شدند و تصحیح هندسی هم صورت پذیرفت (هان[1] و همکاران، ۲۰۱۳). MODIS سطح 1B شامل مجموعه داده‌های MOD021KM از پلتفرم ترا[2] و داده‌های MYD021KM از پلتفرم آکوا[3] می‌باشد. در این مطالعه، از داده‌های روزانه MOD021KM استفاده شده است. این داده‌ها دوباره زمین مرجع شده و برای محاسبه دمای روشنایی (واحد: K) مورد استفاده قرار گرفتند. همچنین داده‌های آئروسل سطح ۲ (https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/search/) نیز دریافت

[1] Han
[2] Terra
[3] Aqua

شدند. به طور کلی دو نوع داده آئروسل وجود دارد: MOD04 L2 و MYD04 L2 که به ترتیب از سیستم ترا و آکوا به دست می‌آید. مجموعه داده MODIS L2 شامل چندین مدل آئروسل (AOD) است که از محصولات توسعه یافته Deep Blue AOD به خوبی توسعه یافته بوسیله الگوریتمDeep Blue استفاده شده است. داده هایی که شامل AOD هستند با استفاده از باندهای با طول موج ۰/۴۱۲ میکرومتر، ۰/۴۷ میکرومتر، ۰/۵۵ میکرومتر و ۰/۶۶ میکرومتر محاسبه می‌شود که در این مطالعه، داده‌های ۰/۵۵ میکرومتر برای انجام ارزیابی صحت انتخاب شدند (هاو و کیو[1]، ۲۰۰۷). در مرحله بعد، جهت تشخیص پیکسل‌های حاوی طوفان گردوغبار به دلیل اینکه ذرات موجود در طوفان‌های گردوغبار بازتابش مشابهی با ذرات موجود در ابر، سطوح زمین‌های خشک، تپه‌های ماسه‌ای و مناطق بیابانی دارند تفکیک و شناسایی آن را مشکل می‌کند، برای غلبه بر این مشکل از روش شاخص گردوغبار تعدیل شده دمای درخشایی (BADI) استفاده شده است.

ج- توسعه BADI: رویکرد بهبود یافته برای تشخیص طوفان گردوغبار

دمای روشنایی، یک شاخص شدت تابش و یکی از نشانه‌های اصلی برای تفکیک گردوغبار از سایر پدیده‌ها است (کریمی و همکاران، ۲۰۱۴). هنگامی که دمای روشنایی اشیاء مختلف با هم مقایسه می‌شوند، نمی‌توان گردوغبار را با استفاده از یک باند حرارتی مادون قرمز ماهواره مودیس شناسایی کرد (شکل ۲). با این وجود برای پایش طوفان گردوغبار می‌توان از ترکیبی از چندین درجه روشنایی حاصل از باندهای مودیس استفاده کرد (آکرمن، ۱۹۹۷ و ۱۹۸۹).



شکل۲: ویژگی‌های دمای روشنایی اسپکترورادیومتر تصویربردار با قدرت تفکیک متوسط[2]

توجه: باند ۲۰ نشان‌دهنده محدوده با طول موج ۳/۶۶ تا ۳/۸۴ میکرومتر، باند ۳۱ محدوده با طول موج ۱۰/۷۸ تا ۱۱/۲۸ میکرومتر و باند ۳۲ محدوده با طول موج ۱۱/۷۷ تا ۱۲/۲۷ میکرومتر

[1] Hao and Qu
[2] Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)

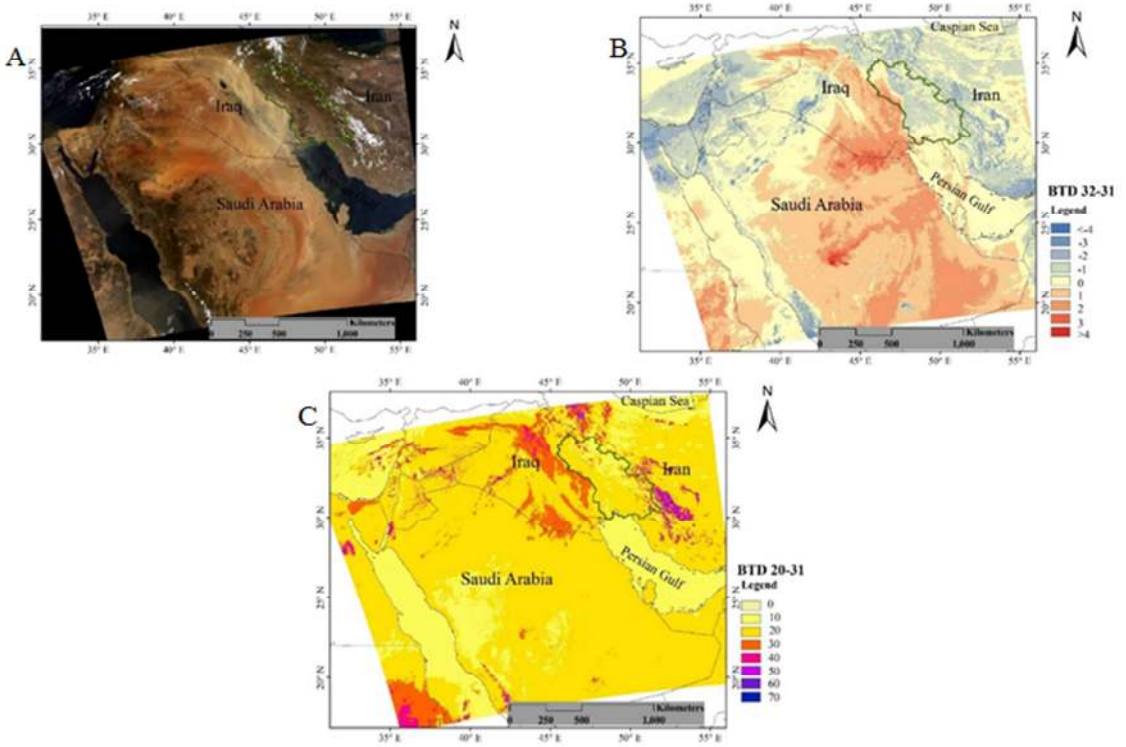
همانطور که در شکل (۲) نشان داده شده است، دمای روشنایی سه باند (۲۰، ۳۱ و ۳۲) ماهواره مودیس می‌تواند به طور مؤثری گردوغبار را شناسایی کند.

برای محاسبه این شاخص ابتدا مقدار دمای ظاهری در هر باند طبق رابطه زیر به دست آمد:

$$T = \frac{hc/k\lambda}{In(\frac{2hc^2\lambda^{-5}}{L_\lambda}+1)} = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda}+1\right)} \quad (۱)$$

برای استفاده از رابطه (۱) باید در مخرج به جای I_λ باند مورد نظر (به عنوان مثال b۲۰ برای باند ۳۰) قرار گیرد.

دمای روشنایی گردوغبار در باند ۳۲ بیشتر از باند ۳۱ است، بنابراین تفاوت بین دو باند (BTD۳۲-۳۱) می‌تواند برای تمایز طوفان گردوغبار از پدیده‌های زمینی استفاده شود. هنگامی که مقدار BTD۳۲-۳۱ یک پیکسل، بیشتر از صفر است، احتمال بالایی وجود دارد که آن پیکسل گردوغبار را نشان می‌دهد (شکل ۳ A و B). باند ۲۰ به طور معمول دارای پراکندگی رو به جلو بیشتری نسبت به باند ۳۱ برای پیکسل‌های گرد و دارد؛ بنابراین، تفاوت بین دو باند (۳۱-BTD۲۰) می‌تواند تراکم گردوغبار را نشان دهد (شکل ۳ C) (آکرمن، ۱۹۸۹).



شکل ۳: تاثیر شاخص اختلاف دمای درخشایی (BTD) در باندهای ۳۲ و ۳۱ (BTD۳۲-۳۱) و باندهای ۲۰ و ۳۱ (BTD۲۰-۳۱) برای شناسایی طوفان گردوغبار. (A): تصویر رنگی حقیقی ماهواره ترآ سنجنده مودیس در موج طوفان گردوغبار ۲۰۱۰/۶/۷ (B): الگوی فضایی اختلاف دمای روشنایی (BTD) بین باند ۳۲ و ۳۱: BTD۳۲-۳۱ و (C) الگوی فضایی اختلاف دمای روشنایی بین باند ۲۰ و ۳۱: BTD۲۰-۳۱

هر چه تراکم گردوغبار بیشتر باشد مقدار BTD۲۰-۳۱ بزرگتر خواهد بود. بر اساس تحلیل BTD۲۰-۳۱ و BTD۳۲-۳۱، از BADI استفاده شده است تا به طور همزمان میزان و تراکم طوفان گردوغبار را شناسایی کنیم. BADI با استفاده از چهار مرحله زیر محاسبه می‌شود:

BTD۲۰-۳۱ برای نشان دادن تراکم گردوغبار استفاده می‌شود و به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$BTD20-31 = BT20 - BT31 \quad (۲)$$

BTD۳۲-۳۱ برای نشان دادن میزان گردوغبار استفاده می‌شود و بصورت زیر محاسبه می‌شود:

$$BTD32-31 = BT32 - BT31 \quad (۳)$$

شاخص گردوغباردمای روشنایی[1] (BDI) با تلفیق BTD۲۰-۳۱ و BTD۳۲-۳۱ به صورت زیر محاسبه می شود:

$$BDI = ((BTD20-31)\text{^}2)) * BTD32-31 \quad (۴)$$

آلفا برای ارتقاء اطلاعات تراکم گردوغبار ۲ در نظر گرفته می‌شود (برازون و پریتو[2]، ۲۰۰۰).

بر اساس این معادله، BDI دارای یک مقدار مثبت نسبتاً زیاد برای پیکسل‌های گردوغبارو یک مقدار منفی نسبتاً بزرگ برای پیکسل‌های ابر است (شکل ۴ A). بنابراین امکان تفکیک بین ابر و گردوغبار فراهم می‌آید.

BADI با استفاده از نرمال سازی BDI در محدوده ۱- تا ۱ محاسبه می شود:

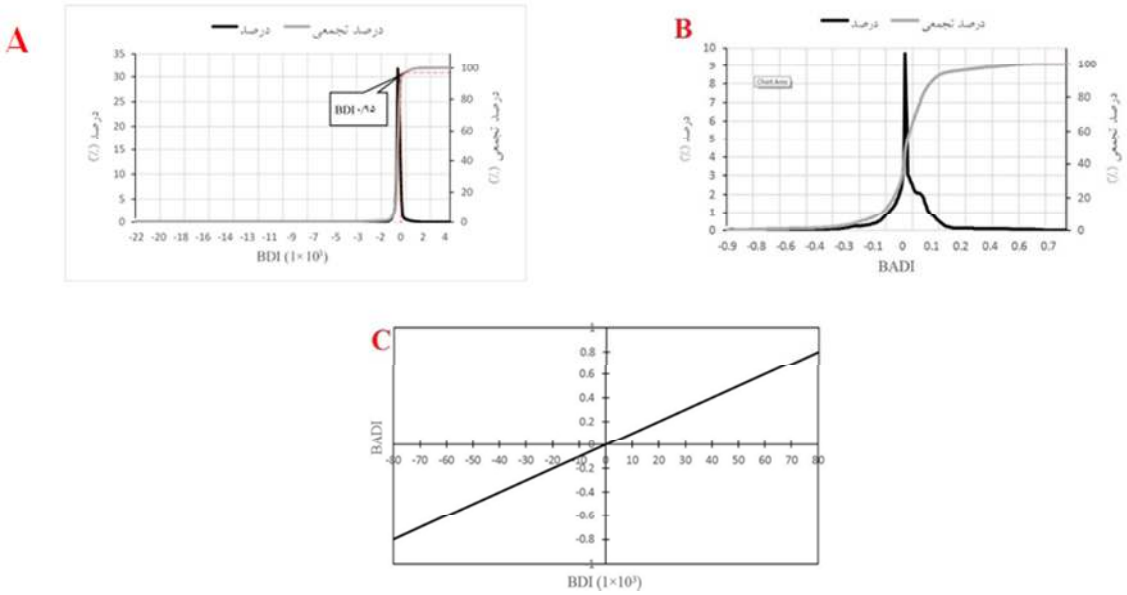
$$BADI = (2/\pi) * arctan(BDI/BDI_{0.95}) \quad (۵)$$

که در آن $BDI_{۰/۹۵}$ نشان دهنده ۹۵ درصد از توزیع داده BDI در یک طوفان معمول گردوغباراست (شکل ۴ A).

۲/π× aractan برای نرمال سازی ارزش BDI در محدوده ۱- تا ۱ استفاده می‌شود (شکل ۴ B و C).

به طورکلی، هرچه مقدار BDI بیشتر باشد احتمال بیشتری وجود دارد که آن پیکسل نشان دهنده گردوغبار باشد.

[1] Brightness temperature dust index (BDI)
[2] Bruzzone and Prieto



شکل ۴: توزیع داده‌های (الف): BDI (ب): BADI و (ج): روابطشان بر اساس موج طوفان گردوغبار تاریخ ۲۰۱۶/۷/۱۷

شاخص BADI برای شناسایی گردوغباردر ۶ موج طوفان ۱۹ ژوئیه ۲۰۰۰، ۵ ژوئیه ۲۰۰۵، ۲ ژوئیه ۲۰۰۸، ۵ ژوئیه ۲۰۰۹، ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲ و ۱۷ ژوئیه ۲۰۱۶ استفاده شده است. تصاویر شاخص را برا اساس معادله ۱ تا ۴ برای شش رخداد محاسبه گردید.

د- شاخص تفاضل نرمال شده گردوغبار[1] یا NDDI

ایجاد شاخص گردوغبار NDDI نیز بر پایه اختلاف طیفی گردوغبار در باندهای ۳ و ۷ سنجنده مودیس و الگوبرداری از شاخص NDVI صورت گرفته است (کائو، ۲۰۰۹). فرمول کلی شلخص NDDI به صورت زیر است (جعفری و مالکیان، ۲۰۱۵):

$$NDDI = (R7 - R3)/(R7 + R3) \quad (۶)$$

که در آن R۳ و R۷ به ترتیب با طول موج ۰/۴۶۹ و ۲/۱۳ به میکرومتر است. مقادیر حاصل از اعمال این شاخص بر تصاویر برای پیکسل‌های گردوغبار مثبت است و پیکسل‌های حاوی پوشش ابر مقایر منفی را دارند. باند آبی (باند ۳) به ابر بسیار حساس و باند ۷ حساسیت بسیار پایینی دارد که این امر می‌تواند به تشخیص ابر از گردوغبار کمک کند. این شاخص برای گردوغبار مقدار بالایی خواهد داشت.

[1] Normalized Difference Dust Index

فرض کردیم که تفسیر بصری از داده‌های BADI توسط تحلیل‌گران باتجربه، برای تولید داده‌های مرجع با وضوح کامل، کافی خواهد بود. در اعتبار سنجی تراکم طوفان گردوغبار، داده‌های شبکه رباتیک آئروسل[1] (AERONET) به طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار گرفت (هولبن[2] و همکاران، ۱۹۹۸). با توجه به این که داده‌های MODIS Deep[3] Blue AOD با مشاهدات AERONET همبستگی خوبی نشان میدهد و در شناسایی تراکم گردوغبار عملکرد بهتری دارد (سو و همکاران، ۲۰۰۴، ۲۰۰۶؛ هائو و کیو[4]، ۲۰۰۷).

نتایج و بحث

در این بخش نتایج حاصل از بکارگیری روش‌های اختلاف دمای درخشندگی آکرمن و روش BADI در یک دوره مورد مطالعه از وقوع طوفان‌های گردوغبار بررسی و تحلیل شده است. به طور کلی از شش موج طوفان گردوغبار شدید رخ داده در نواحی جنوب غرب کشور استفاده شده است که این شش موج عبارتند بودند از: ۱۹ ژوئیه ۲۰۰۰، ۸ اوت ۲۰۰۵، ۲ ژوئیه ۲۰۰۸، ۵ ژوئیه ۲۰۰۹، ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲ و ۱۷ ژوئیه ۲۰۱۶. برای موج طوفان‌های دوره ۱۹ ژوئیه ۲۰۰۰، ۲ ژوئیه ۲۰۰۸، ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲ و ۱۷ ژوئیه ۲۰۱۶ از تصویر MODIS ترا و برای موج طوفان‌های دوره ۸ اوت ۲۰۰۵ و ۵ ژوئیه ۲۰۰۹ از تصویر MODIS آکوا استفاده شده است.

الف- ارزیابی کیفی

تفسیر بصری خروجی BADI نشان داد که این روش تشخیص قادر است نه تنها به طور مؤثر محل هسته‌های اصلی طوفان‌های گردوغبار را شناسایی کند، بلکه می‌تواند گردوغبار را از زمین‌های لخت و ابرها تشخیص دهد. شدت گردوغبار حاصل از BADI برای هر رویداد طوفان مطابق شدت ثبت شده‌ی سالانه گردوغبار بود که این طوفان‌ها را به عنوان طوفان ضعیف، شدید و خیلی شدید ثبت می‌کنند (اداره هواشناسی چین[5]، ۲۰۱۲). در طوفان گردوغبار که در تاریخ ۱۹ ژوئیه ۲۰۰۰ اتفاق افتاد، BADI به طور مؤثری منطقه آن را در اطراف اراضی بیابانی و خشک کشور عراق نشان داد (شکل ۵ A و B). BADI قادر به شناسایی گردوغبار و ایجاد تمایز بین گردوغبار و زمین لخت بود. مقادیر BADI به طور معنی‌داری در مناطق گردوغبار بیشتر از مناطق بدون گردوغبار بود (شکل ۵ B). در طوفان گردوغبار که در تاریخ ۸ اوت ۲۰۰۵ اتفاق افتاد، BADI، یک منطقه گردوغبار را که منشا آن شمال عراق و شرق سوریه بود، شناسایی کرد. (شکل ۵ C و D). در طوفان گردوغبار که در ۵ ژوئیه ۲۰۰۹ رخ داد، حجم زیادی از ماسه

---

[1] AErosol RObotic NETwork

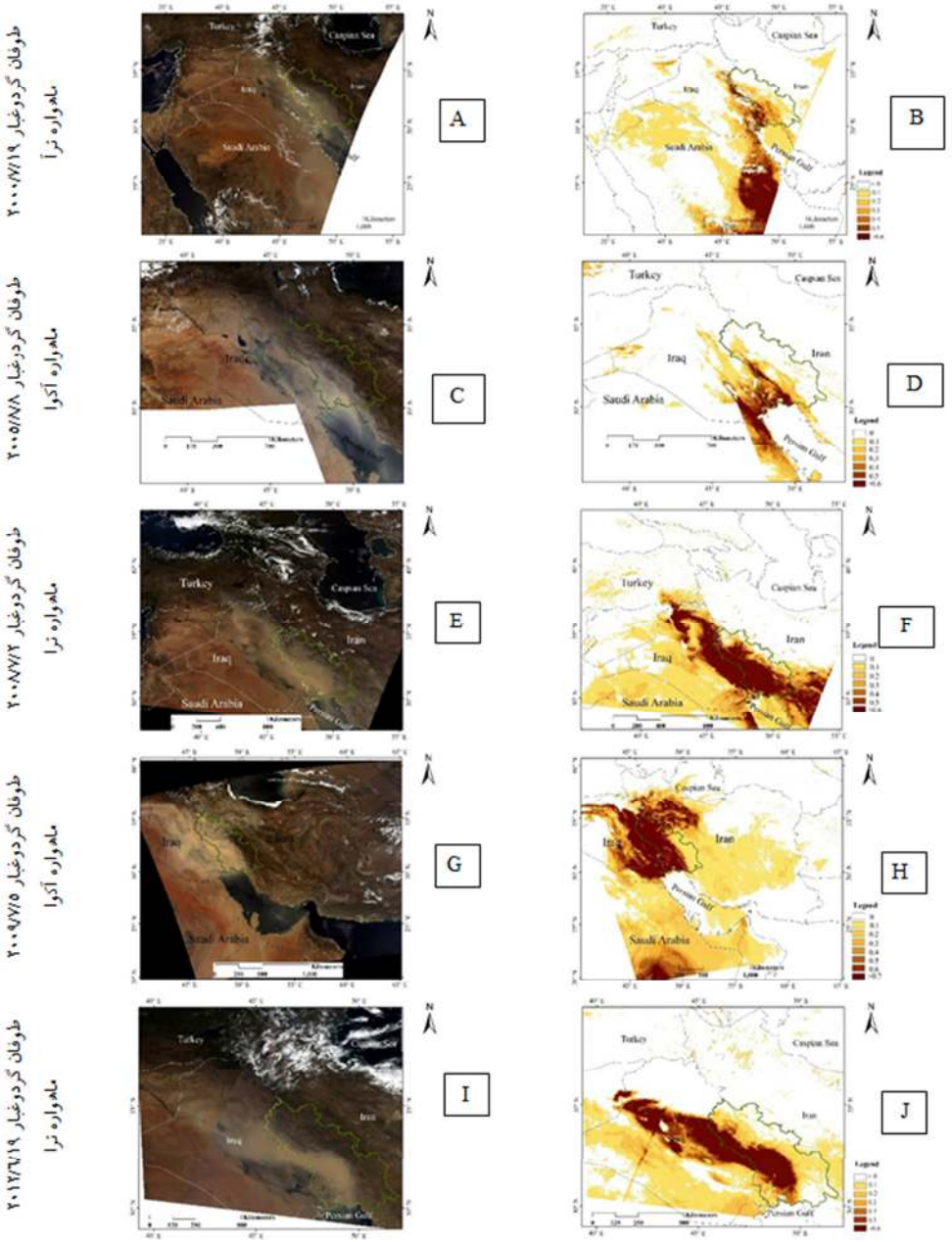
[2] Holben

[3] الگوریتم آبی عمیق- AOD=عمق نوری هواویزها

[4] Hao and Qu

[5] China meteorological administration (CMA)

و غبار به سمت نواحی جنوب غرب ایران روانه شده بود. مقدار BADI در مناطق با گردوغبار نیز به طور قابل توجهی بزرگتر از منطقه بدون گردوغبار بود (شکل ۵ E، F، J، H، I و J).



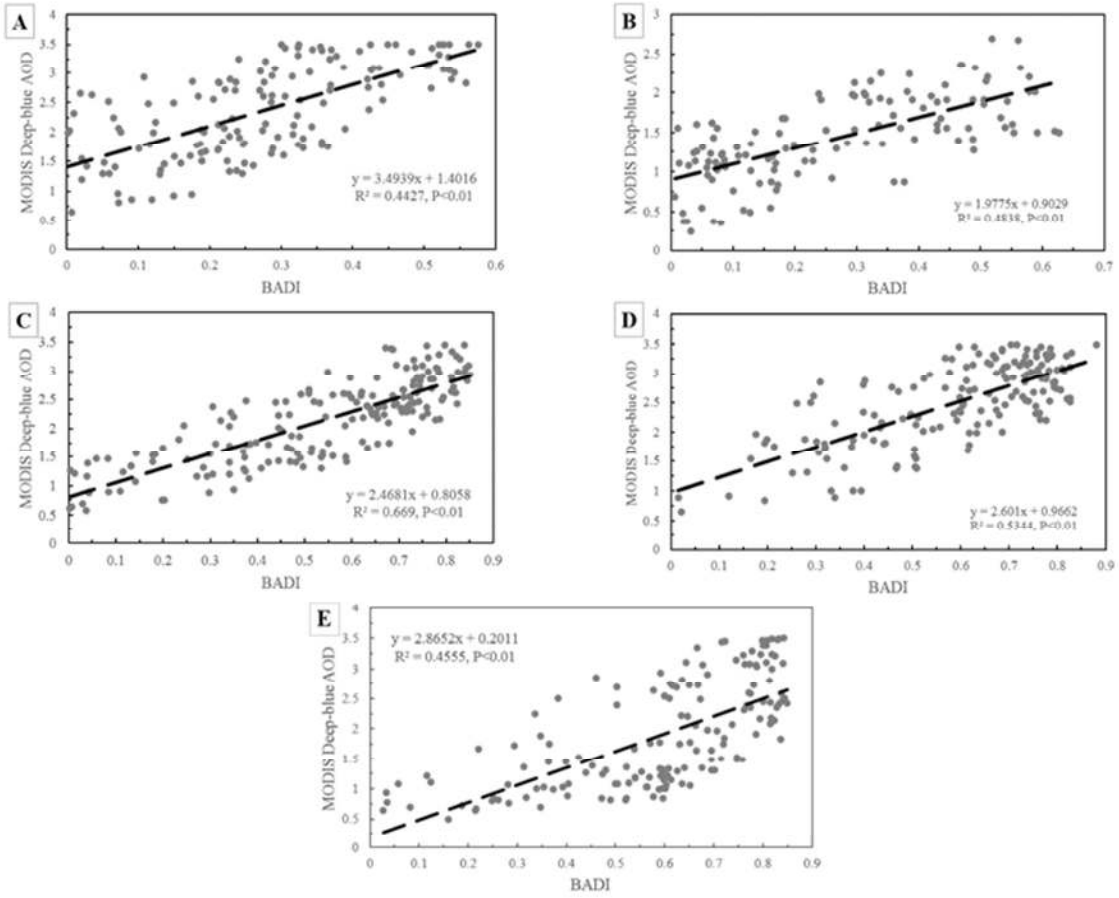
شکل ۵: استفاده از شاخص BADI برای ۵ موج طوفان گردوغبار. A، C، E، G و I به ترتیب تصاویر رنگی حقیقی موج طوفان‌های گردوغبار ۱۹ ژوئیه ۲۰۰۰، ۸ اوت ۲۰۰۵، ۲ ژوئیه ۲۰۰۸، ۵ ژوئیه ۲۰۰۹، ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲ می‌باشد. B، D، F، H و J به ترتیب نقشه پهنه‌بندی شاخص BADI موج طوفان‌های گردوغبار ۱۹ ژوئیه ۲۰۰۰، ۸ اوت ۲۰۰۵، ۲ ژوئیه ۲۰۰۸، ۵ ژوئیه ۲۰۰۹، ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲ می‌باشد.

ب- ارزیابی کمی

برای بررسی اثربخشی BADI در ارزیابی میزان و تراکم طوفان گردوغبار، دقت نتایج را در هر شش دوره گردآوری گردوغبار ارزیابی گردید. با توجه به این که داده‌های MODIS Deep Blue AOD با مشاهدات AERONET همبستگی خوبی نشان می‌دهد و در شناسایی تراکم گردوغبار عملکرد بهتری دارد (هائو و کیو[1]، ۲۰۰۷). داده‌های MODIS Deep Blue AOD به عنوان داده های مرجع قابل اعتماد برای تایید تراکم طوفان گردوغبار مورد بررسی قرار گرفت. با استفاده از نمونه‌گیری تصادفی، ابتدا دامنه‌های محدوده گردوغبار را بر اساس ۶ استان مورد مطالعه تقسیم‌بندی گردید. سپس در استان‌های محدوده گردوغبار، ۱۵۰ نقطه به دست آوردیم تا ارزیابی صحت با هر استان به صورت تصادفی با ۲۵ نقطه به دست آید. تجزیه و تحلیل ماتریس و رگرسیون خطا (کاریرس[2] و همکاران، ۲۰۰۶؛ هائو و کیو، ۲۰۰۷) به منظور بررسی میزان و تراکم طوفان گردوغبار صورت گرفت. تجزیه و تحلیل ماتریس خطا نشان داد که BADI شاخص بسیار مؤثری برای شناسایی میزان طوفان گردوغبار است. تجزیه و تحلیل رگرسیون نشان داد که ارتباط معنی‌داری بین BADI وMODIS Deep Blue AOD وجود دارد. برای پنج موج طوفان گردوغبار، ضرایب تعیین (R^2) رگرسیون بین مقادیر BADI و MODIS Deep Blue AOD به ترتیب ۰/۴۴، ۰/۴۸، ۰/۶۷، ۰/۵۳ و ۰/۴۵ ($P< ۰/۰۱$) بود (شکل ۶). بنابراین BADI توانایی نشان دادن تراکم طوفان گردوغبار را دارد.

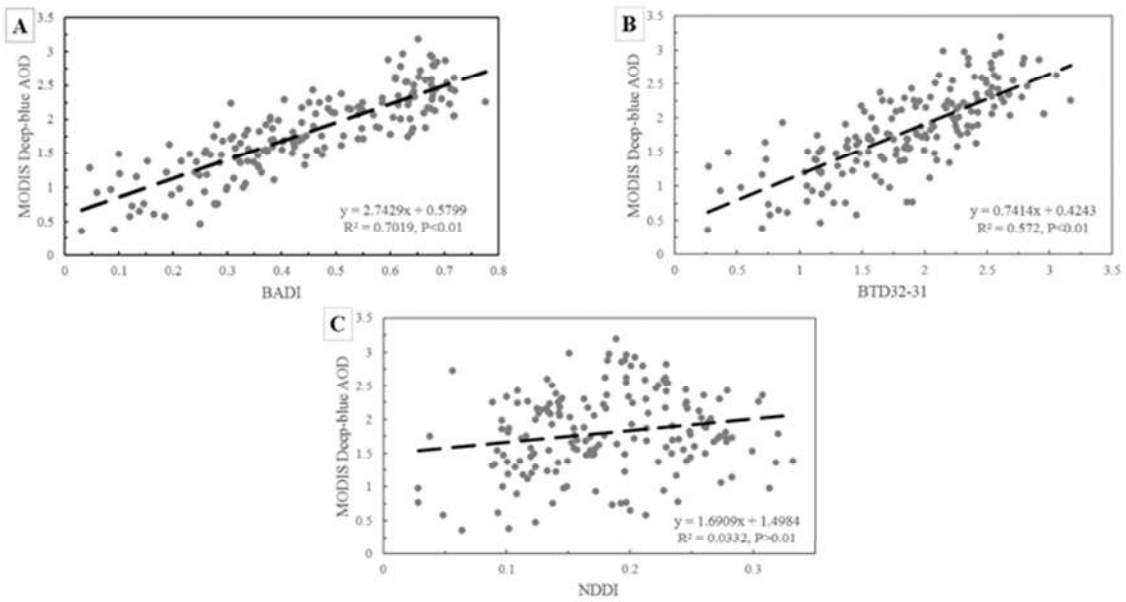
[1] Hao and Qu

[2] Carreiras



شکل ۶: تحلیل رگرسیون بین BADI و MODIS Deep Blue Aerosol Optical Depth (AOD) برای موج طوفان‌های گردوغبار (A): ۱۹ ژوئیه ۲۰۰۰ (B): ۸ اوت ۲۰۰۵ (C): ۲ ژوئیه ۲۰۰۸ (D): ۵ ژوئیه ۲۰۰۹ (E): ۱۹ ژوئن ۲۰۱۲.

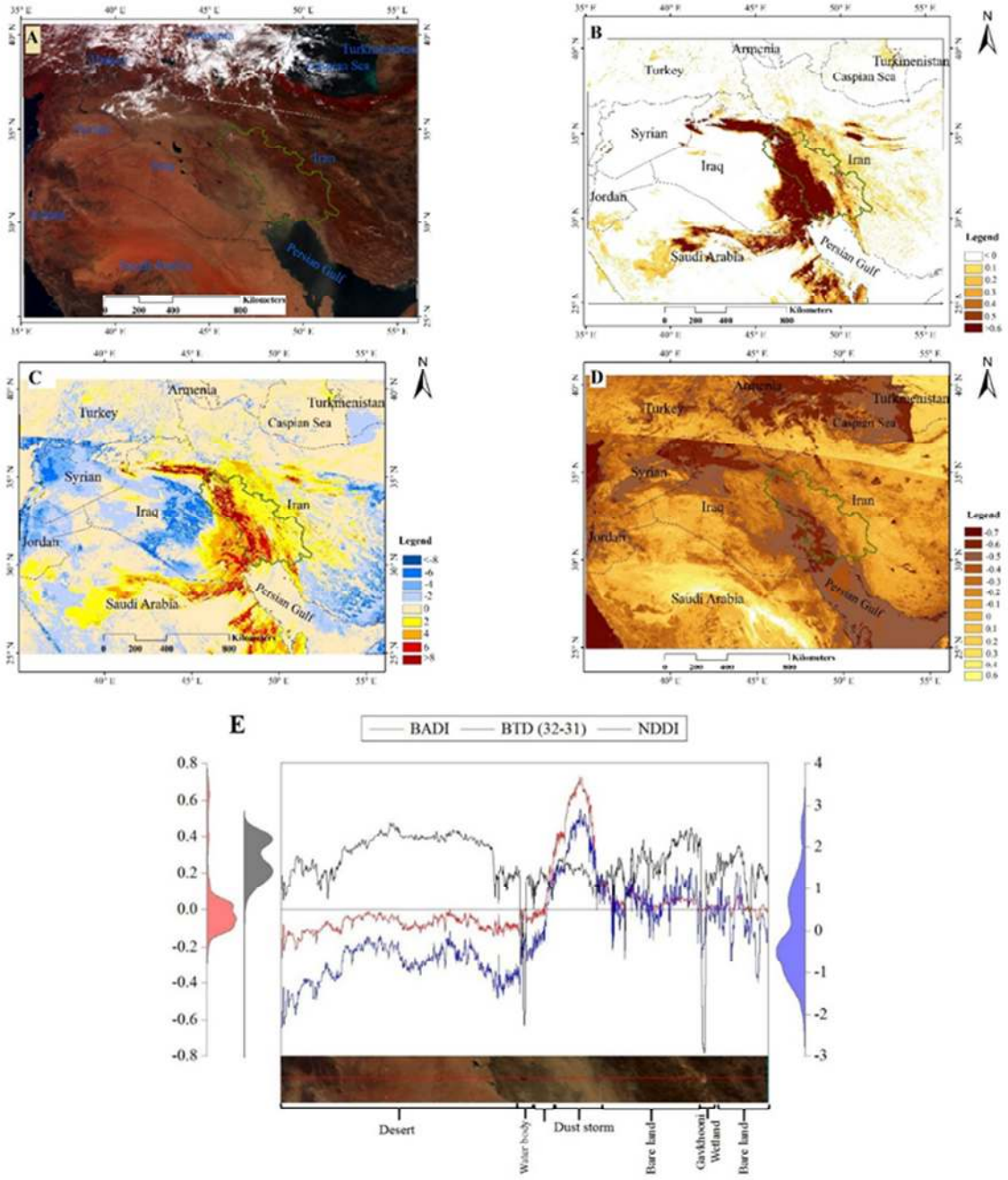
با توجه به اینکه BTD۳۲-۳۱ و NDDI دو شاخصی هستند که به طور گسترده‌ای برای تشخیص طوفان‌های گردوغبار استفاده می‌شوند، نتایج بدست آمده با استفاده از BTD۳۲-۳۱، NDDI و BADI را برای تشخیص موج طوفان گردوغبار ۱۷ ژوئیه ۲۰۱۶ رخ داد، مقایسه گردید. قوانین تعریف و تعیین آستانه معیار که قبلاً استفاده شده بود در این تحلیل نیز استفاده شد. BADI پیشرفت‌های قابل توجهی را نسبت به سایر شاخص‌ها نشان داده است. تجزیه و تحلیل رگرسیون بین AOD و BADI مقدار R^2 برابر با ۰/۷۰ را نشان داد. این نشان دهنده بهبود عملکرد BADI برای تخمین تراکم گردوغبار در مقایسه با (۰/۵۷= R^2) BTD۳۲-۳۱ و (۰/۰۳= R^2) NDDI است (شکل ۷). خطای تراکم گردوغبار که معمولاً با استفاده از BTD۳۲-۳۱ و NDDI دیده می‌شود، هنگامی که الگوهای خروجی فضایی از BADI مورد بررسی کیفی قرار گرفت، مشاهده نشد.



شکل ۷: تحلیل رگرسیون بین MODIS Deep Blue AOD و (A) BADI (B) BTD۳۲-۳۱ و (C) NDDI برای موج طوفان گردوغبار ۱۷ ژوئیه ۲۰۱۶.

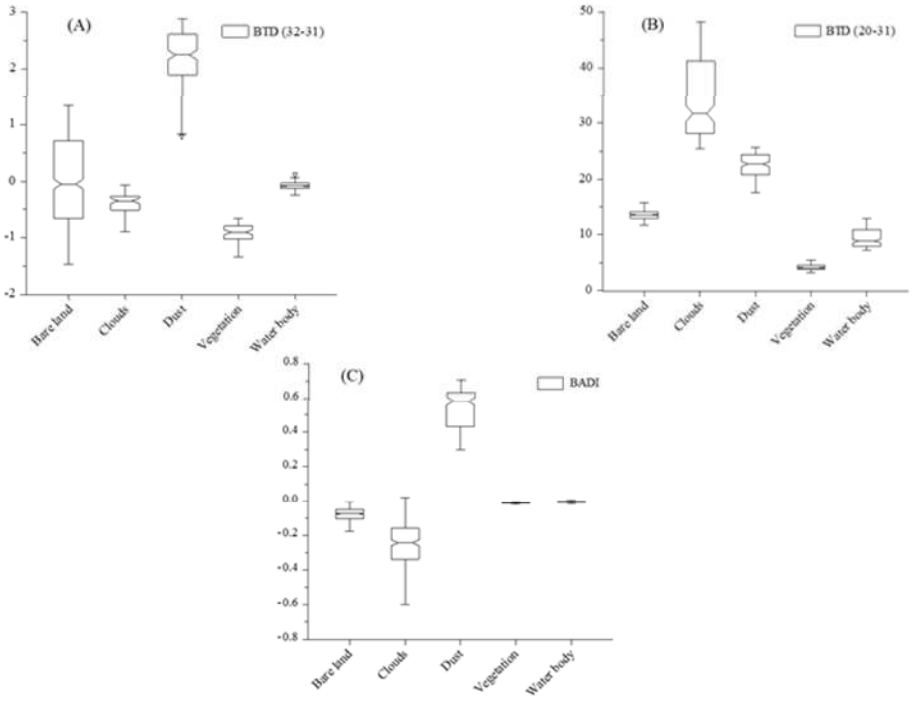
توجه: AOD بیشترین رابطه خطی را با BADI با R2= ۰/۷۰ (P< ۰/۰۱) سپس (R2 =۰/۵۷) BTD۳۲-۳۱ (P< ۰/۰۱) و (R2 =۰/۰۳) NDDI (P< ۰/۰۱) نشان داد.

مقایسه نتایج BADI با $BTD_{۳۲-۳۱}$ نشان داد که BADI قادر به نشان دادن دقیق‌تر تراکم گردوغبار نسبت به $BTD_{۳۲-۳۱}$ است. در مناطق با توده گردوغبار شدید و مناطق با توده گردوغبار ضعیف مقادیر $BTD_{۳۲-۳۱}$ تقریباً برابر بود. با این حال، مقادیر BADI بسیار متغیر بود (شکل ۸ B و C). مقایسه شاخص‌های BADI با شاخص NDDI نشان می‌دهد که این شاخص قادر به شناسایی دقیق میزان طوفان گردوغبار است. در مناطقی که زمین‌های بایر وجود دارد، مقادیر ارزش پیکسل‌های شاخص NDDI در محدوده گردوغبار شدید و ضعیف بسیار نزدیک بودند در حالی که مقادیر شاخص BADI متفاوت بودند (شکل ۸ D). علاوه بر این، سه شاخص گردوغبار در امتداد محور عمودی نیز نشان می‌دهد که شاخص BADI بهتر از دو شاخص دیگر می‌تواند بین مناطق گردوغبار و بدون گردوغبار تفاوت قائل شود و همچنین باعث کاهش سردرگمی بین شناسایی اشیاء مختلف زمین شود. نتایج نشان داد، در مناطق طوفان گردوغبار هنگامی که تراکم افزایش می‌یابد، BADI روند صعودی را نشان می‌دهد، در حالی که $BTD_{۳۲-۳۱}$ و NDDI تغییر نمی‌کند (شکل ۸ E). این بیانگر آن است که BADI می‌تواند تراکم گردوغبار را به طور مؤثرتری نسبت به $BTD_{۳۲-۳۱}$ و NDDI نشان دهد.



شکل ۸: مقایسه نتایج BADI، $BTD_{۳۲-۳۱}$ و NDDI برای موج طوفان گردوغبار ۱۷ ژوئیه ۲۰۱۶. (A): تصویر رنگی حقیق MODIS (B): BADI (C): اختلاف دمای روشنایی بین باند ۳۲ و ۳۱ (D): NDDI و (E): مقطع عمودی بین BADI، $BTD_{۳۲-۳۱}$ و NDDI.

بهبود BADI حاصل ترکیب موفق مزایای $BTD_{۳۲-۳۱}$ و $BTD_{۲۰-۳۱}$ است (رابطه ۵). همان‌طور که در شکل (۹ A) نشان داده شده است، $BTD_{۳۲-۳۱}$ قادر به شناسایی منابع طوفان گردوغبار در هنگام استفاده از آستانه مناسب بود، اما نتواست تراکم آن را به طور مؤثر تشخیص دهد. به ویژه، $BTD_{۳۲-۳۱}$ نمی‌تواند گردوغبار را از زمین‌های لخت تشخیص دهد. همان‌طور که در شکل (۹ B) نشان داده شده است، هرچند $BTD_{۲۰-۳۱}$ توزیع گردوغبار و همچنین تغییرات در تراکم گردوغبار را به طور مؤثر نشان داد، اما تشخیص گردوغبار از ابر مشکل بود. همان‌طور که در شکل (۹ C) نشان داده شده، BADI این نقاط ضعف را برطرف کرده و به طور مؤثر توانایی تشخیص گردوغبار از دیگر اشیاء یا پدیده‌ها را دارد.



شکل ۹: اثربخشی BADI بر پوشش اراضی مختلف. (A) $BTD_{۳۲-۳۱}$ (B) $BTD_{۲۰-۳۱}$ و BADI (C)

نتیجه‌گیری

برای این مطالعه چند محدودیت وجود دارد. اول، از آنجا که دمای روشنایی گردوغبار به طور معنی‌داری در مناطق آبی کمتر از خشکی است، تشخیص طوفان گردوغبار در مناطق آبی با آستانه مشابه، دشوار است. علاوه بر این، به دلیل کمبود داده‌های کافی در محل (از جمله داده‌های مشاهدات AERONET)، فقط یک ارزیابی بصری و محصولات MODIS Deep Blue AOD برای تجزیه و تحلیل عملکرد، ادغام و استفاده می‌شوند. در آینده، بهبود

وضوح فضایی سنسورهای مادون قرمز حرارتی (جنسن[1]، ۲۰۰۷)، زمانی که BADI مشارکت داده می‌شود امکان شناسایی طوفان گردوغبار را در جزئیات بسیار بیشتر فراهم می‌کند. علاوه بر این داده‌های یک رادیومتر یا تشعشع‌سنج به نام VIIRS[2] که در سال ۲۰۱۲ در دسترس قرار گرفت، دارای رزولوشن فضایی بهتر در گروه مادون قرمز حرارتی (۷۵۰ متر) می‌باشد و می تواند منبع اطلاعات خوبی برای ترکیب BADI باشد (هیلگر[3] و همکاران، ۲۰۱۳). در نهایت، با استفاده از داده‌های کافی در محل، BADI می‌تواند برای بدست آوردن اطلاعات دقیق‌تر در مورد طوفان گردوغبار در منطقه خاورمیانه مورد استفاده قرار گیرد. شاخص BADI، هنگامی که از ترکیب سه باند مادون قرمز مودیس شامل: باند ۲۰ (۳/۸۴-۳/۶۶ میکرومتر)، باند ۳۱ (۱۱/۲۸-۱۰/۷۸ میکرومتر) و باند ۳۲ (۱۲/۲۷-۱۱/۷۷ میکرومتر) محاسبه گردد، یک شاخص مؤثر برای تشخیص طوفان‌های گردوغبار در مقیاس‌های بزرگ می‌باشد. این شاخص برای تشخیص پنج موج طوفان گردوغبار در غرب خاورمیانه بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ استفاده شده است. همبستگی BADI با نشانگر تراکم استاندارد MODIS Deep Blue AOD از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($P < 0.01$). BADI عملکرد بهتری را در برآورد اندازه و تراکم طوفان گردوغبار نسبت به شاخص‌های گردوغبارمعمول BTD_{32-31} و NDDI مبتنی بر MODIS نشان داد. همچنین همبستگی بالاتری با MODIS AOD ($R^2= 0.70, P < 0.01$) را نشان داد. BADI پتانسیل زیادی دارد که به طور گسترده‌ای برای پایش بر طوفان گردوغباراستفاده می‌شود.

منابع

آرامی سیدعبدالحسین؛ اونق مجید؛ محمدیان بهبهانی علی؛ اکبری مهری؛ زراسوندی علیرضا (۱۳۹۷). تحلیل آماری الگوی فضایی-زمانی طوفان گردوغبار در غرب و جنوب غرب ایران. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، ۲۵(۱):۸۳-۶۱.

آرونف استن. (۱۳۹۲). سنجش از دور برای مدیران GIS. مترجمان: علی‌اصغر درویش‌صفت، منیژه رجب‌پوررحمتی، مهتاب پیرباوقار. موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه تهران. ۷۲۰ صفحه.

جعفری رضا؛ ملکیان منصوره (۱۳۹۵). مقایسه و ارزیابی الگوریتمهای شناسایی گردوغبار با استفاده از داده های سطح یک آکوآ و ترا در خاورمیانه. مجله بین المللی سنجش از دور، ۳۶(۲): ۶۱۷-۵۹۷.

شمشیری سیروس؛ جعفری رضا؛ سلطانی سعید؛ رمضانی نفیسه (۱۳۹۳). آشکارسازی و پهنه‌بندی ریزگردهای استان کرمانشاه با استفاده از تصاویر ماهوارهای MODIS. بوم شناسی کاربردی، ۳(۸): ۴۱-۲۸.

فلاح رزولی محمد؛ وفایی نژاد علیرضا؛ خیرخواه زرکش میرمسعود؛ احمدی دهکاء فریبرز (۱۳۹۳). پایش و تحلیل سینوپتیکی پدیده گرد و غبار با استفاده از سنجش از دور و GIS (مطالعه موردی: گرد و غبار ۱۸ ژوئن ۲۰۱۲). فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۲۳(۹۱): ۸۰-۶۹.

کریمی نعمت؛ مریدنژاد علی؛ قلیان سعید؛ ولی سمانی جمال محمد؛ کریمی دانش؛ جوادی سارا (۱۳۹۱). مقایسه فنون شناسایی منبع گردوغبار بر روی زمین در منطقه خاورمیانه با استفاده از داده های MODIS. مجله کانادایی سنجش از دور. ۳۸(۵): ۵۹۹-۵۸۶.

[1] Jensen
[2] Visible Infrared Imaging Radiometer Suite
[3] Hillger

Ackerman, Steven A, (1989). Using the radiative temperature difference at 3.7 and 11 μm to tract dust outbreaks. Remote Sensing of Environment 27(2): 129-133.
Ackerman, Steven A, (1997). Remote sensing aerosols using satellite infrared observations. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 102 (D14): 17069-17079.
Banks, J.R., Brindley, H.E., Flamant, C., Garay, M.J., Hsu, N.C., Kalashnikova, O.V., Klüser, L., Sayer, A.M, (2013). Inter comparison of satellite dust retrieval products over the West African Sahara during the Fennec campaign in June 2011. Remote Sens. Environ. 136, 99–116.
Bozlaker, Ayse, Joseph M. Prospero, Matthew P. Fraser, Shankararaman Chellam, (2013). Quantifying the contribution of long-range Saharan dust transport on particulate matter concentrations in Houston, Texas, using detailed elemental analysis. Environmental science & technology 47 (18): 10179-10187.
Bruzzone, Lorenzo, Diego F. Prieto, (2000). Automatic analysis of the difference image for unsupervised change detection. IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing 38 (3): 1171-1182.
Carreiras JM, Pereira JM, Campagnolo ML, Shimabukuro YE, (2006). Assessing the extent of agriculture/pasture and secondary succession forest in the Brazilian Legal Amazon using SPOT VEGETATION data. Remote Sensing of Environment, 101(3):283-98.
Choobari, O. Alizadeh, P. Zawar-Reza, A. Sturman, (2014). The global distribution of mineral dust and its impacts on the climate system: A review. Atmospheric Research 138: 152-165.
China meteorological administration (CMA), (2012). Sand-Dust Weather Almanac. China Meteorological Administration Press, Beijing.
El-Askary, Hesham, Ritesh Gautam, Menas Kafatos. (2004). Remote sensing of dust storms over the Indo-Gangetic basin. Journal of the Indian Society of Remote Sensing 32 (2): 121-124.
Good EJ, Kong X, Embury O, Merchant CJ, Remedios JJ, (2012). An infrared desert dust index for the Along-Track Scanning Radiometers. Remote sensing of environment, 116:159-76.
Gunaseelan, Indira, B. Vijay Bhaskar, K. Muthuchelian, (2014). The effect of aerosol optical depth on rainfall with reference to meteorology over metro cities in India. Environmental Science and Pollution Research 21 (13): 8188-8197.
Han, Lijian, Atsushi Tsunekawa, Mitsuru Tsubo, Weiqi Zhou, (2013). An enhanced dust index for Asian dust detection with MODIS images. International journal of remote sensing 34 (19): 6484-6495.
Hao, Xianjun, and John Jianhe Qu, (2007). Saharan dust storm detection using moderate resolution imaging spectroradiometer thermal infrared bands. Journal of Applied Remote Sensing 1 (1): 013510.
Hillger, Donald, Thomas Kopp, Thomas Lee, Daniel Lindsey, Curtis Seaman, Steven Miller, Jeremy Solbrig, (2013). First-light imagery from Suomi NPP VIIRS." Bulletin of the American Meteorological Society 94 (7): 1019-1029.
Holben, B.N., Eck, T.F., Slutsker, I., Tanre, D., Buis, J.P., Setzer, A., Vermote, E., Reagan, J.A., Kaufman, Y.J., Nakajima, T., Lavenu, F., Jankowiak, I., Smirnov, A., (1998). AERONET-A federated instrument network and data archive for aerosol characterization. Remote Sens. Environ. 66, 1–16.
Huang, Jianping, Jinming Ge, and Fuzhong Weng, (2007). Detection of Asia dust storms using multisensor satellite measurements. Remote Sensing of Environment 110 (2): 186-191.
Jafari, Reza, Mansoureh Malekian, (2015). Comparison and evaluation of dust detection algorithms using MODIS Aqua/Terra Level 1B data and MODIS/OMI dust products in the Middle East. International Journal of Remote Sensing, 36(2): 597-617.
Jensen, J.R, (2007). Thermal Infrared Remote Sensing, Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, 2nd ed. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River (pp. 288).
Kaiser, Jocelyn, (2005). Mounting evidence indicts fine-particle pollution. Science 307 (5717): 1858.
Karimi, Neamat, Ali Moridnejad, Saeed Golian, Jamal Mohammad Vali Samani, Danesh Karimi, Sara Javadi, (2012). Comparison of dust source identification techniques over land in the Middle East region using MODIS data." Canadian Journal of Remote Sensing 38 (5): 586-599.
Kurosaki, Yasunori, Masato Shinoda, Masao Mikami, (2011). What caused a recent increase in dust outbreaks over East Asia? Geophysical Research Letters 38 (11).
Lee, Y. C., Xun Yang, Mark Wenig, (2010). Transport of dust from East Asian and non-East Asian sources to Hong Kong during dust storm-related events 1996–2007. Atmospheric Environment 44 (30): 3728-3738.
Qu, J.J., Hao, X.J., Kafatos, M., Wang, L.L, (2006). Asian dust storm monitoring combining terra and aqua MODIS SRB measurements. Geosci. Remote Sens. Lett. 3, 484–486.
Sanchez, d.l.C. Ana, Garcia-Salamanca, A., Solano, J., de la Rosa, J., Ramos, J.-L., (2013). Chemical and microbiological characterization of atmospheric particulate matter during an intense African dust event in Southern Spain. Environ. Sci. Technol. 47, 3630–3638.
Schepanski, K., I. Tegen, A. Macke, (2012). Comparison of satellite-based observations of Saharan dust source areas. Remote Sensing of Environment 123: 90-97.
Waggoner, Drexel G., and Sokolik, Irina N. (2010). Seasonal dynamics and regional features of MODIS-derived land surface characteristics in dust source regions of East Asia, Journal of Remote Sensing of Environment, No. 114, pp. 2126-2136.

World Meteorological Organization (WMO), United Nations Environment Programme (UNEP), (2011). Establishing a WMO Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System Regional Node for West Asia: Current Capabilities and Needs, pp. 1121 (Accessed on April 13, 2016).
Xiao, Xiangming, Chandrashekhar M. Biradar, Christina Czarnecki, Tunrayo Alabi, Michael Keller, (2009). A simple algorithm for large-scale mapping of evergreen forests in tropical America, Africa, and Asia. Remote Sensing 1 (3): 355-374.
Youlin, Yang, Victor Squires, Lu Qi, (2002). Global alarm: dust and sandstorms from the world's drylands. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD).
Zhao, Yuanyuan, Chunyang He, Qiaofeng Zhang, (2012). Monitoring vegetation dynamics by coupling linear trend analysis with change vector analysis: a case study in the Xilingol steppe in northern China. International journal of remote sensing 33(1): 287-308.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۶/۱۱

تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۰۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۱۲

صفحات: ۱۱۰ - ۹۵

بررسی فرونشست زمین ناشی از برداشت بی رویه آب زیرزمینی در دشت کردی شیرازی، استان هرمزگان

سیده محدثه موسوی[۱]، هادی جعفری[۲*]، علی اکبر مومنی[۳]، جهانگیر سپهری[۴]

چکیده

برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی سبب مخاطرات زیست‌محیطی زیادی می‌شود که در بین آنها فرونشست زمین از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. هدف از مقاله حاضر بررسی فرونشست و ایجاد شکاف زمین به عنوان یکی از مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از افت سطح آب زیرزمینی در دشت کردی شیرازی می‌باشد. بدین منظور تغییرات سطح آب زیرزمینی و وضعیت سطحی و عمقی رسوبات موجود در دشت مورد بررسی قرار گرفته است. داده‌های سطح آب زیرزمینی اندازه‌گیری‌شده در پیزومترها در طی ۱۶ سال گذشته (۱۳۹۴-۱۳۷۸) نشان می‌دهد سطح ایستابی حدود ۳۵/۵ متر افت نموده و متوسط نرخ افت سطح آب زیرزمینی حدود ۲/۲ متر در سال می‌باشد. برداشت بیش از حد از آبخوان آبرفتی دشت کردی شیرازی ضمن افت سطح آب زیرزمینی سبب ایجاد بارفشاری قابل ملاحظه به رسوبات تشکیل دهنده آبخوان و بنابراین فشردگی و نشست آنها شده است. درنتیجه یک شکاف بزرگ به طول ۵۶۷/۶ متر در سال ۱۳۹۴ در بخش شمال غربی دشت ظاهر شده است. مطابق نتایج این تحقیق دو عامل افت سطح آب زیرزمینی و تغییرات ضخامت لایه ریزدانه رسی موجب نشست نامتقارن، ایجاد منطقه کششی و در نتیجه رخداد شکاف در دشت کردی شیرازی شده است. بر مبنای این عوامل نقشه خطرپذیری ایجاد شکاف ناشی از فرونشست زمین در دشت کردی شیرازی تهیه شده و پهنه‌های با خطر نسبی زیاد، متوسط و کم مشخص شده است.

واژگان کلیدی: مخاطرات زیست‌محیطی، افت سطح آب زیرزمینی، نشست زمین، کردی شیرازی

[۱]- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود mohadese.7271@gmail.com

[۲]- استادیار هیدروژئولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود (نویسنده مسئول) h_jafari@shahroodut.ac.ir

[۳]- استادیار زمین‌شناسی مهندسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود ali_moomeni@yahoo.com

[۴]- کارشناس امور منابع آب، شرکت آب منطقه‌ای استان هرمزگان

مقدمه

امروزه با توجه به رشد روز افزون جمعیت و کمبود منابع آب سطحی، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی به منظور مصارف مختلف کشاورزی، صنعتی و آشامیدنی افزایش یافته است. افت سطح آب زیرزمینی، سبب تغییرات زیادی در چرخه‌ی هیدرولوژی شده و مخاطرات زیست محیطی متعددی را ایجاد می‌کند. از جمله مهمترین مخاطرات زیست محیطی ناشی از افت سطح آب زیرزمینی می‌توان به فرونشست زمین اشاره نمود. براساس اطلاعات کارگروه فرونشست در سازمان یونسکو، قدیمی‌ترین فرونشست شناخته شده در ایالت آلاباما ایالات متحـــده در سال ۱۹۰۰ میلادی به وقوع پیوسته است. همچنین در شهر ونیز ایتالیا طی سال‌های ۱۹۳۰ تا ۱۹۷۳ نشست حدود ۱۵سانتی‌متر (Gambolation et al., 1974)، در دشت ساحلی تسالونیکی واقع در شمال یونان نشست حدود ۱۰ سانتیمتر در سال و در مناطقی از کالیفرنیا نشست حـدود ۸/۸ متر اندازه‌گیری شده است (Larson et al., 2001). در شهر بانکوک در تایلند در سال‌های ۱۹۳۳ تا ۲۰۰۲ حدود ۲۰۵ سانتی‌متر (Phien et al., 2006) نشست رخ داده است. تغییرات ارتفاع زمین در طول سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۳ در حوضه تایپه (شمال تایوان) در اثر پمپاژ آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته است. در طول این سال‌ها برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی برای مصارف آبیاری رخ داده است و نشست نامتقارن در منطقه ایجاد شده است (Chen et al., 2007). استخراج بیش از حد آب-های زیرزمینی در غرب تایوان نیز باعث فرونشست زمین شده است. در این منطقه تغییرات سطح آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از GPS، جابجایی عمودی و ارتباط آن با سطح آب زیرزمینی تجزیه و تحلیل شده است. نتایج نشان می‌دهد افزایش و کاهش سطح آب زیرزمینی در غرب تایوان تحت تأثیر باران و خشکسالی بوده، لیکن به دلیل برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی فرونشست زمین اتفاق افتاده است (Chen et al., 2010). در جیانگسو در طول سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۰، توزیع چاه‌های پمپاژ، مقدار بهره‌برداری از آب زیرزمینی و سطح آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد با افزایش مقدار بهره‌برداری از آبخوان، سطح آب زیرزمینی کاهش و نرخ فرونشست زمین افزایش می‌یابد (Hongdong et al., 2011). فرونشست زمین در مناطق کالاچری (Kalochori) و سیندوس (Sindos) در شمال یونان مورد بررسی قرار گرفته است. در این بررسی فرونشست زمین ۳۵ میلی‌متر در سال برآورد شده است. بررسی‌های انجام‌شده در این مناطق نشان می‌دهد که فرونشست زمین در ارتباط با هیدروژئولوژی منطقه می‌باشد. در این مناطق کاهش سطح آب زیرزمینی عامل پدیده فرونشست زمین می‌باشد (Nikos et al., 2016). در دره سدار (Cedar) واقع در ایالت یوتای آمریکا شکاف‌هایی در مناطق شمال شرقی و جنوب غربی ایجاد شده است. کاهش سطح آب زیرزمینی به دلیل پمپاژ آب زیرزمینی سبب تراکم رسوبات ریزدانه شده است. در واقع تراکم رسوبات عامل اصلی رخداد فرونشست زمین شناخته شده است. بررسی‌ها نشان می-دهد در صورتی که سطح آب زیرزمینی در این محل سالانه ۶۰ سانتی‌متر کاهش یابد، بیشترین میزان فرونشست حدود ۳ سانتی‌متر در سال خواهد بود (Knudsen et al., 2014). مطالعات انجام‌شده در سایر مناطق دنیا نظیر دره کواتای پاکستان (Kakar et al., 2019)، دهلی (Malik et al., 2019)، مناطق مرکزی عربستان سعودی (Othman and Abotalib, 2019)، گجرات هند (Choudhury et al., 2018)، جیان چین (Wang et al., 2018)، مکزیک

(Figueroa-Miranda et al., 2018) و مالزی (Yong et al., 2018) رخداد فرونشست زمین در اثر برداشت از منابع آب زیرزمینی را اثبات نموده است.

در ایران نیز برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی، افت سطح آب زیرزمینی و ایجاد مخاطرات زیست محیطی ناشی از آن نظیر فرونشست زمین در تعداد زیادی از دشت‌های آبرفتی گزارش شده است. برای مثال، برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی در دشت اشتهارد موجب نشست زمین شده است (رنجبر و جعفری، ۱۳۸۸). در این منطقه نشست زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های سطح آب زیرزمینی طی دوره ۸۳-۱۳۷۹، زمین‌شناسی منطقه و مشخصات مهندسی رسوبات مورد بررسی قرار گرفته است. در این بررسی مؤثرترین عوامل فرونشست شامل برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی، ضخامت لایه‌های رسوبی و ویژگی‌های مهندسی رسوبات می‌باشد. در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۸۳، سطح ایستابی در دشت حدود ۵ متر افت داشته است. افت سطح آب زیرزمینی در بخش‌هایی از دشت اشتهارد که لایه‌های زیر سطحی از جنس رس و مارن بوده باعث فرونشست بیشتری نسبت به قسمت‌هایی که رسوبات دانه درشت بوده، شده است (رنجبر و جعفری، ۱۳۸۸). فرونشست زمین در دشت مشهد ناشی از دو عامل بهره‌برداری بی‌رویه از آبخوان و جلوگیری از نفوذ آب برگشتی از بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب می‌باشد. پیامدهای ناشی از این پدیده با استفاده از تکنیک راداری اینترفرامتری و GPS بررسی گردیده است. بررسی نشان می‌دهد که میزان فرونشست در مناطق طوس و بلوار وکیل‌آباد به ترتیب ۲۰ و ۱۵ سانتی‌متر در سال بوده است (بهنیافر و همکاران، ۱۳۸۹). افت سطح آب زیرزمینی در محدوده‌هایی از آبخوان دشت مشهد باعث نشست و جابجایی زمین شده است. آثار نشست به صورت گسیختگی و کج‌شدگی لوله‌های جدار چاه‌ها نمایان شده و سبب ایجاد مشکلاتی از جمله تخریب سازه‌های زیرسطحی گردیده است (موسوی مداح و همکاران، ۱۳۹۲). در دشت کبودر آهنگ و فامنین در استان همدان نیز فرونشست زمین و تشکیل فروچاله در اثر افت سطح آب‌های زیرزمینی گزارش شده است(Khanlari et al., 2012). افت سطح آب زیرزمینی ناشی از برداشت بی‌رویه، عمق زیاد آبرفت روی بستر سنگی، تغییر ضخامت لایه‌های خاک در دامنه کوه و ضخامت زیاد لایه‌های ریزدانه رسی سبب فرونشست در دشت مرودشت شده به طوری که میزان فرونشست در روستای شول به ازای ۲۱ متر افت سطح آب زیرزمینی به طور متوسط ۱۶/۵ سانتی‌متر تعیین شده است. با فاصله گرفتن از روستا این میزان فرونشست به علت افزایش ضخامت آبرفت، به حدود ۲۲ سانتی‌متر افزایش یافته است (رهنما و میراثی، ۱۳۹۵). فرونشست زمین در جنوب غربی تهران در اثر برداشت بیش از حد منابع آب زیرزمینی می‌باشد. در فاصله بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۲ عمق سطح آب زیرزمینی در این منطقه حدود ۱۱/۶۵ متر کاهش یافته است (Mahmoudpour et al., 2016). در استان یزد فرونشست زمین با استفاده از تکنیک تداخل سنجی راداری اندازه‌گیری و مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که در دوره زمانی ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۶ میزان نشست زمین حدود ۲۲ سانتی‌متر بوده که به دلیل کاهش سطح آب زیرزمینی می‌باشد(Amighpey and Arabi, 2016). در دشت رفسنجان سالانه بیش از ۵ میلی‌متر زمین نشست می‌کند. داده‌های سطح آب در این دشت نشان می‌دهد که فرونشست ناشی از استخراج بیش از حد آب‌های زیرزمینی بوده که منجر به تراکم رسوبات شده و تغییر شکل غیر قابل برگشت و ناپایدار آبخوان را در پی داشته است.

ذخیره آبخوان دشت رفسنجان در طی سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۶ حدود ۳۰۰ میلیون متر مکعب کاهش یافته است (Motagh et al., 2017). افت سطح ایستابی در دشت فامنین همدان در طی سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۸ بررسی شده است. در این دشت افت سطح ایستابی ناشی از برداشت بی رویه آب زیرزمینی در بخش کشاورزی می‌باشد. در این دشت سالانه ۱۵۵ میلیون مترمکعب آب از آبخوان برداشت می‌شود(Khanlari et al., 2012). مطالعات انجام‌شده در دشت یزد (Amin et al., 2019)، ورامین (Dehghaniand Nikoo, 2019) و علی‌آباد قم (Rajabi, 2018) نیز رخداد فرونشست ناشی از برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی را نشان می‌دهد.

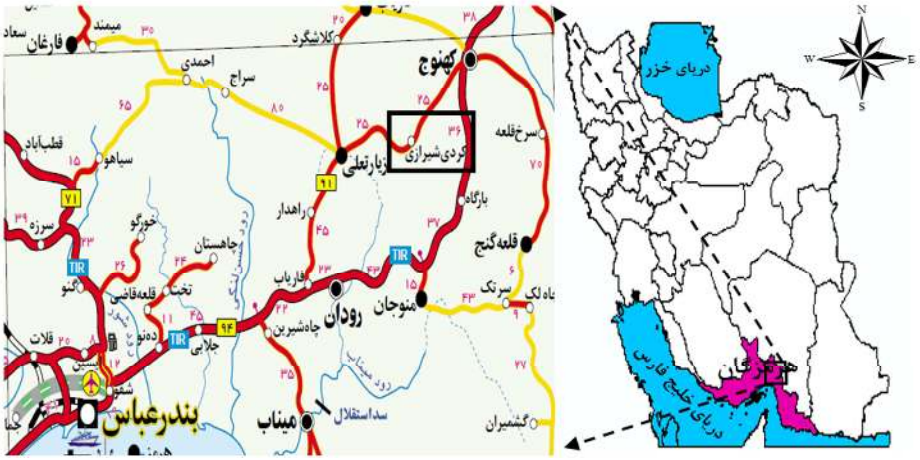
دشت کردی شیرازی به‌عنوان یکی از دشت‌های حاصل‌خیز در زمینه کشاورزی در استان هرمزگان می‌باشد. این دشت فاقد رودخانه دائمی بوده و بهره‌برداری از منابع آبی جهت مصارف مختلف متکی بر آبخوان کردی شیرازی می‌باشد. در سال‌های اخیر توسعه کشاورزی سبب برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی و فشار زیادی بر این منابع شده است. خشکسالی‌های اخیر و پایین رفتن سطح ایستابی نیز این وضعیت را تشدید نموده که باعث ایجاد مخاطرات زیست‌محیطی نظیر فرونشست زمین و ایجاد شکاف در بخش‌هایی از دشت شده است. با توجه به اهمیت موضوع و عدم وجود مطالعات قبلی در این دشت، هدف از تحقیق حاضر بررسی فرونشست و مکانیسم ایجاد شکاف زمین ناشی از افت سطح آب زیرزمینی در دشت کردی شیرازی می‌باشد.

موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

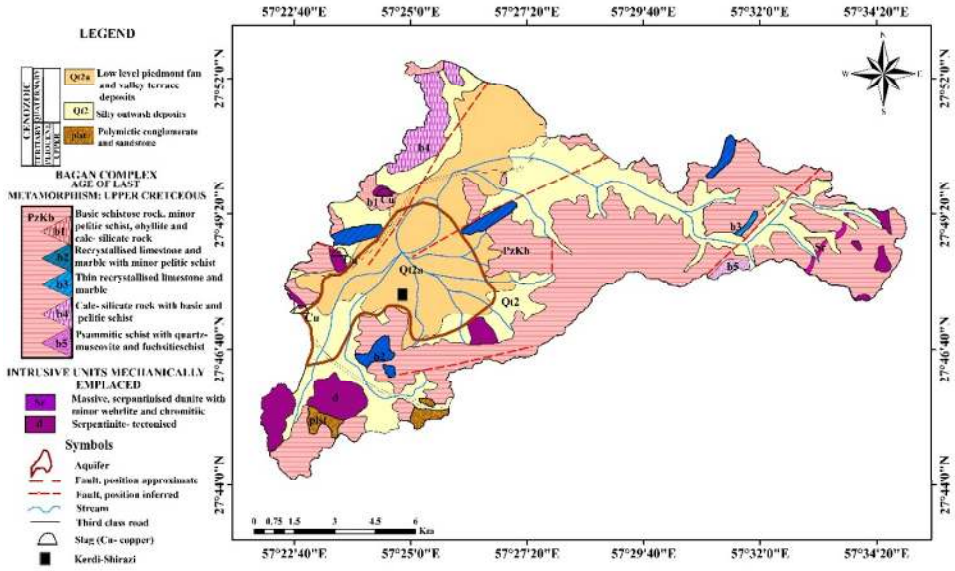
محدوده مطالعاتی کردی شیرازی جزء بخش رودخانه از توابع شهرستان رودان بوده که در شمال شرقی استان هرمزگان واقع شده است. این محدوده بین طول‌های جغرافیایی ″۴۹ ′۲۱ °۵۷ تا ′۳۵ °۵۷ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ″۱۱ ′۴۴ °۲۷ تا ″۰۴ ′۵۲ °۲۷ شمالی قرار دارد (شکل۱).

از نظر زمین‌شناسی محدوده کردی شیرازی در قسمت غربی زون مکران قرار دارد. شکل (۲) نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد. این محدوده بخشی از مجموعه بجگان محسوب می‌شود و بخشی از یک توالی گسترده سنگ‌های دگرگونی با منشأ رسوبی یا آذرین می‌باشد. واحدهای نفوذی دونیت و سرپانتینیت درون مجموعه بجگان قرار گرفته‌اند. در قسمت جنوب محدوده کردی شیرازی کنگلومرا به صورت پراکنده و با مساحت کم رخنمون دارد که از نظر نفوذپذیری در حد متوسط بوده و نقشی در تغذیه آبخوان ندارد. حوضه آبریز دشت کردی شیرازی به صورت یک حوضه بسته می‌باشد. این دشت فاقد چشمه و رودخانه دائمی می‌باشد. آبخوان دشت کردی شیرازی از نوع آزاد و آبرفتی می‌باشد. رسوبات آبرفتی دشت از فرسایش ارتفاعات در طی دوره کواترنر به وجود آمده‌اند. این رسوبات در اثر عوامل مختلف به ویژه جریان آب تشکیل شده‌اند و از نظر دانه‌بندی و ضخامت در نقاط مختلف دشت متفاوت هستند. رسوبات آبرفتی دشت شامل مخروط افکنه‌های قدیمی و تراس‌های آبرفتی (Q^{t2}) و رسوبات سیلتی شسته شده (Q^{t2a}) می‌باشد. مخروط افکنه‌های قدیمی و تراس‌های آبرفتی در قسمت شرق و جنوب کردی شیرازی قرار گرفته‌اند و دانه‌بندی آنها شامل شن، ماسه، سیلت و رس می‌باشد. ضخامت رسوبات دشت بین ۵۰ تا ۲۰۰ متر متغیر بوده است. با توجه به اینکه دشت در بین ارتفاعات قرار گرفته، شیب توپوگرافی دشت از سمت جنوب به سمت

شمال دشت کاهش می‌یابد. مسیل‌های موجود در منطقه به سمت شمال و مرکز متمرکز می‌شود و نقش مؤثری در تغذیه آبخوان دارند. در منطقه مورد مطالعه چندین گسل در قسمت‌های شمال، شرق، جنوب و مرکز با راستای NE-SW و در غرب با راستای NW-SE وجود دارد. گسل‌های موجود در منطقه مجموعه بجگان را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش نفوذپذیری آنها شده است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی دشت کردی شیرازی



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی حوضه آبریز کردی شیرازی و موقعیت آبخوان در آن

روش تحقیق

جهت دستیابی به هدف، روش انجام کار مطابق نمودار جریانی تحقیق (شکل ۳) طی مراحل زیر پیش‌بینی شده است:

الف- مطالعات پایه و جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز: در این تحقیق از اطلاعات زمین‌شناسی، داده‌های ماهانه سطح آب پیزومترها در طول سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۴ و مقادیر برداشت سالانه چاه‌های بهره‌برداری استفاده شده است. لازم به ذکر است که آمار و اطلاعات مربوط به پیزومترها و چاه‌های بهره‌برداری از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان هرمزگان اخذ شده است.

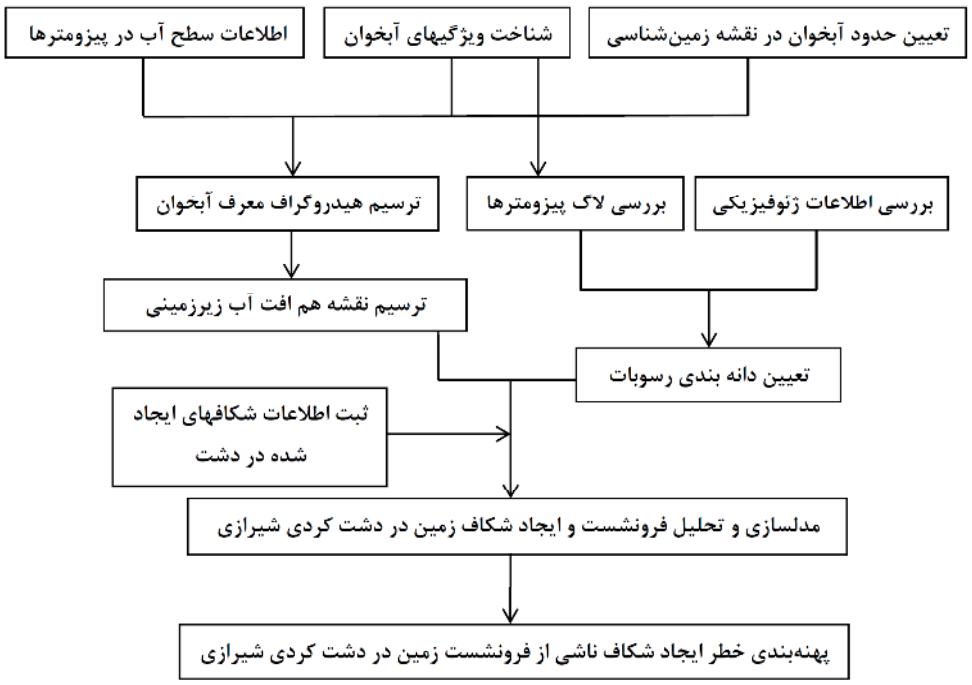
ب- ترسیم هیدروگراف معرف آبخوان و نقشه هم‌افت آب زیرزمینی: با استفاده از اطلاعات و آمار سطح ایستابی اندازه‌گیری شده در پیزومترها، نوسانات زمانی آب زیرزمینی در قالب ترسیم هیدروگراف معرف آبخوان بررسی شده است. بر اساس این اطلاعات، میزان افت سطح آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف دشت تعیین و تغییرات مکانی میزان افت سطح آب زیرزمینی در بخشهای مختلف دشت بررسی شده است.

ج- بررسی دانه‌بندی و ضخامت رسوبات: با استفاده از لاگ پیزومترها و چاه‌های حفر شده در منطقه و همچنین لاگ سوندژهای ژئوالکتریک انجام شده در دشت، عمق سنگ کف و دانه‌بندی رسوبات قرار گرفته در بالای آن تعیین شده است.

د- بازدید صحرایی و ثبت اطلاعات شکاف‌های **ایجاد شده در دشت:** طی بازدیدهای صحرایی مشخصات شکاف‌های ایجاد شده در دشت شامل طول، عمق و میزان بازشدگی ثبت شده است.

ه- تحلیل فرونشست و مکانیسم ایجاد شکاف زمین در دشت کردی شیرازی: با توجه به تغییرات مکانی افت سطح آب زیرزمینی، زمین‌شناسی آبخوان، وضعیت دانه‌بندی و لایه‌بندی رسوبات و اطلاعات شکاف‌های ایجاد شده در دشت، مدل فرونشست دشت کردی شیرازی تهیه شده و مکانیسم ایجاد شکاف زمین بررسی شده است.

و- ارزیابی خطر ایجاد شکاف ناشی از فرونشست زمین در دشت کردی شیرازی: پس از انجام مراحل فوق، پهنه-بندی خطر ایجاد شکاف ناشی از فرونشست زمین در بخشهای مختلف دشت انجام شده است.

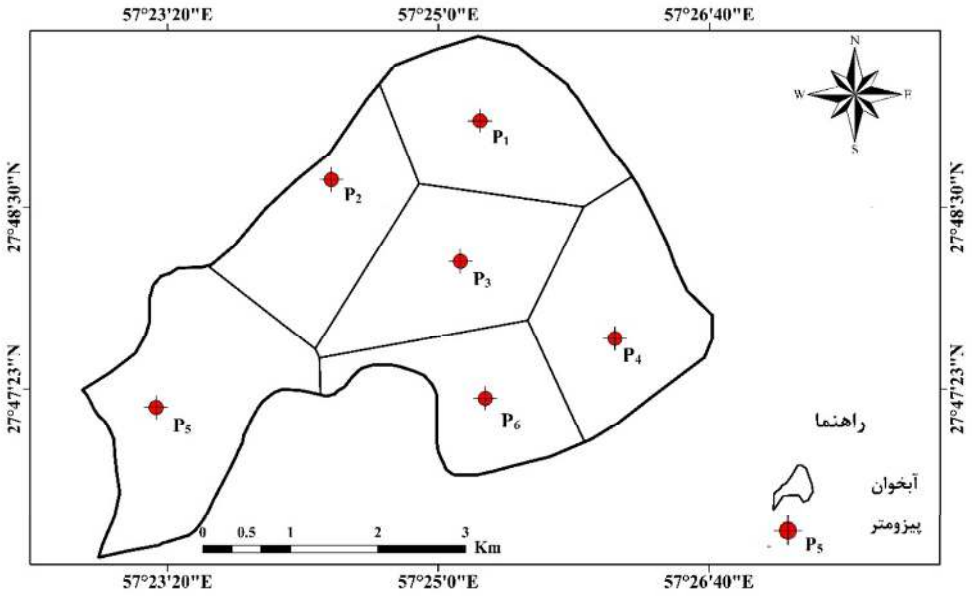


شکل ۳: نمودار جریانی مراحل انجام تحقیق

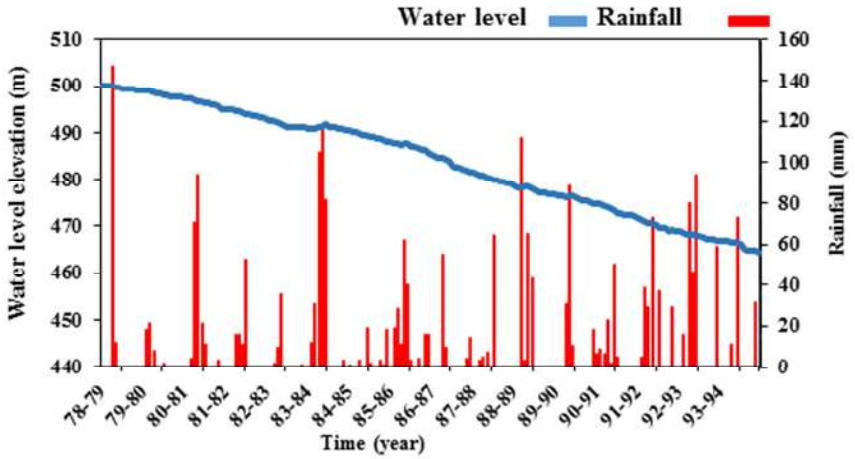
نتایج و بحث

الف- هیدروگراف معرف دشت کردی شیرازی

هیدروگراف معرف نشان دهنده‌ی تغییرات کلی سطح آب زیرزمینی دشت می‌باشد. برای ترسیم هیدروگراف معرف دشت از داده‌های ماهانه سطح آب زیرزمینی ۶ حلقه پیزومتر (شکل ۴) در طی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۴ استفاده شده است. متوسط وزنی تراز سطح ایستابی در هر ماه بر اساس مساحت محدوده تیسن هر پیزومتر (شکل ۴) محاسبه شده است. به منظور بررسی ارتباط تغییرات سطح آب زیرزمینی و بارندگی، مقدار بارندگی دشت نیز بر روی هیدروگراف معرف (شکل ۵) نشان داده شده است. با توجه به هیدروگراف معرف، سطح آب زیرزمینی در دشت، نسبت به بارندگی نوسان داشته و روند نزولی نسبت به زمان نشان می‌دهد. متوسط ارتفاع سطح آب از ۵۰۰ متر در سال ۱۳۷۸ به ۴۶۴/۵ متر در سال ۱۳۹۴ کاهش یافته است. تغییرات سطح آب زیرزمینی در طی این دوره ۱۶ ساله، ۳۵/۵ متر افت را نشان می‌دهد. براساس هیدروگراف، متوسط افت سالانه در دشت حدود ۲/۲ متر می‌باشد. روند نزولی هیدروگراف معرف نشان دهنده افت مداوم سطح آب زیررزمینی می‌باشد. کاهش تغذیه ناشی از خشکسالی‌های اخیر به همراه افزایش برداشت بی‌رویه به عنوان عوامل اصلی باعث افت شدید سطح آب زیرزمینی در دشت کردی شیرازی شده است.



شکل ۴: موقعیت پیزومترها و شبکه تیسن آبخوان کردی شیرازی

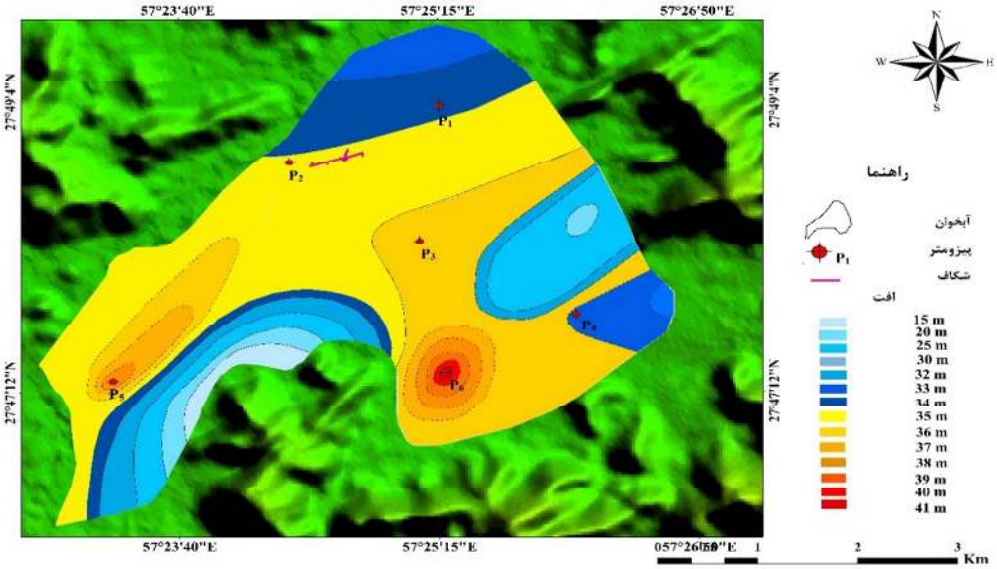


شکل۵: هیدروگراف معرف آبخوان دشت کردی شیرازی

ب- افت سطح ایستابی

توزیع مقدار افت سطح آب زیرزمینی در طی دوره ۱۶ ساله بر اساس پیزومترها و چاه‌های بهره‌برداری در نقشه هم-افت آبخوان در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به منحنی‌های هم-افت کمترین مقدار افت در جنوب غرب دشت به دلیل کوهپایه‌ای بودن این منطقه و تغذیه مناسب آن به دلیل درشت دانه بودن رسوبات، مشاهده می‌شود. از

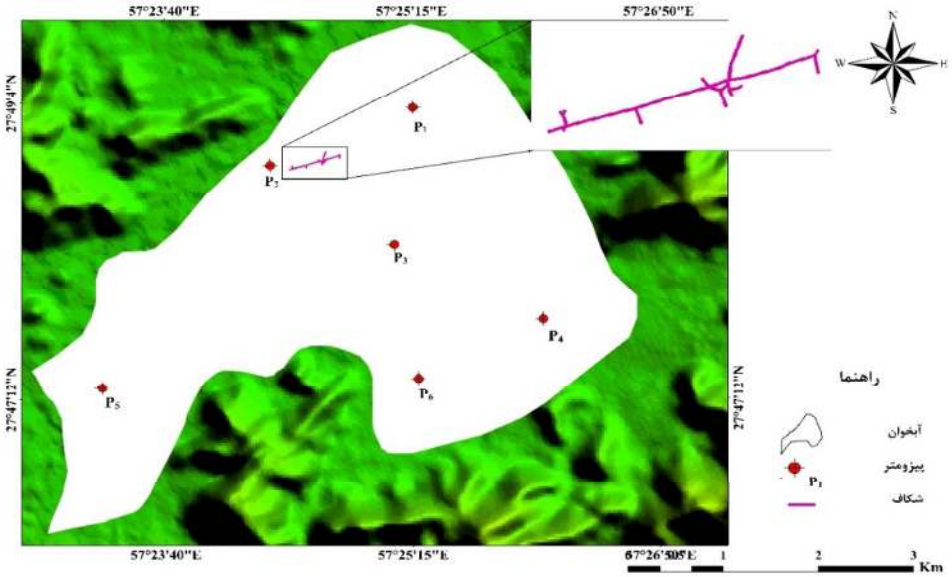
قسمت شمال به سمت مرکز دشت افت زیاد می‌شود. بیشترین مقدار افت اندازه‌گیری شده در قسمت جنوب دشت بوده و مقدار آن طی دوره ۱۶ ساله، ۴۰/۶ متر می‌باشد. افت زیاد در این قسمت از دشت ناشی از تمرکز چاه‌های بهره‌برداری و ریز دانه بودن رسوبات این قسمت از دشت می‌باشد. با توجه به نقشه هم‌افت بیشترین مقدار افت سطح آب زیرزمینی در جنوب می‌باشد.



شکل ۶: افت سطح آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف دشت کردی شیرازی (۱۳۹۴-۱۳۷۸)

ج- تحلیل فرونشست زمین در دشت کردی شیرازی

همانطور که در مقدمه تحقیق بیان گردید یکی از پیامدهای زیست‌محیطی ناشی از بهره‌برداری بیش از حد آب‌های زیرزمینی فرونشست زمین می‌باشد. بررسی‌های انجام شده در دشت کردی شیرازی نشان می‌دهد یک شکاف اصلی در دشت بین طول‌های جغرافیایی ″۵۷°۲۴′۲۷ تا ″۵۷°۲۴′۴۷ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ″۲۷°۴۸′۳۸ تا ″۲۷°۴۸′۴۴ شمالی در محل ذخیره‌گاه جنگل مور کردی در قسمت شمال‌غرب دشت ایجاد شده است (شکل ۷). این شکاف ابتدا در سال ۱۳۹۳ به صورت ترک‌هایی در سطح زمین ظاهر شده و در سال ۱۳۹۴ گسترش یافته است. شکاف اصلی یک شکاف بزرگ به طول ۵۶۷/۶ متر بوده که عمق آن در بعضی از قسمت‌ها تا ۵ متر اندازه‌گیری شده و دارای الگوی **V** شکل است. راستای شکاف در دشت شمال شرقی- جنوب غربی بوده و از نوع کششی می‌باشد. علاوه بر شکاف اصلی یک سری شکاف فرعی که گاهاً طول آنها به ۲۰ متر می‌رسد، تقریباً عمود بر امتداد شکاف اصلی گسترش یافته‌اند. شکل (۸) تصاویری از این شکاف را نشان می‌دهد.

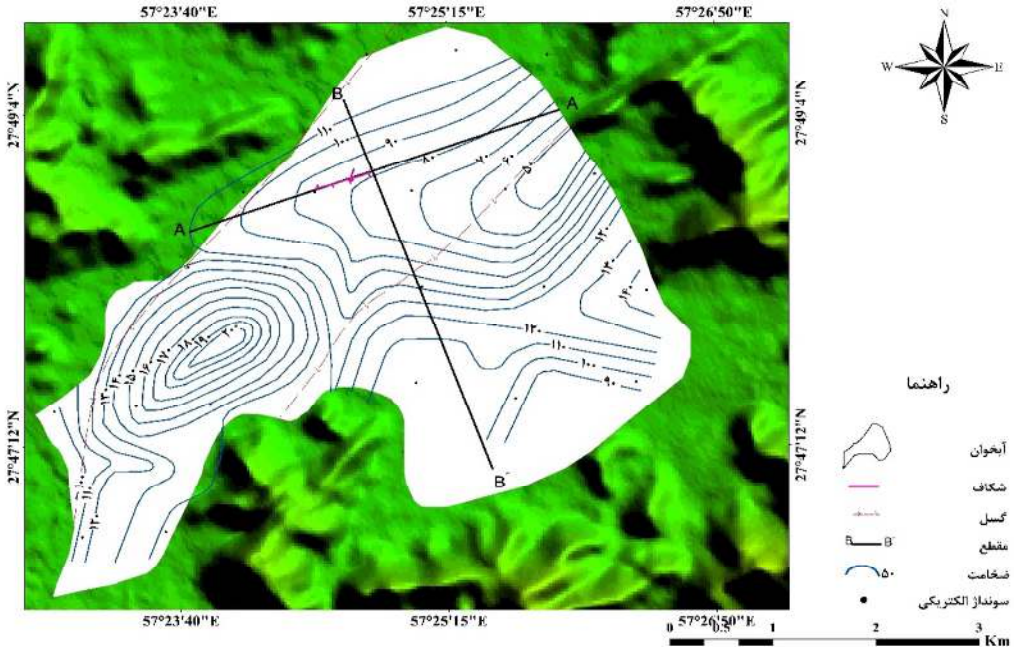


شکل۷: موقعیت و الگوی هندسی شکاف‌های ایجاد شده در دشت کردی شیرازی



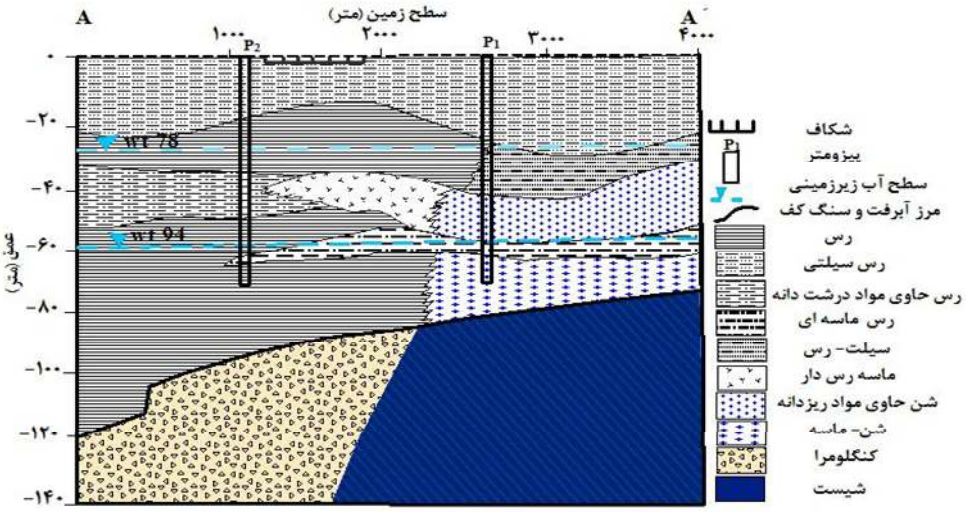
شکل ۸: تصاویری از شکاف اصلی ایجاد شده در دشت کردی شیرازی

بررسی جنس (اندازه) رسوبات بر اساس لاگ پیزومترها و لاگ سوندژهای ژئوالکتریک نشان می‌دهد که در قسمت جنوب شرق دشت رسوبات دانه درشت شامل ماسه، شن، قطعات شکسته شده و کمی سیلت و رس و در قسمت غرب رسوبات ماسه، سیلت و رس، قطعات شکسته همراه با سیمان و شن می‌باشد. همچنین در قسمت شمال دشت رسوبات شامل رس و سیلت، ماسه، ریگ و شن و در مرکز رسوبات ریزدانه رس و سیلت و مقدار کمی ماسه، شن و قطعات خرد شده همراه با سیمان وجود دارد. شکل (۹) تغییرات ضخامت آبرفت دشت کردی شیرازی را نشان می-دهد. بیشترین ضخامت در قسمت غرب دشت ۲۰۰ متر می‌باشد. در این قسمت از دشت به دلیل عبور گسل، حوضه رسوبی عمیق شده و بیشترین ضخامت آبرفت در این قسمت دیده شده است. در قسمت‌های شمال و جنوب ضخامت حدود ۱۰۰ متر بوده و به سمت شمال شرق ضخامت آبرفت به دلیل نزدیک شدن به کوهپایه کم شده و به ۵۰ متر می‌رسد. در محدوده شکاف ایجاد شده در سطح رسوبات دشت، ضخامت آبرفت حدود ۸۵ متر می‌باشد

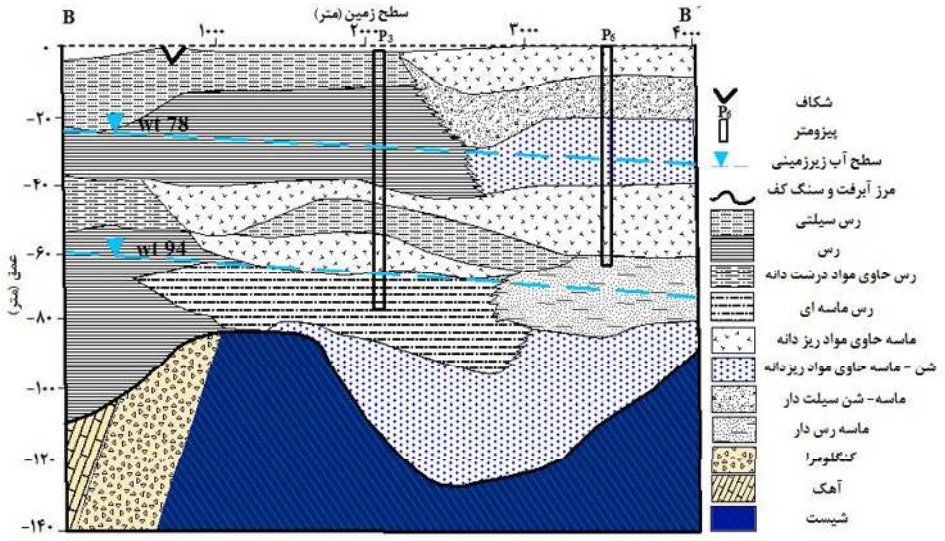


شکل ۹: نقشه هم‌ضخامت آبرفت دشت کردی شیرازی

با توجه به موقعیت شکاف، دو مقطع زمین‌شناسی به نام‌های AA´ با راستای شمال‌شرق- جنوب‌غرب در جهت شکاف (شکل ۱۰) و BB´ با راستای شمال‌غرب- جنوب‌شرق عمود بر جهت شکاف (شکل ۱۱) با استفاده از نقشه هم‌ضخامت آبرفت تهیه شد.



شکل۱۰: مقطع AA´ در دشت کردی شیرازی (موقعیت مقطع در شکل ۹ نشان داده شده است)

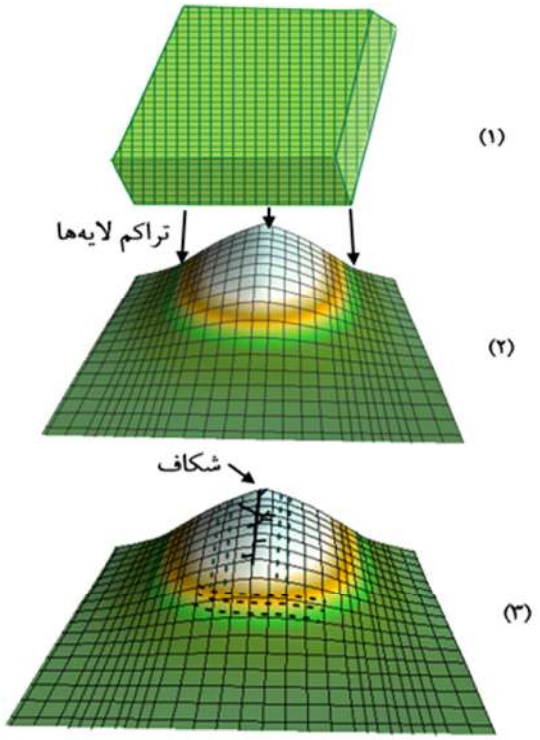


شکل۱۱: مقطع BB´ در دشت کردی شیرازی (موقعیت مقطع در شکل ۹ نشان داده شده است)

در مقطع AA´ جنس سنگ بستر از شیست و کنگلومرا است. ضخامت لایه‌های ریزدانه در محدوده شکاف کمتر از محدوده جنوب غربی آن می‌باشد. در واقع در جنوب‌غربی شکاف، از سطح زمین تا سنگ بستر، رسوبات ریزدانه می-باشند. در شمال شرق شکاف تا عمق ۳۵ متری لایه‌ها ریزدانه بوده و در اعماق بیشتر اندازه رسوبات درشت‌تر می‌شود.

در مقطع BB´ جنس سنگ بستر بیشتر از شیست و در بعضی قسمت‌ها کنگلومرا و آهک است. بررسی مورفولوژی سنگ کف نشان می‌دهد که در مرکز دشت به سمت شمال (حوالی شکاف ایجاد شده) سنگ کف دارای برآمدگی

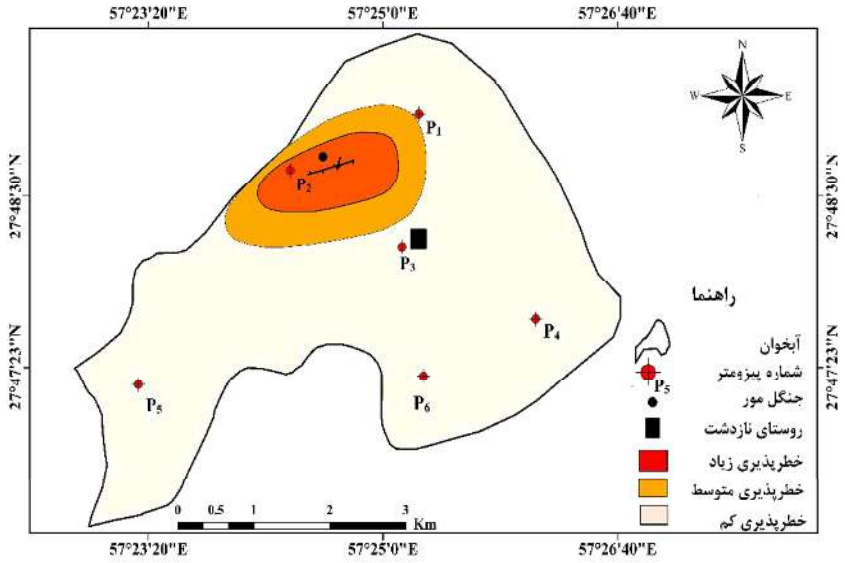
بوده و عمق رسوبات بالایی آن کم می‌باشد. ضخامت لایه‌های ریزدانه در قسمت شمال‌غرب شکاف (به سمت B) نسبت به محل ایجاد شکاف زیادتر شده، ولی این افزایش ضخامت در بخش جنوب‌شرقی شکاف تا قسمت مرکزی دشت زیاد نمی‌باشد. برآمدگی سنگ کف باعث شده تا کمترین ضخامت لایه رسی در حوالی شکاف ایجاد گردد. قسمت بالایی و پایینی این بخش به دلیل عبور گسل، ناگهان افزایش عمق داده و حوضه رسوبی عمیق‌تر شده است. بررسی وضعیت افت سطح آب زیرزمینی نشان می‌دهدکه از سمت B به سمت مرکز دشت مقدار افت افزایش می‌یابد. با در نظر گرفتن روند B-B´ از محدوده شکاف به سمت B علیرغم اینکه افت سطح آب ۲ متر کمتر شده ولی به علت کم بودن اختلاف افت از یک طرف و ضخامت بسیار بیشتر لایه ریزدانه نسبت به محدوده شکاف، نشست در بخش بالایی (به سمت B) بیشتر بوده است. در قسمت‌های پایین شکاف به سمت مرکز دشت نیز مقدار افت سطح آب بیشتر شده و از طرفی مقداری به ضخامت لایه ریزدانه افزوده شده است. بنابراین در قسمت‌های پایین شکاف نیز نشست زمین می‌بایستی بیشتر گردد. همانطور که در مدل نشان داده شده در شکل ۱۲ دیده می‌شود، اختلاف نشست باعث شده که دو طرف شکاف نشست بیشتری داشته و در نتیجه محدوده شکاف دچار تنش کششی شده و به دلیل کم بودن مقاومت کششی مصالح خاکی، عمود بر جهت تنش کششی، شکاف اصلی در دشت ایجاد گردد. در صورت تداوم افت سطح ایستابی، شکاف‌هایی نیز در آینده رخ خواهد داد که با خط‌چین بر روی شکل نمایش داده شده است.



شکل ۱۲: مدل نشست زمین در محدوده شکاف ایجاد شده در دشت کردی شیرازی(۱- حالت اولیه ۲- تراکم لایه ۳- ایجاد شکاف)

د- ارزیابی خطرپذیری ایجاد شکاف ناشی از فرونشست زمین در دشت کردی شیرازی

در تهیه نقشه خطرپذیری ایجاد شکاف ناشی از فرونشست دشت کردی شیرازی از تلفیق دو عامل اصلی ایجادکننده این پدیده، یعنی افت سطح آب زیرزمینی و دانه‌بندی رسوبات استفاده شده و نقشه خطرپذیری ایجاد شکاف ناشی از فرونشست دشت ترسیم شده است (شکل ۱۳). با توجه به وضعیت آبرفت دشت و افت سطح آب زیرزمینی، نشست زمین به خصوص در شمال غرب دشت در جنگل مور با راستای شمال‌شرق- جنوب‌غرب که همراه با آثار شکاف و ترک‌هایی در سطح زمین می‌باشد، با خطر نسبی زیاد پیش بینی می‌شود. بخش‌هایی از دشت که در حال حاضر فاقد شکاف بوده ولی دارای رسوبات ریزدانه هستند، در صورت تداوم افت سطح آب زیرزمینی در آینده با پدیده رخداد شکاف مواجه خواهند بود که این مناطق با خطرپذیری متوسط مشخص شده است. در پهنه‌ی با خطر نسبی کم احتمال ایجاد شکاف کم پیش‌بینی شده است. گرچه در برخی از مناطق واقع شده در این پهنه افت سطح آب زیرزمینی زیاد می‌باشد، لیکن درشت دانه بودن رسوبات واقع در این پهنه مانع از نشست زیاد این مناطق می‌گردد.



شکل۱۳: نقشه خطرپذیری ایجاد شکاف ناشی از فرونشست دشت کردی شیرازی

نتیجه‌گیری

دشت کردی شیرازی به علت بهره‌برداری بیش از حد منابع آب زیرزمینی جهت مصارف کشاورزی با افت شدید سطح آبخوان مواجه شده است. سطح آب زیرزمینی آبخوان در طی سال‌های ۱۳۷۸ تا ۱۳۹۴ حدود ۳۵/۵ متر کاهش یافته و متوسط نرخ افت سالانه برابر ۲/۲ متر می‌باشد. با توجه به مقدار قابل‌توجه افت سطح آب زیرزمینی تنش زیادی به لایه‌های زیرسطحی موجود و به خصوص لایه‌های واقع شده در زیر سطح ایستابی اعمال گردیده است و سبب ایجاد شکاف‌هایی در شمال‌غربی دشت شده است. به دلیل برآمدگی سنگ کف در حومه شکاف رخ داده، ضخامت لایه رس

در این بخش نسبت به دو طرف آن کمتر بوده و نشست‌های رخ داده نامتقارن بوده است. به علت کم بودن میزان نشست در بخشی که شکاف رخ داده نسبت به اطراف آن، این محدوده دچار کشش و شکافی کششی عمود بر جهت راستای نیروی کششی تشکیل شده است. نقشه پهنه‌بندی خطر ایجاد شکاف ناشی از فرونشست زمین نشان می‌دهد که محدوده‌ای به موازات شکاف رخ داده پهنه خطرناک بوده و با فاصله گرفتن از محل شکاف، پهنه‌های دیگر با همان روند مشاهده می‌گردد.

تقدیر و تشکر

از مسئولین محترم گروه مطالعات آب‌های زیرزمینی شرکت سهامی آب منطقه‌ای هرمزگان بابت در اختیار گذاشتن اطلاعات مورد نیاز سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

رنجبر محسن، جعفری نسرین (۱۳۸۸)، بررسی عوامل مؤثر در فرونشست زمین دشت اشتهارد، نشریه علمی- پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، سال ششم.

شرکت سهامی‌آب منطقه‌ای هرمزگان (۱۳۹۴)، گزارش توجیهی تمدید ممنوعیت محدوده مطالعاتی‌کردی شیرازی.

لشکری‌پور غلامرضا، غفوری محمد، رستمی بارانی حمیدرضا (۱۳۸۷)، بررسی علل تشکیل شکاف‌ها و فرونشست زمین در غرب دشت کاشمر، مجله مطالعات زمین‌شناسی، جلد۱، شماره ۱.

موسوی مداح سیدمحمد، غفوری محمد، لشکری پور غلامرضا، افشار سلیمه (۱۳۹۲)، بررسی پدیده نشست زمین و تأثیر آن بر روی گسیختگی لوله‌های جدار چاه‌های آب در محدوده شهر مشهد با استفاده از پهنه‌بندی تغییرات دانه‌بندی لایه‌های زمین، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال چهارم شماره سیزدهم.

Amighpey M., Arabi S., (2016), Studying land subsidence in Yazd province, Iran, by the integration of InSAR and leveling measurements, Remote Sensing Applications: Society and Environment, 4: 1-8.

Amin P., Ghalibaf M.A., Hosseini M., (2019), Land subsidence and soil cracks monitoring by surveying on the clayey plain soils in Central Iran (case study: Yazd City). Arabian Journal of Geosciences, 12(3), 84.

Chen C.T., Hu J.CH., Lu Y., Lee J.C., Chan Y.C., (2007), Thirty-year land elevation change from subsidence to uplift following the termination of groundwater pumping and its geological implications in the Metropolitan Taipei Basin, Northern Taiwan, Engineering Geology 95: 30-47.

ChenC.H., Wang C.H., Hsu Y.J., Yu S.B., Kuo L.C., (2010), Correlation between groundwater level and altitude variations in land subsidence area of the Choshuichi Alluvial Fan, Taiwan, Engineering Geology 115: 122–131.

Choudhury P., Gahalaut K., Dumka R., Gahalaut, V.K., Singh A.K., Kumar S., (2018), GPS measurement of land subsidence in Gandhinagar, Gujarat (Western India), due to groundwater depletion. Environmental Earth Sciences, 77(22), 770.

Dehghani M., Nikoo M.R., (2019), Monitoring and Management of Land Subsidence Induced by Over-exploitation of Groundwater. In Natural Hazards GIS-Based Spatial Modeling Using Data Mining Techniques (pp. 271-296). Springer, Cham.

Figueroa-Miranda S., Vargas J.T., Ramos-Leal J.A., Hernández-Madrigal V.M., Villaseñor-Reyes C.I., (2018), Land subsidence by groundwater over-exploitation from aquifers in tectonic valleys of Central Mexico: A review. Engineering Geology, 246: 91-106

Gambolation G., Gatto P., Freeze A., (1974), Predictive simulation of the subsidence of Venice, Science, 183: 849-851.

Hongdong F., Kazhong D., Chengyu J., Chuanguang Z., Jiqun X., (2011), Land subsidence monitoring by D-InSAR technique, Mining Science and Technology (China) 21: 869-872.

Kakar N., Kakar D.M., Khan A.S., Khan S.D., (2019), Land Subsidence Caused by Groundwater Exploitation in Quetta Valley, Pakistan. International Journal of Economic and Environmental Geology, 10-19.

Khanlari G.R., Heidari M., Momeni A., Ahmadi M. Taleb-Beydokhti A.R., (2012), The effect of groundwater overexploitation on land subsidence and sinkhole occurrences, western Iran. Quarterly Journal of Engineering Geology and hydrogeology, 45: 447-456.

Knudsen T., Inkenbrandt P., LundW., Lowe M., Bowman S., (2014), Investigation of land subsidence and earth fissures in Cedar Valley, Iron County, special study 150 Utah geological survey.

Larson K.J., Basagaoglu H., Marino M.A., (2001), Prediction of optimal safe groundwater yield and land subsidence in the Los Banos–Kettleman City area, California, using a calibrated numerical simulation model. Journal of Hydrology, 242: 79-102.

Mahmoudpour M., Khamehchiyan M., Nikudel M.R., Ghassemi M.R., (2016), Numerical simulation and prediction of regional land subsidence caused by groundwater exploitation in the southwest plain of Tehran, Iran. Engineering Geology, 201, 6-28.

Malik K., Kumar D., Perissin D., (2019), Assessment of subsidence in Delhi NCR due to groundwater depletion using TerraSAR-X and persistent scatterers interferometry. The Imaging Science Journal, 67(1), 1-7.

Motagh M., Shamshiri R., Haghighi M.H., Wetzel H.U., Akbari B., Nahandchi H., Arabi S., (2017), Quantifying groundwater exploitation induced subsidence in the Rafsanjan plain, southeastern Iran, using InSAR time-series and in situ measurements. Engineering Geology, 218: 134-151.

Nikos S., Loannis P., Constantinos L., Paraskevas T., Anastasia K., Charalambos K., (2016), Land subsidence rebound detected via multi-temporal InSAR and ground truth data in Kalochori and Sindos regions, Northern Greece. Engineering Geology 209: 175-186.

Othman A., Abotalib A.Z., (2019), Land subsidence triggered by groundwater withdrawal under hyper-arid conditions: case study from Central Saudi Arabia. Environmental Earth Sciences, 78(7), 243.

Phien-Wej N., Giao P.H., Nutalaya P., (2006), Land subsidence in Bangkok, Thailand. Engineering Geology, 82(4): 187-201.

Rajabi A.M., (2018), A numerical study on land subsidence due to extensive overexploitation of groundwater in Aliabad plain, Qom-Iran. Natural Hazards, 93(2), 1085-1103.

Wang Y.Q., Wang Z.F., Cheng W.C., (2018), A review on land subsidence caused by groundwater withdrawal in Xi'an, China. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 1-13.

Yong C.Z., Denys P.H., Pearson, C.F., (2018), Groundwater extraction-induced land subsidence: a geodetic strain rate study in Kelantan, Malaysia. Journal of Spatial Science, 1-12.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۲۸

تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۰۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۰۷

صفحات: ۱۲۲ - ۱۱۱

شناسایی مکان‌های مستعد برای سیلاب با الگوهای خود همبستگی فضایی سرعت نفوذ آب در خاک

محمدصادق علیائی[۱*]، علی باریکلو[۲]، مسلم ثروتی[۳]

چکیده

ویژگی‌های خاک در مقیاس بزرگ بر فرآیند میزان نفوذ آب به خاک اثر می‌گذارد و می‌تواند منجر به افزایش روان‌آب در اراضی کشاورزی شود. مدیریت پایدار اراضی برای کنترل روان‌آب نیاز به اطلاعات قابل اطمینان در مورد توزیع فضایی میزان نفوذ آب به خاک دارد. روش سنتی آنالیز خاک دشوار و وقت‌گیر و پرهزینه است. بنابراین تجزیه و تحلیل فضایی سرعت نفوذ برای تعیین مناطق حساس برای روان‌آب سطحی ضروری است. هدف اولیه از این مطالعه ارائه روش‌های جایگزین در تعیین میزان نفوذ آب به خاک در مناطق حساس به روان آب (لکه داغ) با استفاده از آنالیز خودهمبستگی فضایی است. این مطالعه در منطقه خدافرین استان آذربایجان شرقی انجام شد. از نظر جغرافیایی منطقه مابین ۶۷۵۵۰۰ تا ۶۹۲۵۰۰ مختصات طولی و ۴۳۳۲۵۰۰ تا ۴۳۴۹۰۰۰ مختصات عرضی واقع شده است. به‌منظور دستیابی به اهداف تحقیق ۸۸ نقطه نمونه‌برداری با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدنظر قرار دادن یکنواختی و نوع کاربری اراضی انتخاب شد. داده‌های نفوذپذیری نهایی با استوانه‌های مضاعف در ۳ تکرار اندازه‌گیری شد. یک نمونه خاک از هر نقطه برداشته و جهت انجام آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد. برای پوشش‌دادن کل اراضی از میان‌یابی با روش کریجینگ معمولی استفاده شد، نهایتا لایه ایجاد شده برای اعمال روش تحلیل لکه‌های داغ به محیط GIS منتقل و اقدام به تهیه نقشه‌های مورد نظر گردید. نتایج نشان داد که از بین پارامترهای مورد بررسی درصد شن، سیلت، تخلخل و ماده آلی دارای همبستگی در سطح احتمال ۱ درصد با نفوذپذیری آب در خاک هستند. در مجموع دو پارامتر درصد ماده آلی و تخلخل، موثر بر افزایش سرعت نفوذ آب در خاک ارزیابی شد و سایر پارامترهای اندازه‌گیری شده فاقد الگوی خود همبستگی فضایی مشخص به لحاظ آماری می‌باشد. نهایتا روش هات‌اسپات یک روش کارا در ارزیابی روند تغییرات نفوذپذیری خاک با توجه به ویژگی‌های موثر بر آن می‌باشد..

واژگان کلیدی: آمار فضایی، تحلیل لکه‌های داغ، کشاورزی دقیق، مدیریت اراضی، لکه داغ.

[۱]- استادیار، حوزه معاونت پژوهشی و فناوری، وزارت علوم، تحقیقات و فناوری (نویسنده مسئول) m-oliaei@msrt.ir

[۲]- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان ali_barikloo@znu.ac.ir

[۳]- استادیار مرکزآموزش عالی شهید باکری میاندوآب، دانشگاه ارومیه m.sarvati@urmia.ac.ir

مقدمه

حرکت آب در محیط خاک متاثر از ویژگی‌های مختلف شناخته‌شده و ناشناخته است. با اینکه میزان متوسط بارش‌ها در دهه‌های اخیر کمتر شده ولی به‌دلیل فعالیت‌های انسانی هر ساله سیل زیان‌های مالی و جانی بسیاری را به جوامع بشری تحمیل می‌کند. یکی از پارامترهای مهم و تاثیرگذار در وقوع سیل، نوع خاک و رفتار ساختمانی آن در برابر نفوذ آب می‌باشد (محمد، ۲۰۱۰). نفوذ آب به خاک بیانگر توانایی خاک در انتقال آب به‌صورت عمودی است (هو و همکاران، ۲۰۰۸). پراکنش مکانی سرعت نفوذ آب به خاک در مدیریت خاک و تعیین مناطق مستعد برای سیلاب از اهمیت زیادی برخوردار است (ونگ و همکاران[1]، ۲۰۰۰). همچنین تعیین نفوذ آب به خاک در وسعت‌های زیاد با توجه به محدودیت‌های مالی از روش‌های آماری داده محور مدنظر است (محمدی و رفاهی، ۱۳۸۵). همچنین تشخیص الگوی پراکنش مکانی نفوذ آب به خاک می‌تواند درصورت وجود همبستگی بالا بین ویژگی‌ها (متغیر کمکی) به‌منظور تخمین بهتر پارامترهای نفوذ در مکان‌های نمونه‌برداری نشده بهره برد (کرمی و همکاران،۲۰۱۲). سرعت نفوذ آب به خاک به شدت وابسته به شرایط سطح خاک است (والیانتزاس[2]، ۲۰۱۰). این ویژگی به‌شدت از ویژگی‌های ذاتی خاک تأثیر می‌پذیرد(بوما[3]، ۱۹۸۳). چگونگی تغییرات مکانی این ویژگی‌های خاک تعیین‌کننده مقادیر نفوذ آب به خاک و تعیین‌کننده میزان روان‌آب و سیلاب در این مکان‌ها است.

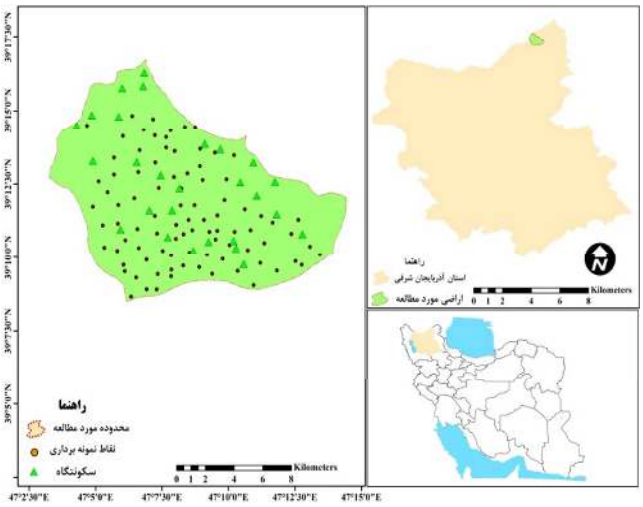
آمار مکانی از روش‌های قابل اعتماد برای بررسی چگونگی رفتار و نوع الگوی توزیع این داده‌ها است. در این روش، مشاهدات مستقل از یکدیگر نیستند و برحسب موقعیت قرار گرفتن نقاط در فضای مطالعاتی به یکدیگر وابسته هستند (حسنی پاک، ۱۳۸۰). لذا می‌توان با بررسی مقدار، فاصله و جهت قرارگیری یک کمیت در جامعه بین داده‌ها ارتباط برقرار کرد. معمولا نمونه‌های مجاور تا فاصله معینی در قالب ساختار مکانی به هم وابسته می‌باشند، در این حالت احتمال میزان تشابه به نمونه‌های نزدیکتر بیشتر است (عسگری، ۱۳۹۰). این فاصلهٔ حداکثر دامنهٔ تأثیر نامیده می‌شود و در حقیقت نشان‌دهندهٔ فاصله خودهمبستگی[4] فضایی پدیده‌ها است. خودهمبستگی فضایی نقش به‌سزایی در آشکارسازی تغییرات ویژگی‌ها دارد (حسنی پاک، ۲۰۱۰). نخستین مرحله در تحلیل فضایی، شناسایی ساختار پراکندگی و لکه داغ[5] داده‌ها است. نهایتا، بر اساس رابطه فضایی آن‌ها با پراکندگی‌های دیگر، استدلال برای دلیل وجودی آن‌ها صورت می‌گیرد (علیجانی، ۱۳۹۴). افزایش بقایای گیاهی و به تبع آن افزایش ماده آلی خاک ظرفیت نفوذ آب به خاک و هدایت هیدرولیکی را بهبود بخشیده، چگالی ظاهری و فشردگی خاک را کاهش داده و به‌عنوان پوشش در سطح خاک، میزان فرسایش، سیلاب و روان‌آب را کاهش می‌دهد (مکرا و همکاران، ۱۹۸۵). واکلین[6] و همکاران (۱۹۸۳) گزارش کردند که تلفیق اندازه‌گیری‌های صحرایی نفوذسنج فشاری با زمین‌آمار، روشی کارآمد برای تعیین تغییرات مکانی هدایت هیدرولیکی اشباع در یک خاک لومی است. گوپتا[7] و

1- Vang
2- Bouma
3- Valiantzas
4- Autocorrelation
5- Hot Spot
6- Vaclin
7- Gupta

همکاران (۱۹۹۴) نشان دادند که متغیرهای بافت، ساختمان خاک و برخی ویژگی‌های شیمیایی مانند کربن آلی می‌توانند بر فرآیند شدت نفوذ و پارامترهای مرتبط با آن اثر چشمگیری داشته باشند. داوری‌نژاد و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه‌ای مصرف کمپوست بقایای گیاه پنبه در خاک را موجب افزایش فعالیت میکروبی، پایداری ساختمان و تخلخل خاک دانستند. همچنین معدنی‌شدن ماده آلی غلظت زیادتری از نیتروژن نیتراتی را در خاک فراهم کرده است. کمپوست می‌تواند موجب افزایش تخلخل خاک و ظرفیت نگهداری آب خاک شود که می‌تواند بر میزان نفوذ آب به خاک اثرات مثبت داشته و در کنترل سیلاب موثر واقع شود (تجادا و همکاران، ۲۰۰۳). در تحقیقی زارع چاهوکی و همکاران (۲۰۰۷) بیان نمودند که از بین ویژگی‌های محیطی، ویژگی‌های خاک از موثرترین عوامل در تفکیک تیپ‌های رویشی هستند، به‌طوری‌که هدایت الکتریکی، رطوبت اشباع، درصد سیلت و آهک از موثرترین ویژگی‌های خاک در توزیع جغرافیایی تیپ‌های رویشی می‌باشند. همچنین بیان کردند که این ویژگی‌ها در تامین رطوبت و مواد غذایی برای گیاهان و کنترل سیلاب نقش عمده‌ای دارند. ۱۰/۲ درصد از اراضی در بخش‌های شمال، شرق و جنوب شرق لکه سرد هستند که می‌توان پایین‌ترین درصد تخلخل خاک را در این نواحی مشاهده نمود. در ۷۸/۸ درصد اراضی نیز هیچ‌گونه الگوی معناداری مشاهده نشد. هدف از انجام این تحقیق پهنه‌بندی خطر سیلاب و شناسایی نواحی مستعد پخش سیلاب و خود همبستگی فضایی پارامترهای موثر بر نفوذ آب به خاک به‌عنوان یک شاخص موثر در ایجاد سیلاب در اراضی روستایی سلین چای و قز قلعه‌سی شهرستان خداآفرین استان آذربایجان شرقی می‌باشد.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه شامل بخشی از اراضی روستایی بین قز قلعه‌سی تا سیلین چای در استان آذربایجان شرقی، شهرستان خداآفرین، بخش خمارلو واقع شده است. مساحت تقریبی این اراضی ۱۳۰۰۰ هکتار بوده که در مختصات جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۴۷ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی و مختصات ۳۹ درجه و ۸ دقیقه تا ۳۹ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی واقع شده است.



شکل۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

به‌منظور دست‌یابی به اهداف تحقیق ۸۸ نقطه نمونه‌برداری با کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی و مدنظر قراردادن یکنواختی بافت خاک و نوع کاربری اراضی انتخاب شد. داده‌های نفوذپذیری نهایی با استوانه‌های مضاعف[1] اندازه‌گیری و در ۳ تکرار تا ثابت‌شدن سرعت نهایی انجام شد. همچنین از هر نقطه یک نمونه خاک سطحی جهت اندازه‌گیری ویژگی‌های خاک برداشته شد. آزمایشات فیزیکی و شیمیایی خاک از جمله بافت به روش هیدرومتر (گی و اور، ۲۰۰۲)، کربن آلی به روش والکلی و بلک (نلسون و سامر، ۱۹۸۲)، ذرات درشت‌تر از شن به روش حجمی، کربنات کلسیم معادل به روش خنثی‌سازی با اسید (نلسون، ۱۹۸۲) بر روی نمونه‌ها انجام شد.

نقشه‌ها و لایه‌های مورد نیاز با استفاده از نرم‌افزار سرفر[2] تهیه و پس از پردازش در محیط نرم‌افزاری ArcGIS نسخه ۱۰/۳ به‌عنوان لایه‌های اطلاعاتی پارامترهای موثر بر نفوذ مورد استفاده قرار گرفت. بدین‌منظور برای یکنواخت‌شدن و پوشش‌دادن کل اراضی ۸۸ نقطه اندازه‌گیری‌شده در نرم افزار سرفر با کریجینگ معمولی میان‌یابی شد و لایه ایجاد شده برای تحلیل لکه‌های داغ[3] به نرم افزار ArcGIS منتقل شد.

پارامترهای آمار مکانی مهم‌ترین ابزاری هستند که در توصیف و آنالیز اشکال مختلف جغرافیایی به‌کار می‌روند، همچنین می‌توان برای توصیف الگوهای مکانی حاصل از اشکال جغرافیایی بهره جست (خسروی و همکاران، ۱۳۹۶). در این مطالعه به‌منظور تحلیل فضایی پارامترهای موثر بر نفوذ آب به خاک از شاخص فضایی Gi و Gi* استفاده شد. نمایه مذکور، همبستگی نقاط موزون متمرکز و نقاط موزونی که در داخل شعاع فاصله‌ای d از نقطه‌ی موزون مبدأ باشند، اندازه‌گیری می‌کند. به‌عنوان نمونه یک پهنه‌ای به n منطقه تقسیم و موقعیت هر نقطه با یک سامانه مختصات مکانی مشخص شده باشد. هر منطقه یکی از ۸۲۳۰ یاخته درون ایران زمین در نظر گرفته می‌شود. هر نقطه در فضا

1- Double rings
2- Surfer
3- Hot Spot Analysis

فاصله و مرز یکسانی از نقاط مجاور دارد. اگر نقاط مستقل از همدیگر باشند، نشانگر نبود خودهمبستگی فضایی است، اما عکس آن همیشه صادق نیست، لذا آزمون خودهمبستگی فضایی معیار مناسبی برای ارزیابی وابستگی نقاط به‌حساب می‌آید. گیتس و اُرد در سال ۱۹۹۲ آماره‌ی Gi و Gi* را به عنوان شاخصی جهت اندازه‌گیری ارتباط فضایی در حالت‌های متعدد پیشنهاد کردند. آماره‌ی Gi (d) به‌صورت رابطه‌ی (۱) محاسبه می‌شود.

$$G_i(d)=\frac{\sum_j w_{ij}(d)x_j}{\sum_j x_j} \quad j \neq i \qquad (۱)$$

در رابطه (۱)، $w_{ij}(d)$ متناسب با ماتریس وزن فضایی، یک یا صفر خواهد بود. یک در صورتی که نقطه مورد نظر در داخل فاصله‌ی (d) برای نقطه i باشد، در غیر این صورت صفر خواهد بود. در نمایه‌ی G ارتباط هر نقطه‌ای با خودش صفر و حاصل جمع وزن‌ها به‌صورت رابطه (۲) است.

$$W_i = \sum_{j\neq i} w_{ij}(d) \qquad (۲)$$

عملگر شمارنده سیگما در رابطه (۱) حاصل جمع همه xj هایی است که در شعاع فاصله‌ای d از نقطه‌ی iاُم هستند. لازم به ذکر است در مخرج کسر حاصل جمع همه xj ها بدون در نظر گرفتن خود xi می‌باشد. میانگین و پراش نقطه‌ی iاُم به کمک رابطه‌های (۳ و ۴) محاسبه می‌شود.

$$\bar{x}_i = \frac{\sum_j x_i}{(n-1)} \qquad (۳)$$

$$s^2(i) = \frac{\sum_j {x^2}_j}{(n-1)} - [\bar{x}(i)]^2 \qquad (۴)$$

پراش Gi به کمک رابطه (۵) قابل محاسبه است.

$$Var(G_i) = \frac{W_i(n-1-W_i)}{(n-1)^2(n-2)}\left[\frac{s(i)}{\bar{x}(i)}\right]^2 \qquad (۵)$$

مقادیر G و G* از طریق عمگر آماری Wi/(n-1) و محاسبه ریشه‌ی دوم پراش آن استاندارد می‌شوند.

$$G_i(d) = \frac{\sum_j w_{ij}(d)x_j - W_i\bar{x}(i)}{s(i)\left\{\left[\left((n-1)S_{1i}\right) - W_i^2\right]/(n-2)\right\}^{\frac{1}{2}}} \;, j \neq i \qquad (۶)$$

اگر وزن خود نقطه i صفر در نظر گرفته شود ($w_{ii} \neq 0$)، آماره استاندارد شده G* به کمک رابطه (۶) به‌دست می‌آید.

$$G_i^*(d) = \frac{\sum_j w_{ij}(d)x_j - W_i^*\bar{x}}{s(i)\left\{\left[\left(nS_{1i}^*\right) - W_i^{*2}\right]/(n-2)\right\}^{\frac{1}{2}}} \;, j = i \qquad (۷)$$

در رابطه‌های ۶ و ۷، $W_i^* = W_i + w_{ii}$، $S_{1i} = \sum_j w_{ij}^2$ که در آن j≠i و $S_{1i}^* = \sum_j w_{ij}^2$ که در آن j=i و $\bar{x}$ و s^2 به‌ترتیب میانگین و پراش نمونه هستند، مقادیر استاندارد شده G یا G* با جدول مربوطه تفسیر می‌شوند (واکلین و همکاران، ۱۹۸۳).

برای تحلیل بهتر و شناسایی موقعیت نقاط نمونه‌برداری و الگوی پراکنش پارامترهای موثر بر نفوذ آب در خاک و ارائه نقشه‌های آن، از روش تحلیل لکه‌های داغ در اراضی مورد مطالعه استفاده شد. سپس نفوذپذیری در نقاط مختلف نقشه مشخص و نقشه نقطه‌ای از آن تهیه گردید. نهایتا با توجه به ارتباط نفوذ و سیلاب نقاط حساس به سیلاب در منطقه جهت کنترل و برنامه‌ریزی مشخص شد.

یافته‌های تحقیق

جدول (۱) پارامترهای آماری و جدول (۲) همبستگی بین ویژگی‌های اراضی موثر بر نفوذپذیری آب به خاک را نشان می‌دهد. ضریب تغییرات معیاری برای مقایسه تغییرات ویژگی‌هاست. بیشترین ضریب تغییرات مربوط به درصد سنگریزه (۳/۴۲) و کمترین تغییرپذیری تخلخل (۰/۷۲) می‌باشد. حداقل نفوذپذیری آب در خاک ۳/۱ و حداکثر آن ۳۴/۵ سانتی‌متر در ساعت بوده که متاثر از فرآیندهای ذاتی و مدیریتی خاک است. کمترین ضرایب همبستگی به آهک خاک (۰/۳۲) اختصاص دارد. به‌نظر می‌رسد، پایین بودن ضریب همبستگی ناشی از عدم تاثیر آهک در توزیع منافذ خاک، در خاک‌های تحت بررسی دارد. بیشترین مقدار همبستگی بین متغیرهای وابسته با متغیر مستقل به ویژگی‌های تخلخل و ماده آلی به‌ترتیب با مقادیر ۰/۸۷ و ۰/۸۵ است که در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۱: پارامترهای آماری ویژگی‌های اراضی در مدل‌سازی نفوذپذیری آب در خاک

ویژگی‌های آماری	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	سنگریزه (%)	تخلخل (%)	ماده آلی (%)	آهک (%)	نفوذپذیری $Cm.h^{-1}$
میانگین	۳۲/۸۷	۳۲/۹۸	۳۴/۱۵	۹/۵۹	۰/۵۱	۱/۷۱	۱۷	۱۳/۵۳
حداقل	۱۰	۱۹	۷	۴/۱	۰/۲۸	۰/۱۷	۴/۸	۳/۱
حداکثر	۵۹	۴۵	۵۹	۶/۳	۰/۶۸	۴/۲۳	۳۴/۲	۳۴/۵
ضریب تغییرات	۲/۳۹	۱/۰۴	۲/۸۶	۳/۴۲	۰/۷۲	۰/۷۸	۳/۲۸	۲/۹۹
چولگی	-۰/۰۱	-۰/۱۶	-۰/۱۱	۰/۱	-۰/۳۴	-۰/۰۳	۰/۵۹	۰/۸۷
کشیدگی	-۰/۴۹	-۰/۳۸	-۰/۵۵	-۰/۹۷	۰/۵۴	-۰/۶۹	-۰/۳۵	۰/۸۴

کربن آلی به‌دلیل سطح ویژه زیاد و نقش در ساختمان‌سازی و توزیع منافذ خاک نقش تعیین‌کننده در نفوذ آب به خاک ایفا می‌کند (زنگ و گراس[1]، ۲۰۰۴). همبستگی درصد شن با نفوذپذیری در مقایسه با سایر ویژگی‌ها بالا بوده و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است که دلیل آن نقش ذرات شن در ایجاد منافذ درشت و شرایط مساعد برای نفوذ آب به خاک وکاهش روان‌آب و سیلاب می‌باشد. رس بدون ایجاد ساختمان عاملی در کاهش منافذ درشت و کم-شدن نفوذپذیری است (کازمان[2] و همکاران، ۱۹۸۳). همبستگی بین درصد رس و نفوذپذیری آب به خاک در سطح

[1]- Jang and Grass
[2]- Kazman

احتمال ۵ درصد معنی‌دار نیست. از طرفی نیز شرکت رس در ساختمان باعث افزایش نفوذپذیری می‌شود. با این حال نقش رس‌ها چه از نظر مثبت چه از نظر منفی در خاک‌های مورد مطالعه تاثیر معنی‌داری در سرعت نفوذ آب به خاک ندارد.

جدول ۲: ضرایب همبستگی پیرسون بین برخی از ویژگی‌های خاک و نفوذ آب به خاک

	شن	سیلت	رس	سنگریزه	تخلخل	ماده آلی	آهک	نفوذ آب به خاک
شن	۱							
سیلت	-۰/۹۹**	۱						
رس	-۰/۸۶**	-۰/۴۱*	۱					
سنگریزه	-۰/۰۴۷	-۰/۲۴	۰/۱۶	۱				
تخلخل	-۰/۸۴**	۰/۱۱۲	۰/۷۲**	۰/۰۹۲	۱			
ماده آلی	-۰/۸۶**	-۰/۱۱	۰/۷۳**	۰/۰۵۷	۰/۹۸**	۱		
آهک	-۰/۱۲	۰/۰۹۲	۰/۰۴۸	۰/۰۲۵	۰/۱۵	۰/۱۱	۱	
نفوذ آب به خاک	۰/۷۴**	۰/۷۹**	۰/۴*	۰/۸۴**	۰/۸۷**	۰/۸۵**	۰/۳۲*	۱

**** همبستگی د ر سطح احتمال ۰/۰۱، * همبستگی در سطح احتمال ۰/۰۵**

نتایج و بحث

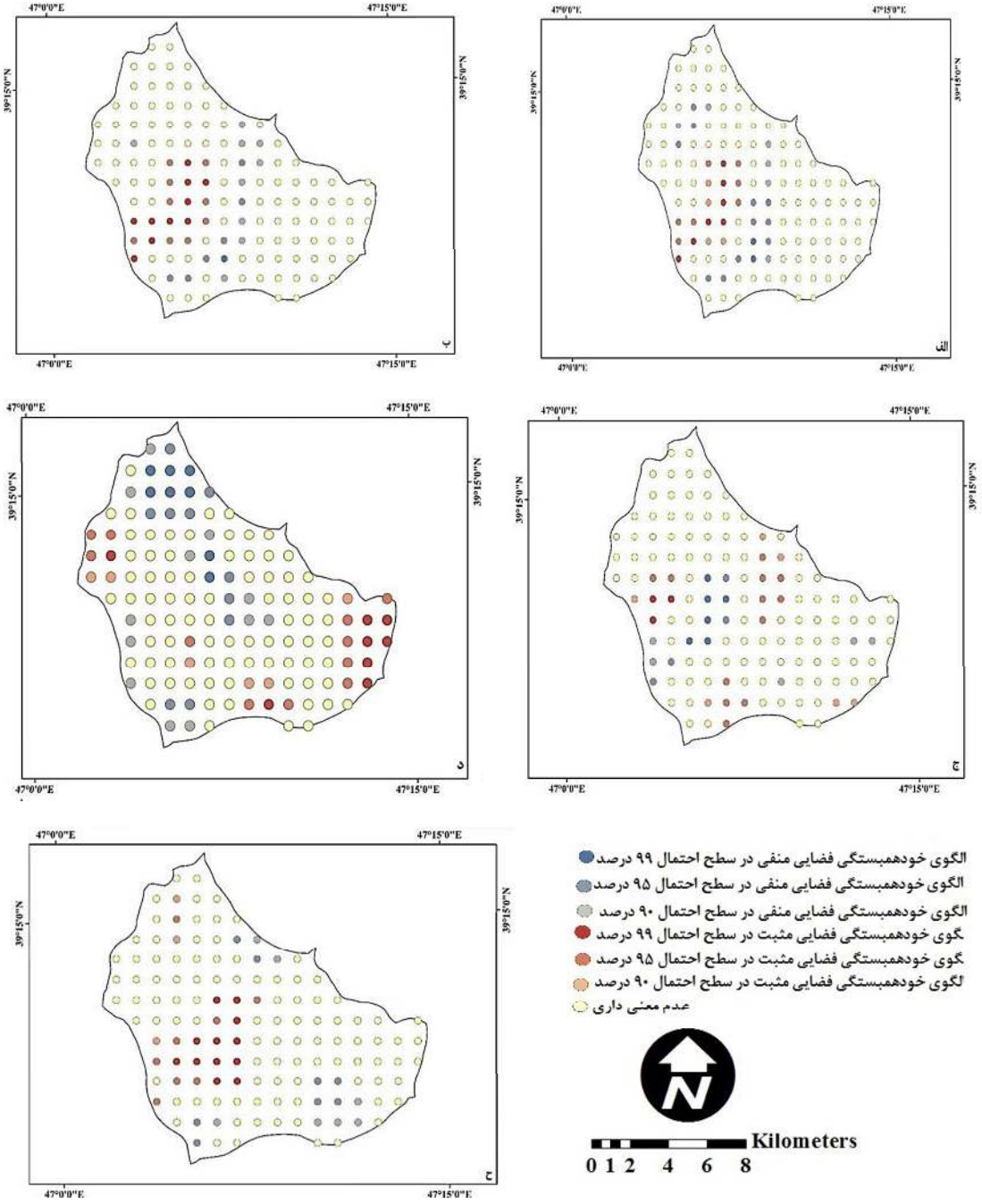
به‌منظور ارائه تصویری روشن از نحوه‌ی پراکنش و توزیع فضایی ویژگی‌های خاک در اراضی مورد مطالعه از آماره G^* استفاده شد. هسته‌های مکانی داغ محدوده‌هایی با خوشه بالا و هسته‌های سرد محدوده‌هایی با خوشه پایین را برای پارامترهای موثر بر نفوذپذیری آب به خاک در سطح معنی‌داری ۹۰ درصد نشان می‌دهد (شکل ۲). شکل (۲- الف) تغیرات الگوی خود همبستگی فضایی درصد ماده آلی خاک را نشان می‌دهد. در قسمت‌های مرکز و جنوب‌غرب منطقه، ۱۱/۲ درصد از اراضی دارای الگوی خود همبستگی مثبت بوده و با نقاط اطراف خود تشکیل لکه داغ مثبت می‌دهد که دارای بالاترین مقادیر درصد ماد آلی است. خودهمبستگی مثبت در این مناطق می‌تواند به‌دلیل پوشش گیاهی مناسب و در مناطق کشاورزی سطح مدیریت بالا باشد. منبع مهم ماده آلی در خاک بقایای گیاهی و جانوری بوده که به‌تدریج به زمین منتقل و دستخوش تغییرات شیمیایی و بیولوژیکی می‌گردد. افزایش ماده آلی باعث بهبود شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی دیگر نیز می‌شود. مواد آلی باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک و افزایش سرعت نفوذ آب به خاک می‌شود و میزان رواناب را کاهش و خطر سیلاب را کاهش می‌دهد. بنابراین در قسمت مرکزی و جنوب غرب منطقه نفوذ آب به خاک زیاد و خطرات سیلاب کم است بیسواس و همکاران، ۱۹۷۰ نیز چنین نتیجه‌ای را در مورد افزایش کربن آلی و کاهش سیلاب گزارش نموده‌اند. همچنین ۸/۵ درصد از اراضی دارای الگوی

خود همبستگی منفی بوده و در بخش‌های شمال غرب و جنوب شرق منطقه واقع شده که نشان‌دهنده حضور کم-ترین مقدار ماده آلی در این نواحی می‌باشند که تحقیقات میدانی نیز موید مدیریت پایین اراضی و فقر پوشش گیاهی در این مناطق است. ۸۱/۳ درصد از اراضی نیز فاقد الگوی معنی‌داری بوده و پراکنش ماده آلی خاک در این نواحی به‌صورت تصادفی است. در نواحی خشک و نیمه‌خشک که تراکم پوشش گیاهی اغلب کم است، این مسئله حایز اهمیت در کنترل سیلاب است.

شکل (۲- ب) تغیرات الگوی خود همبستگی فضایی درصد تخلخل خاک را نشان می‌دهد. در قسمت مرکزی و جنوب شرقی، ۱۱/۳ درصد از اراضی مورد مطالعه دارای لکه داغ مثبت بوده و با نقاط اطراف خود تشکیل الگوی خوشه‌ای مثبت داده است که نشان دهنده مقادیر بالای درصد تخلخل در این نواحی است (جدول ۳). بر اساس نقشه پراکنش الگوی لکه داغ، مساحتی که دارای لکه داغ مثبت از نظر درصد ماده آلی بوده برای تخلخل نیز دارای الگوی مشابهی می‌باشد که نشان‌دهنده رابطه مستقیم، بین ماده آلی و درصد تخلخل است به‌طوری‌که با افزایش ماده آلی خاک، تخلخل نیز افزایش یافته است. بر اساس جدول (۲) نیز بین ماده آلی و تخلخل در سطح احتمال ۹۹ درصد همبستگی معنی‌دار و مثبت وجود دارد.

شکل (۲- ج) تغیرات الگوی خود همبستگی فضایی درصد شن خاک را نشان می‌دهد. در قسمت‌های شمال غرب، شمال شرق و جنوب شرق، ۱۳/۱ درصد از اراضی دارای لکه داغ بوده و با نقاط اطراف خود تشکیل الگوی خوشه‌ای می‌دهد که موید این مطلب است که این نقاط دارای بالاترین مقدار شن می‌باشند. نقشه پراکنش الگوی لکه داغ برای شن بر خلاف نقشه‌های ماده آلی و تخلخل که با هم همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند دارای یک همبستگی منفی می‌باشد. شن یکی از ذرات مختلف بافت بوده و بافت از ویژگی‌های مهم خاک است که از نظر مکانی متغیر و از نظر زمانی تا حدی پایدار است. بافت خاک در ظرفیت نگه‌داری آب، نفوذ آب به خاک و آبشویی تاثیر به‌سزایی دارد (جعفری و سرمدیان، ۲۰۰۳). همچمین ۹/۱ درصد از اراضی نیز دارای لکه سرد بود که پراکنش این نقاط بیشتر در بخش‌های مرکزی و جنوب غربی اراضی مورد مطالعه می‌باشد. همچنین بر اساس جدول (۲) درصد شن با ماده آلی و تخلخل دارای همبستگی منفی در سطح احتمال ۱ درصد است. در ۷۷/۸ درصد نیز الگوی خودهمبستگی معناداری مشاهده نشد.

شکل (۲- د) تغیرات الگوی خود همبستگی فضایی درصد سیلت را نشان می‌دهد. در بخش‌های شمال غرب، شمال شرق و جنوب شرق اراضی مورد مطالعه ۱۱/۵ درصد از اراضی دارای لکه داغ بوده و با نقاط اطراف خود تشکیل الگوی خوشه‌ای مثبت دارد که نشان‌دهنده مقادیر بالای درصد سیلت در این بخش‌ها می‌باشد. الگوی لکه داغ برای پراکنش درصد سیلت نیز مانند درصد شن بر خلاف الگوی لکه داغ ماده آلی و تخلخل بوده که دارای همبستگی مثبت و معنادار بودند. این ویژگی‌های ذاتی خاک بوده و عوامل مدیریتی و غیره تاثیری بر پراکنش آن ندارند. همچنین ۱۱/۳ درصد از اراضی دارای الگوی لکه سرد بودند که پراکنش این نقاط بیشتر در بخش‌های شمال، شمال شرق و جنوب اراضی مورد مطالعه می‌باشد و نشان دهنده پایین‌ترین مقادیر درصد سیلت در این نواحی است و تفاوت در نوع خاک و مواد مادری است. این نتیجه توسط محمدی و رفاهی (۲۰۰۶) نیز گزارش شده است. در ۷۷/۲ درصد از اراضی هیچ گونه الگوی معناداری مشاهده نشد.



شکل ۲: پراکنش الگوی لکه داغ برای ویژگی‌های خاک، الف: پراکنش ماده آلی؛ ب: تخلخل؛ ج: شن؛ د: سیلت؛ ه: سرعت نفوذ آب به خاک

جدول ۳: درصد مساحت تحت پوشش الگوی حاصل از شاخص لکه داغ

نوع الگو	درصد پوشش				
	شن	سیلت	ماده آلی	تخلخل	نفوذ آب در خاک
خودهمبستگی فضایی منفی در سطح ۹۹درصد	۴/۶	۱۰/۴	۶/۹	۶/۴	۶/۸
خودهمبستگی فضایی منفی در سطح ۹۵درصد	۵/۱	۳/۲	۴/۳	۴/۹	۴/۷
خودهمبستگی فضایی منفی در سطح ۹۰درصد	۳/۴	۳/۷	-	-	-
فاقد الگو معنی‌داری	۷۷/۸	۶۲/۴	۸۱/۳	۷۸/۷	۸۰/۲
خودهمبستگی فضایی مثبت در سطح ۹۹درصد	۲/۷	۹/۶	۳/۸	۳/۹	۲/۳
خودهمبستگی فضایی مثبت در سطح ۹۵درصد	۴/۸	۷/۴	۴/۱	۴/۴	۴/۹
خودهمبستگی فضایی مثبت در سطح ۹۰درصد	۱/۶	۳/۳	۱/۶	۱/۸	۱/۱

شکل (۲- ح) تغیرات الگوی لکه داغ برای نفوذپذیری آب در خاک را نشان می‌دهد. ۱۱/۵ درصد از اراضی در بخش-های مرکزی و جنوب غرب دارای لکه داغ بوده که نشان‌دهنده مقادیر بالاتر نفوذپذیری آب به خاک در این بخش‌ها نسبت به کل اراضی مورد مطالعه است. پراکنش الگوی لکه داغ برای نفوذپذیری آب به خاک مربوط به ماده آلی و تخلخل دارای الگوی مکانی تقریبا یکسان و همبستگی مثبت بوده که نشان‌دهنده رابطه مستقیم و معنادار است. ۸/۳ درصد اراضی دارای لکه سرد می‌باشند که پراکنش این نقاط بیشتر در بخش‌های شمال و شرق اراضی مورد مطالعه می‌باشد و کم‌ترین مقادیر نفوذ آب در خاک در این نواحی واقع شده است. همچنین ۸۰/۲ درصد اراضی فاقد الگوی معناداری بود. نفوذ آب به خاک در این تحقیق به عوامل متعددی مانند بافت، کاربری، مدیریت زمین، مواد آلی، تخلخل بستگی داشت که توسط زو و همکاران، (۲۰۰۸) نیز گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

بررسی پارامترهای موثر بر نفـوذ آب بـــه خاک بـرای کاربردهای زیست‌محیطی، مدیریت بهینهٔ آب، کنترل و پخش سیلاب ضروری است. لذا بررسی مکانی و تخمین آن در نقاط نمونه‌برداری نشده ضروری است. یکی از شاخه‌های در حال رشد آمار فضایی و بررسی پراکندگی ویژگی‌های محیطی، خودهمبستگی فضایی است. تحلیل‌های آمار فضایی در پژوهش‌های مرتبط با نفوذ آب به خاک، بـرای تجزیـه و تحلیـل الگوهـای پراکنش فضایی اسـتفاده نشـده اسـت. در این مطالعه بـه بررسـی روند تغییرات الگوهای خود همبستگی فضایی پارامترهای موثر بر نفوذ آب به خاک جهت شناسایی نواحی مستعد ایجاد سیلاب پرداخته شد. برای این منظـور از روش تحلیل لکه‌های داغ برای بررسی الگوهای فضایی پراکنش داده‌هـای تخلخل، ماده آلی، شن، سیلت، رس و سنگریزه در نقاط مشخص‌شده در اراضی استفاده شد. نتـایج حاصـل از تحلیل لکه داغ نشـــان داد کـــه تغییـــرات خود همبسـتگی فضـــایی درصد ماده آلی، درصد تخلخل و نفوذ آب به خاک با الگوی مشابه و دارای خود همبستگی فضایی مثبت در سطح احتمال ۹۹ درصد در مناطق مرکزی و جنوب غربی اراضی پیـروی مـی‌کنـد. برای پارامترهای ذکر شده بخشی از اراضی شمالی

غربی و جنوب شرقی نقشه‌های مذکور دارای الگوی خود همبستگی فضایی منفی است. در نقشه‌های مربوط به درصد شن و سیلت که جزء خصوصیات ذاتی خاک می‌باشند و پراکنش آنها از تغییرپذیری مکانی پیروی می‌کند و بر خلاف پارامترهای تخلخل و ماده آلی خاک، عملیات کشاورزی و مدیریتی تاثیر چندانی بر این دو ویژگی ندارد. روند الگوهای خود همبستگی مثبت و منفی تشکیل‌شده به صورت کاملا تصادفی بود. الگوهای همبستگی برای این دو ویژگی کاملا عکس ویژگی‌های دیگر بوده و می‌توان نتیجه گرفت که در در بخش‌هایی از محدوده مورد مطالعه تاثیر این دو ویژگی ذاتی خاک بر نفوذپذیری آب در خاک منفی بوده‌است. در مجموع، مساحت بالایی از اراضی مورد مطالعه برای پارامترهای مورد بررسی و همچنین پارامتر نفوذپذیری آب به خاک، فاقد الگوی معنادار یا به عبارتی فاقد خود همبستگی فضایی معنادار به لحاظ آماری بوده و پراکنش نقاط به صورت کاملا تصادفی می‌باشد. با این تفاسیر می‌توان مناطق مرکزی و جنوب غرب را مستعد برای پخش سیلاب و مناطق جنوب شرق و شمال غرب و شمالی را مستعد برای ایجاد سیلاب در منطقه مطالعاتی معرفی نمود که نیاز به اقدامات مدیریتی از جمله ایجاد پوشش گیاهی می‌باشد.

منابع

جعفری، محمد؛ سرمدیان فریدون. (۱۳۸۲). مبانی خاکشناسی و رده‌بندی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول. ۷۱۲ ص.

حسنی پاک، علی اصغر. (۱۳۸۹). زمین آمار (ژئواستاتیستیک). انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول. ۳۳۰ ص.

خسروی محمود؛ عباس‌نیا محسن؛ قبادی اسدالله؛ آرمش محسن (۱۳۹۶). بررسی ارتباط مکانی بین بارش‌های همرفتی بهاره و توپوگرافی شمال غرب ایران. مجله جغرافیا و امایش شهری- منطقه‌ای، شماره ۲۳، صص ۳۸-۲۱.

داوری نژاد غلامحسین؛ حق نیا غلامحسین؛ لکزیان امیر (۱۳۸۳). تاثیر کودهای دامی و کمپوست غنی شده بر عملکرد گندم. مجله علوم و صنایع کشاورزی، دوره ۱۸، شماره ۱، صص ۳۴-۲۵.

زارع چاهوکی محمدعلی؛ جعفری محمد؛ آذرنیوند حسین؛ مقدم محمدرضا؛ فرح پور مهدی؛ و شفیع‌زاده نصرآبادی مرجان (۱۳۸۶). کاربرد روش رگرسیون لجستیک در بررسی رابطه بین حضور گونه‌های گیاهی با عوامل محیطی در مراتع پشتکوه استان یزد. مجله پژوهش‌های سازندگی در منابع طبیعی، دوره ۲۰، شماره ۳، صص ۱۴۳-۱۳۶.

عسکری، علی؛ (۱۳۹۰). تحلیل‌های آمار فضایی با ArcGIS، انتشارات سازمان فناوری اطلاعات و ارتباطات شهرداری تهران، تهران.

علیجانی بهلول؛ (۱۳۹۴). تحلیل فضایی، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال دوم، شماره ۳، صص ۱۴- ۱.

کرمی علیداد؛ همایی مهدی؛ بای‌بوردی محمد؛ محمودیان شوشتری محمد؛ دواتگر ناصر (۱۳۹۱). پراکنش مکانی پارامترهای نفوذ آب به خاک در مقیاس ناحیه‌ای. مجله دانش آب و خاک، جلد ۲۲ شماره ۱، صص ۳۲-۱۷.

محمدی محمد حسین؛ رفاهی حسینقلی (۱۳۸۵). تخمین پارامترهای معادلات نفوذ توسط خصوصیات فیزیکی خاک. مجله علوم کشاورزی ایران، دوره ۳۶، شماره ۶، صص ۵۹-۴۲.

Biswas, T.D., M.R. Roy., B.N. Sahu., (1970), Effect of different sources of organic manures on the physicalproperties of the soil growing rice. J. Ind. Soc. Soil Sci. 18, pp. 233-242.

Bouma, J., (1983), Use of soil survey data to select measurement techniques for hydraulic conductivity.Agricultural Water Management 6, pp.177–190.

Burgos, P., E. Madejón, A. Pérez-de-Mora., F. Cabrera., (2006), Spatial variability of thechemical characteristics of a trace-element-contaminated soil before and after remediation.Geoderma, 130, pp. 157-175.

Corwin, D.L., S.M. Lesch., J.D. Oster., S.R. Kaffka., (2006), Monitoring managementinduced spatiotemporal changes in soil quality through soil sampling directed by apparentelectrical conduction. Geoderma, 131, pp. 369–387.

Darsow, A., M.T. Schafmeister., T. Hofmann., (2009), An ArcGIS approach to includetectonic structures in point data regionalization. Ground Water, DOI: 10.1111/ j.1745-6584.2009.00546.x.

Folk, R. L., (1966), A Review of Grain Size Parameters, Sedimentology, Vol.6, pp.73-93.

Gee G. W., Or D., (2002), Particle-size analysis. In: Warren, A.D. Eds. Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods. Soil Sci. Soc. Am. Inc, pp.255-295.

Getis, A., Ord, j, (1992), The analysis of spatial association by use of distance statistics. Geographical analysis, 24 (3), pp. 189-206.

Giller, K.E., E.C, Rowe., DeRidder, N., VanKeulen, H., (2006), Resource use dynamicsand interactions in the tropics: scaling up in space and time, Agr. Syst., 88, pp. 8–27.

Gupta RK., Rudra RP., Dickinson WT., Elrick DE., (1994), Modelling the spatial pattern of three infiltration parameter. Can Agric Eng 36, pp. 9-13.

Hou, X., Lin, H.S., and White E.A., (2008), Surface soil hydraulic properties in four soil series under different landuse and their temporal changes. Catena, 73: 180-188.

Kazman Z., Shainberg I., Gal M., (1983), Effect of low levels of exchangeable Na and appliedphosphogypsum on infiltration rate of various soils. Soil Science Society of America, 135, pp. 184-192.

MacRae, R.J., G.R. Mehuys., (1985), The effect of green manuring on the physical properties of temperate areasoils. Adv. Soil Sci, 3, pp. 71-94.

Mallants, D., Mohanty, BP., Vervoort, A., Feyan J., (1997), Spatial analysis of saturated hydraulic conductivity in soil with macropores. Soil Tech, 10, pp. 115-131.

Mohamad, A.G, & M.A. Adam., (2010), The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land use. Catena, 81:97-103.

Nelson, D. W., Sommer, L. E., (1982), Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., Tabatabai, M. A., Johnston, C. T., Sumner, M. E. Eds. Methods of soil analysis: part 3. Chemical and microbiological properties, Soc. Agron., Madison, pp. 539–579.

Nelson, R.E., (1982), Carbonate and gypsum. Pp. 181-197. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

Nussbaum M., Walthert, L., Fraefel, M., Greiner, L., Papritz, A., (2017), Mapping of soil properties at high resolution in

Pérez-Rodríguez, R., Marques, M.J., Bienes, R., (2007), Spatial variability of the soilerodibility parameters and their relation with the soil map at subgroup level. Sci.Total Environ., 378, pp. 166-173.

Prieksat, M.A., Kaspar, T.C., Ankeny, M.D., (1994),Positional and temporal change in pondinfiltration in a cornfield. Soil Science Society America Journal, 58, pp. 181-184.

Rossi, J., Govaerts, B., DeVos, B., Verbist, A., Vervoort, J., Poesen, B., Deckers, J., (2009), Spatial structures of soil organic carbon in tropical forests- A case study ofSoutheastern Tanzania. Catena, 77, pp. 19– 27.

Sarapatka, B., Bednář, M., Netopil, P., (2018), Multilevel soil degradation analysis focusing on soil erosion as a basis for agrarian landscape optimization. Soil and Water Research, Vol. 13. No. 3.

Switzerland using boosted geo additive models. Soil, Vol. 3. No.2.

Tejada, M., Gonzalez, J., (2003), Effects of the application of a compost originating from crushed cotton ginresidues on wheat yield under dryland conditions. Europ. J. Agron. 19, pp. 357-368.

Vaezi, A.R., (2014), Modeling runoff from semi-arid agricultural lands in northwest Iran. Pedosphere, 24(5): 595–604.

Valiantzas, JD., (2010), New linearized two parameter infiltration equation for direct determination ofconductivity and sorptivity. Journal of Hydrology 384(1–2), pp. 1–13.

Van, G., Toit, L., Snyman, H.A., and Malan, P.J., (2009). Physical impact of grazing by sheep on soil parameters in the Nama Karoo subshrub grass rangeland of South Africa. Journal of Arid Environments, 73:804–810

Vauclin, M., Vieira, SR., Vachaud, G., Nielsen, DR., (1983), The use of cokriging with limited field observations, Soil Sci Soc Am J 47, pp. 175–184.

Vieira S.R., Nielsen. D.R., Biggar, J.W., (1981), spatial variability of field-measured infiltration rate, Soil Sci Soc Am J 45, pp. 1040–1048.

Wang, G., G, Gertner., Parysow, P., Anderson, A.B., (2000), Spatial Prediction and uncertainty analysis of topographic factors for the revised universal soil loss equation (RUSLE), Journal of Soiland Water Conservation, 55(3), pp. 114-123.

Wang, X.Z., G.S. Liu., H.C, Hu., Z.H, Wang., Q.H, Liu., X.F, Liu., W.H, Hao., Y.T, Li., (2009), Determination of management zones for a tobacco field based on soil fertility. Computers and Electronics in Agriculture, 65(2), pp. 168–175.

Wei, J.B., D.N, Xiao., H, Zeng., Y.K, Fu., (2008), Spatial variability of soil properties inrelation to land use and topography in a typical small watershed of the black soil region,northeastern China, Environ. Geol., 53, pp. 1663-1672

Zhang, C. S., McGrath, D., (2004), Geostatistical and GIS analyses on soil organic carbon concentrations ingrassland of southeastern Ireland from two different periods, Geoderma, 119(3-4), pp. 261-275.

Zhou, X. Lin H.S., White, E.A., (2008), Surfacesoil hydraulic properties in four soil series underdifferent land use and their temporal change,Catena, 73, pp. 180-188.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۲۹
تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۱۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۱۴
صفحات: ۱۴۴ - ۱۲۳

تحلیل و محاسبه ابزارهای موردنیاز برای حفاظت کیفی آب بمنظور کمینه کردن مخاطرات وارده به محیط زیست

محسن دهقانی درمیان[۱]، غلامرضا عزیزیان[۲*]، سید آرمان هاشمی منفرد[۳]

چکیده

بروز عواملی مانند کاهش نزولات جوی، رشد جمعیت و پیشرفت صنعت اهمیت توجه به مدیریت صحیح کیفی منابع آب را دوچندان کرده است. منابع ورود آلاینده به رودخانه‌ها از منظرهای مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند. در این تحقیق مدیریت آلاینده‌های کنترل‌پذیر و غیرقابل کنترل مدنظر قرار گرفته شد. برای مدیریت و کنترل خسارات ناشی از هریک از انواع این آلاینده‌ها از ابزار کیفی مشخصی استفاده گردید. ظرفیت جذب در هنگام ورود آلودگی قابل کنترل و جریان رقیق‌ساز ابزار پیشنهادی این تحقیق برای مدیریت آلودگی غیرقابل کنترل می‌باشد. برای تحلیل و محاسبه ابزارهای کیفی مذکور از فرایند شبیه‌سازی بوسیله حل تحلیلی معادله انتقال-پخش آلودگی استفاده شد. منطقه مطالعاتی در نظر گرفته شده در این تحقیق یک منطقه با مشخصات مشخص می‌باشد که توسط پژوهش‌های پیشین بسیاری مورد مطالعه قرار گرفته است. پارامترهای متوسط مساحت غلظت غیرمجاز ($\overline{c_a}$)، مسافت آسیب‌دیده ($\mathbf{X}$) و زمان تماس غلظت غیرمجاز آلودگی با رودخانه ($\mathbf{T}$) بعنوان شاخص‌های تاثیرگذار در محاسبه ابزارهای کیفی، در هر حلقه فرایند شبیه‌سازی محاسبه شدند. نتایج نشان داد که تغییرات ۹۴/۱ درصدی در دبی سیستم رودخانه-مخزن باعث ۹۹/۳ درصد تغییر در مقدار ظرفیت جذب محاسبه شده، می‌گردد. همچنین نتایج نشان می‌دهد با بکارگیری جریان رقیق‌ساز مناسب، مقادیر ۱۰ و ۲۰ تن آلاینده ناگهانی ورودی به مقادیر غلظت مجاز ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر در طول رودخانه رسیدند. در این فرآیند مقادیر پارامترهای حیاتی کیفی رودخانه شامل $\overline{c_a}$، $\mathbf{X}$ و $\mathbf{T}$، به‌ترتیب تغییرات ۹۶/۶، ۹۲/۲ و ۵۳/۷ درصدی را نشان دادند.

واژگان کلیدی: مدیریت کیفی آب، کنترل آلودگی ناگهانی، ظرفیت جذب، جریان رقیق ساز، مدل شبیه سازی کیفی.

[۱]- دانشجوی دکتری گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان mohsen.dehghani@pgs.usb.ac.ir
[۲]- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان(نویسنده مسئول) azizyan@eng.usb.ac.ir
[۳]- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان Hashemi@eng.usb.ac.ir

مقدمه

آب‌های سطحی و رودخانه‌ها مهم‌ترین منابع آب مورد استفاده بشر می‌باشند. متاسفانه ورود آلودگی‌های تصفیه‌نشده به این منابع از طریق صنعت و کارخانجات، کشاورزی و دفع فاضلاب‌های خانگی، کیفیت آب این منابع را به‌شدت کاهش داده‌اند و بعضی اوقات باعث وارد آمدن خسارات جبران‌ناپذیری به محیط‌زیست رودخانه می‌شوند. در این شرایط، هزینه‌های بالای تصفیه آب برای رسیدن به یک حداقل قابل قبول از پارامترهای کیفی آب متناسب با تقاضاهای مختلف مانند شرب و تفریحی، نیاز است. یکی از راه‌های مقرون به صرفه و اقتصادی در مدیریت منابع آب برای مدیریت آلودگی‌های قابل کنترل درهنگام ورود آن، درنظر گرفتن مفهوم ظرفیت جذب رودخانه و برای آلودگی-های غیرقابل کنترل درنظر گرفتن مفهوم جریان رقیق‌ساز متناسب با نوع آلودگی ورودی است. این دو مفهوم برای محافظت از کیفیت آب رودخانه بسیار حیاتی و ضروری می‌باشند. بعبارت دیگر ارزیابی مقدار مجاز آلودگی وارده به رودخانه با تنظیم شدت جریان آن رودخانه، یک راه حل مدیریتی، کاربردی و با صرفه اقتصادی بسیار بالا برای محافظت از کیفیت آب رودخانه می‌باشد که می‌تواند در موارد بسیاری ازجمله درهنگام بحران ورود آلودگی، راهکار و راهگشای مدیران بخش آب باشد. مفهوم ظرفیت جذب یک اکوسیستم و یا محیط‌زیست برای اولین بار در کنفرانس استهکلم در سال ۱۹۷۲ معرفی و مطرح شد. این مفهوم پس از آن بعنوان یک محدودیت در زمینه آلودگی‌های دریایی توسط جسامپ (۱۹۸۶) گسترش و توسعه داده شد. استفاده از مفهوم ظرفیت جذب بعنوان یک حد و آستانه زیست‌محیطی در بسیاری از تکنیک‌ها، روندها و فرایندهای مدیریتی زیست‌محیطی است و بطورکلی یک چارچوب لازم و ضروری برای طراحی استانداردهای زیست‌محیطی مناسب برای استفاده صحیح و مناسب از زمین را فراهم می‌کند. گلاسوئی و همکاران (۱۹۹۰) در مقاله خود مفهوم ظرفیت جذب را برای چهار منطقه در آمریکا تعریف و مدل‌سازی کردند. شکری و همکاران (۲۰۱۴) بیان کردند که خسارات ناشی از آلودگی‌های وارد شده در مخازن از دو راه می‌تواند به سیستم منابع آب تاثیر بگذارد که عبارتند از: خسارت ناشی از مصرف آب آلوده و خسارت ناشی از تخصیص آب ناکافی. کی‌رنس (۱۹۷۷) بیان کرد که ظرفیت پذیرش بعنوان توانایی یک اکوسیستم برای کنار آمدن با غلظت معینی از مواد آلی و زباله، بدون وارد آمدن ضرر و زیان قابل توجه و هرگونه عوارض بیولوژیکی تعریف می‌شود؛ و چند فرض داتی در استفاده از مفهوم ظرفیت جذب در مدیریت کیفی آب وجود دارد مانند اینکه هر محیط دارای ظرفیت جذب محدود برای وفق دادن برخی از مواد زائد بدون عواقب غیرقابل کنترل است.

لازم به ذکر است که عباسی (۱۹۷۶) و عباسی و سونی (۱۹۸۳) و (۱۹۸۴) نتیجه گرفتند که استفاده از مفهوم ظرفیت جذب، زمانی‌که اکوسیستم در تماس با مواد سمی که پایدار و ماندگار هستند و تمایل به تمرکز در محیط-زیست دارند، بسیار محدود می‌شود. عباسی و عباسی (۲۰۱۲) در تحقیق خود بیان کردند که در استفاده از مفهوم ظرفیت جذب در رودخانه‌ها، باید یک حداقل جریان رودخانه را تعیین نمود که یک ضریب اطمینان بالا و بالتبع ضریب خطر پایینی را شامل باشد. طبیعتا متناسب با تغییر نوع آلودگی ورودی، این مقدار جریان برای کمینه کردن خطر، تغییر خواهد کرد. ظرفیت جذب یک اصطلاح و مفهوم است که چندین تعریف برای آن ارائه شده است. لندیس

(۲۰۰۸) از مفهوم مجموع حداکثر بار روزانه[1]، بعنوان ظرفیت جذب منطقه مورد مطالعه‌اش یاد کرد و ازین مفهوم برای اجرای فرایند پاکسازی و تصفیه آب در آمریکا استفاده نمود. اسپانو و چن (۲۰۰۰) ظرفیت جذب را بعنوان یکی از شاخه‌های روش شیئ‌گرا توسعه دادند و از آن برای آنالیز و کنترل منبع آلودگی نقطه‌ای در یک رودخانه استفاده نمودند. تحقیقات زیادی پیرامون ظرفیت خودپالایی رودخانه‌ها انجام شده است. مطالعه رفتارخوپالایی رودخانه کارون به کمک نرم افزار QUAL2Kw بررسی شده و زمان‌های بحرانی پدیده خودپالایی برای پارامترهای مختلف کیفی در رودخانه مطالعه و بررسی گردید (مقیمی‌نژاد و همکاران ۱۳۹۶). تحقیق پیرامون یافتن خصوصیات منبع ورود آلاینده به محیط زیست اعم از مکان، مقدار غلظت و زمان تزریق آلودگی به آب از اهمیت بالایی برخوردار است. خرسندی و همکاران (۲۰۱۴) به کمک مدل CE-QUAL-W2 و با استفاده از الگوریتم شبیه‌سازی شبکه عصبی مصنوعی و الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک این مهم را به انجام رسانیدند. همچنین پارامترهای کیفی آب‌های سطحی برای تعیین شاخص‌های کیفی مناسب توسط روش رگرسیون بردار پشتیبان[2] محاسبه گردید (محمودی و همکاران۲۰۱۶). پژوهش‌های زیادی روی تحقیقات عددی و آزمایشگاهی برای تعیین شاخص‌های کیفی آب انجام گرفته است. اسمدت و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهش خود راه‌حلی برای تخمین غلظت ماده ردیاب در پایین‌دست نقطه تزریق ارائه کردند. این روش که شامل شبیه‌سازی و بهینه‌سازی است قادر است که در هر زمان و مکان غلظت را محاسبه نماید و بطور موفقیت آمیز برای رودخانه چیلا استفاده شد.

دآندراده و همکاران (۲۰۱۳) یک مدل برای محافظت رودخانه از آلودگی ارائه کردند. در این مدل از الگوریتم شبیه-سازی گداختگی[3] و مدل در دسترس شبیه‌سازی کیفیت جریان آب QUAL2E استفاده شده است. از این روش برای تعیین غلظت اکسیژن موردنیاز برای فعالیت‌های بیوشیمیایی در رودخانه سانتاماریادا ویتوریا در برزیل استفاده شده است. در یک سری تحقیقات پیوسته با انجام آزمایشات کیفی در محیط‌های آب و خاک برای تعیین غلظت مواد آلاینده آلی و آفت‌کش‌ها، به ارائه راهکارهای نظارتی و مدیریتی برای حفظ کیفیت اکوسیستم منطقه مطالعاتی پرداخته شد (علی و همکاران ۲۰۱۵(a)، ۲۰۱۵(b)، ۲۰۱۸(a)، ۲۰۱۸(b)، ۲۰۱۸(c)). مفهوم ظرفیت جذب بعنوان یک ابزار مدیریت کیفی کارامد بصورت آزمایشگاهی اثبات شد و نشان داده شد در فصول مختلف ترسالی و خشکسالی مقدار این کمیت مهم در رودخانه هوان متفاوت است (ژانگ و همکاران ۲۰۱۷). تنظیم شدت جریان برای کمینه‌کردن خسارات ایجاد شده ناشی از ورود آلودگی‌های ناگهانی و غیرمجاز، یک اقدام و راه حل عملی اصلاحی در مدیریت بحران آلودگی است که جریان رقیق‌ساز نامیده می‌شود. در سال (۲۰۱۱) توسط کلمن و همکاران برای تعیین مقدار جریان رقیق‌ساز، یک روش با استفاده از معادله پیوستگی جرم برای بررسی آلومنیوم و بررسی منبع آن از آب زیرزمینی، آب سطحی، تصفیه فاضلاب برگشتی و تلفات ناشی از رسوب‌گذاری، برداشت آب و تخلیه‌ی سرریز از مخازن داده شد. این روش برای بررسی ۱۳ مخزن پذیرفته شد و پس از بررسی با داده‌های اندازه‌گیری شده،

1 Total Maximum Daily Load (TMDL)
2 Support vector regression (SVR)
3 Simulated Annealing

صحت نتایج مدل تایید شد. کاراموز و همکاران (۲۰۰۳) یک مدل بهینه‌سازی برای مدیریت کیفی آب با استفاده از الگوریتم ژنتیک پویای ترتیبی[1] را توسعه دادند. مدل پیشنهادی این محققان برای مدیریت کیفی رودخانه کارون به کار گرفته شد. کیلینگ (۲۰۰۷) تحقیق کرد که اقیانوس‌شناس‌ها برای کنترل آلودگی از اصطلاح و مفهوم ظرفیت جذب استفاده می‌کنند. آن‌ها این اصطلاح را بعنوان توانایی و قدرت آب در رقیق‌سازی، پخش و جذب آلودگی‌ها و پساب‌های صنعتی تعریف می‌کنند بطوریکه در حین این فرایند هیچ آسیب و ضرری به گونه‌های ارزشمند و تجاری ماهی و دیگر آبزیان داخل آب، وارد آید.

فرهادیان و همکاران (۲۰۱۴) آسیب‌های وارده از طرف آلودگی به محیط‌زیست را بعنوان توابعی از مقدار آلودگی با غلظت غیرمجاز و مدت زمان تماس آلودگی غیرمجاز با محیط‌زیست رودخانه در نظر گرفتند. برای این منظور حرکت آلودگی در رودخانه توسط روش تحلیلی حل معادله انتقال شبیه‌سازی شده و مقادیر ظرفیت جذب و جریان رقیق‌ساز به کمک روش بهینه‌سازی به‌ترتیب توسط روش برنامه‌ریزی غیرخطی[2] و نسخه دوم الگوریتم ژنتیک با مرتب‌سازی نامغلوب[3] بدست آمده است که روش برنامه‌ریزی غیرخطی، روشی با زمان ران بالا می‌باشد که گاهی مواقع غیرقابل حل نیز می‌گردد. دهقانی درمیان و همکاران (۲۰۱۸) به مدیریت و کنترل آلودگی‌های غیرقابل کنترل پرداختند. در این راه از روش عددی جدیدSEF[4] که در مقاله هاشمی منفرد و دهقانی درمیان (۲۰۱۶) معرفی شده بود، برای شبیه‌سازی فرایند انتقال آلودگی در سیستم رودخانه-مخزن استفاده کردند. دو ابزار جریان رقیق‌ساز و زمان ماند به‌ترتیب با توجه به قیود کیفی زمان و مکان آسیب‌دیده، برای حفاظت کیفی آب، شبیه‌سازی شدند. همچنین هاشمی منفرد و همکاران (۲۰۱۷) مدیریت کیفی رودخانه را با درنظر گرفتن زیان‌های وارده از طرف آلاینده به رودخانه بصورت دو تابع مقدار آلودگی با غلظت غیرمجاز و مسافت طولی آلوده شده از رودخانه با غلظت غیرمجاز، انجام دادند. در پژوهش این محققین برای شبیه‌سازی رفتار آلودگی در رودخانه از روش تحلیلی حل معادله انتقال-پخش آلودگی استفاده گردید.

بنابراین مهم‌ترین نوآوری پژوهش حاضر، ارائه الگوریتم سریع برای محاسبه ظرفیت جذب درمواقع ورود آلودگی‌های قابل کنترل و همچنین معرفی یک الگوریتم دقیق و سریع برای محاسبه جریان رقیق‌ساز مورد نیاز برای کنترل آلودگی‌های غیرقابل کنترل است. بزرگ‌ترین مزیت این الگوریتم‌های شبیه‌سازی، زمان ران بسیار پایین و همچنین ارائه پاسخ سریع در شرایط مختلف ورود آلودگی به رودخانه است که در مقابل با الگوریتم‌های بهینه‌سازی استفاده شده در تحقیقات پیشین از مزیت بالایی برخوردار است. پارامترهای مورد استفاده در این تحقیق برای شبیه‌سازی وضعیت کیفی رودخانه شامل شاخص‌های متوسط مساحت غلظت غیرمجاز، متوسط غلظت غیرمجاز و بازه زمانی و مکانی آلوده شده از رودخانه با غلظت بالاتر از حد مجاز می‌باشند.

1 Sequential Dynamic Genetic Algorithm (SDGA)
2 Nonlinear programming (NLP)
3 Non dominated sorting genetic algorithms II (NSGA-II)
4 Symmetric exponential function (SEF)

داده‌ها و روش‌ها

معادلات ریاضی با مشتقات جزئی پایه اساسی شبیه‌سازی اغلب پدیده‌های طبیعی می‌باشند. شبیه‌سازی پدیده انتقال-پخش آلودگی نیز از این امر مستثنی نیست. رابطه (۱) نشانگر معادله دیفرانسیل یک‌بعدی انتقال-پخش آلودگی در جریان آرام با یک سرعت مشخص می‌باشد (ون گنیوچتن و آلوز ۱۹۸۲).

$$\frac{\partial c}{\partial t} + u\frac{\partial c}{\partial x} = D_x\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \pm kc \qquad (۱)$$

در این رابطه c نشانگر غلظت آلاینده برحسب (mg/L) در زمان t و مکان پایین‌دست x است. همچنین t عبارتست از مدت زمان وقوع آلودگی در رودخانه برحسب ثانیه و x بازه مکانی از محل ورود آلاینده برحسب متر. u سرعت متوسط رودخانه برحسب متر بر ثانیه و D و k به ترتیب ضریب پخش و ضریب پوسیدگی آلودگی برحسب (m^2/s) و (1/s) می‌باشند. معادله (۲) نمایانگر حل تحلیلی معادله دیفرانسیل (۱) برای زمانی که یک آلودگی ناگهانی به رودخانه وارد شود، می‌باشد (هاشمی منفرد و همکاران ۲۰۱۴، هاشمی‌منفرد و دهقانی درمیان ۲۰۱۶، هاشمی منفرد و همکاران ۲۰۱۶، هاشمی منفرد و همکاران ۲۰۱۷).

$$C(x,t) = \frac{M}{A\sqrt{4\pi t D_x}}\exp\left(-\frac{\left((x_0+V_x t)\right)^2}{4D_x t}\right) \qquad (۲)$$

که در آن $C(x,t)$ عبارتست از غلظت آلودگی در طول رودخانه در مکان و زمان‌های x و t، هم چنین A سطح مقطع کانال، V_x سرعت متوسط جریان و D_x ضریب پخش طولی آلودگی در رودخانه می‌باشد. هم چنین M در این رابطه جرم آلودگی بر حسب کیلوگرم است. در تحقیق سئو و چیونگ در سال ۱۹۹۸ روش‌های مختلف محاسبه ضریب پخش طولی در رودخانه‌ها قید شده است که در این تحقیق از روش فیشر (۱۹۷۵) به شرح زیر برای محاسبه ضریب پخش استفاده شده است.

$$D = 0.011\frac{u^2 w^2}{hv} \qquad (۳)$$

در رابطه بالا، w عرض مقطع رودخانه برحسب متر، h عمق آب برحسب متر و v سرعت برشی برحسب متر بر ثانیه می‌باشد که به شکل زیر قابل محاسبه است.

$$v = \sqrt{gRs} \qquad (۴)$$

در رابطه ۴، g شتاب گرانش زمین برابر با ۹/۸۱ متر بر مجذور ثانیه، s شیب هیدرولیکی رودخانه و R شعاع هیدرولیکی است که بصورت زیر قابل محاسبه است.

$$R=A/p \qquad (۵)$$

در این رابطه A مساحت سطح مقطع جریان برحسب مترمربع و p محیط خیس شده جریان برحسب متر می‌باشد.

شاخص‌های ارزیابی آلودگی

در مطالعات پیشین خسارت ناشی از ورود آلودگی به رودخانه با در نظر گرفتن دو پارامتر ارزیابی شده است (فرهادیان و همکاران ۲۰۱۴). نخست آلودگی با غلظت بالاتر از حد مجاز در طول رودخانه؛ دوم بازه زمانی که این آلودگی با غلظت بالاتر از حد مجاز با آب رودخانه در تماس است.

در تحقیق حاضر یک معیار جدید علاوه بر معیارها و پارامترهای فوق برای بررسی خسارت ناشی از وقوع آلودگی در رودخانه‌ها در نظر گرفته شده است و آن مسافتی است که آلودگی با غلظت غیر مجاز با جریان آب رودخانه در تماس است و مسافت آسیب‌دیده نامیده می‌شود. بر اساس رابطه (۲) این سه پارامتر فوق با همدیگر در ارتباطند بطوریکه دو سناریوی زیر برقرار است:

* برای کاهش بازه زمانی تماس آلودگی با غلظت غیرمجاز با آب رودخانه، سرعت جریان آب در رودخانه باید افزایش یابد، بنابراین آلاینده مدت زمان تماس کمتری با رودخانه خواهد داشت.

* برای کاهش غلظت بالاتر از حد مجاز و مسافت آسیب‌دیده در رودخانه، سرعت جریان آب در رودخانه باید کاهش یابد، بنابراین در این حالت زمان لازم برای پخش و کاهش غلظت آلودگی کافی و زیاد خواهد بود. از این رو با این کاهش سرعت، غلظت غیرمجاز و مسافت آسیب‌دیده نیز کاهش یافته و کمینه می‌گردد.

هدف این تحقیق مدیریت غلظت غیرمجاز آلودگی در رودخانه و رساندن آن به مقدار مجاز با کمک دو مفهوم کاربردی فوق می‌باشد. برای انجام یک مدیریت مناسب لازم است دو ابزار ظرفیت جذب و جریان رقیق‌ساز که در بخش مقدمه معرفی شدند را بیشتر روشن نمود تا مشخص شود چگونه بوسیله این دو راهکار می‌توان رودخانه را در شرایط مختلف به لحاظ هیدرولیکی و انواع ورود آلودگی، کنترل و حفاظت کیفی کرد.

در نظر گرفتن ظرفیت جذب یک رودخانه بعنوان یک معیار برای تصفیه آب و پاک‌کردن آب درمقابل آلودگی قابل کنترل، یک ضرورت و راهکار اقتصادی است که منجر به ساخت ابزار تصفیه آب معمولی و ارزان می‌شود و باعث کاهش هزینه‌ها می‌گردد. برای محاسبه ظرفیت جذب رودخانه، توجه به دونکته حائز اهمیت است:

* حداکثر ظرفیت جذب رودخانه در سرعت‌های پایین جریان آب اتفاق می‌افتد؛ چراکه باتوجه به رابطه (۲) برای کاهش غلظت حداکثری آلودگی در یک زمان مشخص، سرعت جریان آب باید کاهش یابد. بنابراین می‌توان گفت با کاهش سرعت جریان آب رودخانه، ظرفیت جذب آن رودخانه افزایش می‌یابد و بالعکس.

* ظرفیت جذب رودخانه‌های مختلف، متفاوت است. همچنین تعداد زیادی نیاز آبی در پایین‌دست رودخانه‌ها موجود می‌باشد، مانند: نیازهای خانگی، تفریحی، کشاورزی، صنعتی و ... که هریک از این نیازها، نیازمند آب با غلظت آلودگی مشخص و متفاوت می‌باشد.

شایان ذکر است اگر هیچ سازه تنظیمی (مخزن) در منطقه بالادست نیازهای آبی موجود در رودخانه وجود نداشته باشد، در این صورت شدت جریان یک پارامتر ثابت بوده و متغیر کنترلی نیست. در این شرایط ظرفیت جذب به فاصله محل برداشت آب برای تامین نیازهای آبی پایین‌دست از نقطه‌ی ورود آلودگی وابسته است. بعبارت دیگر، با

ثابت درنظرگرفتن غلظت مجاز پایین‌دست (برای یک نیاز آبی مشخص)، با افزایش مکان برداشت آب از نقطه ورود آلودگی، ظرفیت جذب نیز افزایش می‌یابد.

بنابراین باتوجه به مفاهیم فوق، ظرفیت جذب بعنوان یک ابزار مقرون بصرفه، در شرایط مختلف هیدرولیکی و کیفی رودخانه در حالت ورود آلودگی کنترل‌پذیر، قابل محاسبه خواهد بود.

زمانیکه آلودگی وارده به رودخانه تصادفی و غیرقابل کنترل باشد، مانند تخلیه ناگهانی و بدون اجازه‌ی آلودگی توسط کارخانه‌های مجاور رودخانه یا غرق شدن یک تانکر مواد شیمیایی مانند نفت در آب بر اثر تصادف‌های دریایی و بطور همزمان غلظت این آلودگی ورودی بیشتر از ظرفیت جذب و توان خودپالایی رودخانه باشد، این غلظت غیرمجاز و بالای آلودگی در آب، باید بطریقی کاهش پیدا کند. یکی از راه‌های اصلاحی عملی و ساده برای کم کردن غلظت غیرمجاز آلودگی در رودخانه، آزادسازی یک حجم آب از مخزن بالادست نقطه ورود آلودگی است که جریان رقیق‌ساز نامیده می‌شود. در این شرایط، میزان آزادسازی آب، برای کمینه کردن خسارت وارده به محیط‌زیست تنظیم می‌شود. این امر تنها با ساخت یک سازه‌ی تنظیمی (سد) میسر و ممکن خواهد شد. از آنجاکه توده‌ی آلودگی ورودی ثابت و غیرقابل کنترل می‌باشد، یعنی نمی‌توان مانند قسمت محاسبه ظرفیت جذب، مقدار آلودگی ورودی را متغیر کنترلی در نظر گرفت، بنابراین فقط با تنظیم شدت جریان رودخانه از طریق سازه‌ی تنظیمی بالادست نقطه‌ی ورود آلودگی، باید خسارت ناشی از آلودگی را کاهش داد. فرهادیان و همکاران (۲۰۱۴) دو تابع هدف بنام‌های متوسط غلظت غیرمجاز ($\overline{c_d}$) و زمان تماس آلودگی با غلظت غیرمجاز با رودخانه (T) را معرفی نموده و از این دو برای محاسبه جریان رقیق‌ساز به کمک الگوریتم بهینه‌سازی ژنتیک دوهدفه نامغلوب استفاده کردند (شکل ۱).

$$c_d = \begin{cases} \sum_{i=1}^{n} (c_{\max i}(x) - c_s) & c_{\max i} > c_s \\ 0 & c_{\max i} \le c_s \end{cases} \qquad (۶)$$

که در آن $c_{\max i}$ غلظت حداکثری آلودگی در مکان xام بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، c_s عبارتست از حد مجاز غلظت آلودگی در طول رودخانه برحسب میلی‌گرم بر لیتر که توسط سازمان‌های حفاظت محیط‌زیست[1] برای مواد مختلف تعیین و c_d مقدار غلظت غیرمجاز برحسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد.

با تقسیم c_d بر n (تعداد کل نقاط با غلظت بالاتر از c_s)، متوسط غلظت غیرمجاز ($\overline{c_d}$) شکل می‌گیرد.

$$\overline{c_d} = \frac{c_d}{n} \qquad (۷)$$

زمان تماس بعنوان بازه‌ی زمانی از لحظه‌ی وقوع آلودگی تا زمانیکه غلظت آلودگی در رودخانه برابر (c_s) می‌گردد، تعریف می‌شود و بصورت زیر بیان می‌گردد:

$$T = \max(t_i) \qquad i = 1, 2\ldots, n \qquad (۸)$$

که در آن T زمان تماس بر حسب ثانیه، t_i زمان رسیدن آلودگی به تابع توزیع آلودگی iام و i نمایشگر تعداد نقاط محاسباتی است.

[1] Environmental protection agencies (EPA)

در تحقیقی دیگر، هاشمی منفرد و همکاران (۲۰۱۷) دو تابع هدف جدید برای حفاظت کیفی رودخانه در مقابل ورود آلودگی معرفی کردند و بوسیله این دوتابع به کمک الگوریتم بهینه‌سازی (NSGA-II) به محاسبه جریان رقیق‌ساز پرداختند. از آنجا که c_d برابر با مجموع اختلافات بین مقدار ماکزیمم زنگوله آلودگی و مقدار مجاز است و در واقع تحقیق فرهادیان و همکاران (۲۰۱۴) برای محاسبه متوسط غلظت غیرمجاز، فقط مقدار پیک زنگوله آلودگی غیرمجاز را در نظر بودند، هاشمی منفرد و همکاران (۲۰۱۷) با ارائه c_a بجای c_d به شکل زیر، سعی در صحیح‌تر نمودن دقت شبیه‌سازی‌ها داشتند تا جریان رقیق‌ساز محاسبه شده از دقت بالاتری برخوردار باشد.

(۹)

$$c_a = \begin{cases} \sum_{i=1}^{n} (c_{\max i}(x) - c_s) * A_i & c_{\max i} > c_s \\ 0 & c_{\max i} \le c_s \end{cases}$$

که در آن A_i مساحت غلظت غیرمجاز در زنگوله‌ی آلودگی پایین‌دست iام می‌باشد که در شکل(۱) مشخص می‌باشد. در این شکل محور x بیانگر طول رودخانه، محور t نشان‌دهنده‌ی زمان و محورهای x و t هم‌راستا و هم‌جهت می‌باشند.

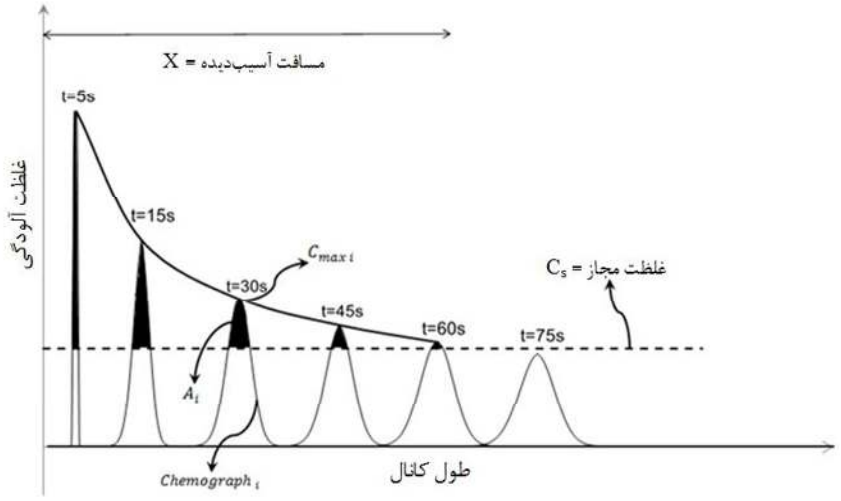
با تقسیم c_a بر $\sum_{i=1}^{n} A_i$ متوسط مساحت غلظت غیرمجاز ($\overline{c_a}$)، که اول تابع هدف پیشنهادی تحقیق هاشمی منفرد و همکاران (۲۰۱۷) می‌باشد، شکل می‌گیرد. در این تحقیق اثبات شد که تابع هدف $\overline{c_a}$ نسبت به $\overline{c_d}$ از دقت بالاتری برخوردار است و تابع هدف واقع بینانه‌تری می‌باشد.

$$\overline{c_a} = \frac{c_a}{\sum_{i=1}^{n} A_i} \qquad (۱۰)$$

دومین تابع هدف پیشنهادی تحقیق هاشمی منفرد و همکاران (۲۰۱۷)، فاصله آسیب‌دیده می‌باشد که به بازه‌ی مکانی بین محل وقوع آلودگی تا جایی که غلظت آلاینده وارده، برابر (c_s) می‌شود، اطلاق می‌گردد. مفهوم فاصله آسیب‌دیده بصورت ریاضی به شکل زیر بیان می‌شود:

$$X = \max (x_i) \qquad i = 1, 2\ldots, n \qquad (۱۱)$$

که در آن X فاصله آسیب‌دیده برحسب متر و x_i مکان iامین تابع توزیع آلودگی با غلظت بالاتر از c_s می‌باشد.

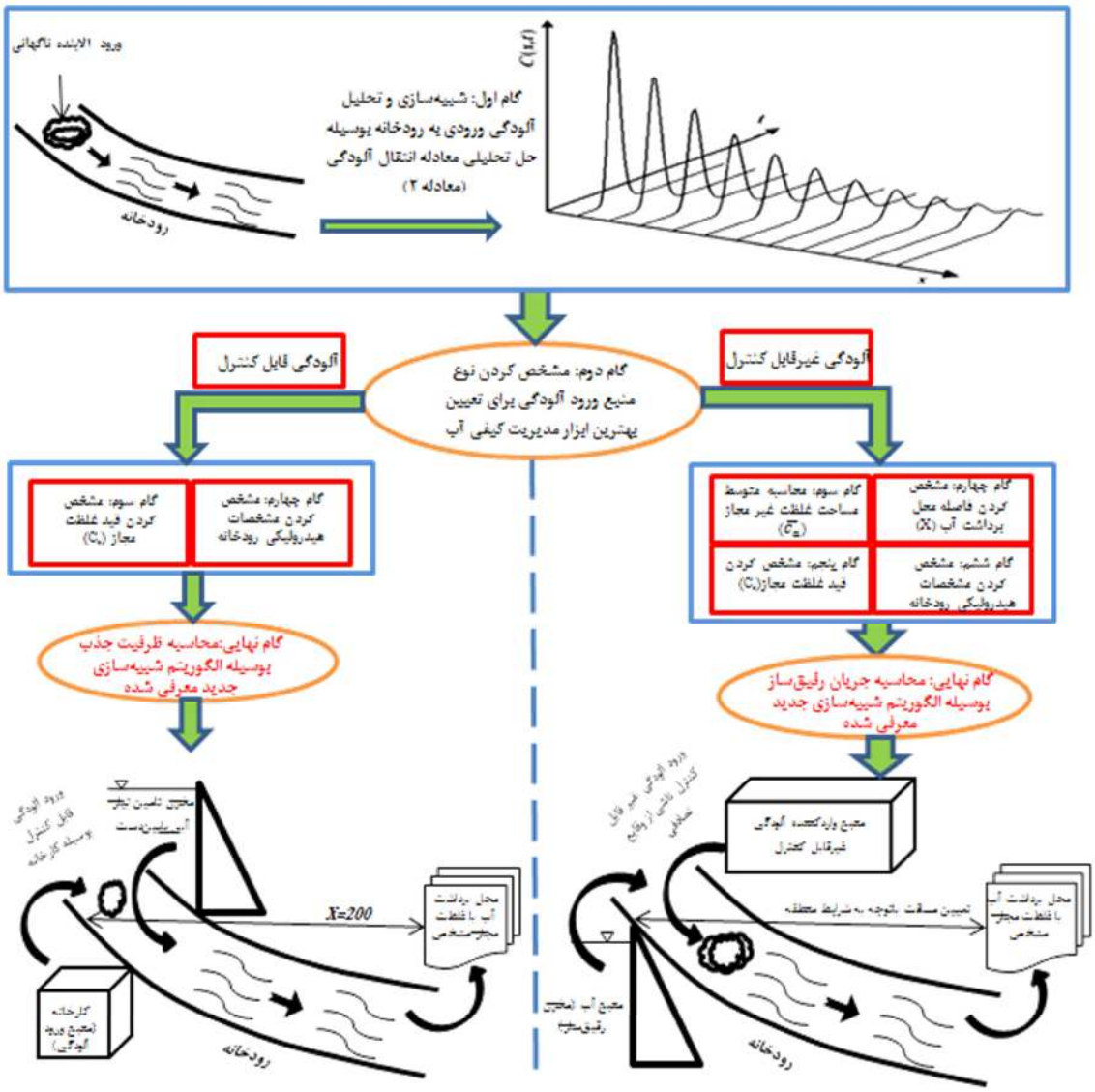


شکل ۱: نمایش پارامترهای تاثیرگذار در روند محاسبه ابزارهای کیفی *(دهقانی درمیان و همکاران ۲۰۱۸)*

همانطور که ذکر شد تحقیقات پیشین تاکنون برای محاسبه ابزارهای کیفی ظرفیت جذب و جریان رقیق‌ساز، از روش‌های زمان‌بر بهینه‌سازی استفاده می‌کردند، لذا هدف اصلی این تحقیق ارائه الگوریتم شبیه‌سازی سریع برای محاسبه این ابزارهاست. در همین راستا در این مقاله، سه پارامتر شامل قید غلظت مجاز (c_s) برای تعیین ظرفیت جذب و دو تابع هدف متوسط مساحت غلظت غیرمجاز ($\overline{c_a}$) و فاصله‌ی آسیب‌دیده (X) برای محاسبه جریان رقیق‌ساز موردنیاز برای حذف آلودگی، در نظر گرفته شده و به‌کار می‌روند.

منطقه مطالعاتی

منطقه مطالعاتی مدنظر این تحقیق، در تحقیقات بین المللی زیادی بکار گرفته شده است (فرهادیان و همکاران ۲۰۱۴، هاشمی منفرد و همکاران ۲۰۱۷، دهقانی درمیان و همکاران ۲۰۱۸). منطقه مذکور یک یک مساله بنچ‌مارک و نمونه در زمینه مدیریت و حفاظت کیفی منابع آب می‌باشد و مزیت آن، توانایی مقایسه نتایج حاصل از تحقیقات مختلف و انتخاب ابزار و روش مدیریت کیفی مناسب می‌باشد. شکل ۲ شمای منطقه مطالعاتی در حالات مختلف محاسبه ظرفیت جذب و جریان رقیق‌ساز مناسب جهت حفاظت کیفی آب در حالات مختلف ورود آلاینده را نشان می‌دهد.



شکل ۲: شمای منطقه مطالعاتی در حالات مختلف محاسبه ظرفیت جذب و جریان رقیق‌ساز مناسب

برای محاسبه ظرفیت جذب رودخانه، فاصله بین محل برداشت آب و نقطه ورود آلودگی در منطقه مطالعاتی ۲۰۰ متر می‌باشد و سرعت جریان آب بین ۰/۰۷ تا ۱ متر بر ثانیه در فصول مختلف سال متغیر است. همچنین با توجه به دو نیاز آبی پایین‌دست مفروض در منطقه، مقدار غلظت آلودگی مجاز ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. در قسمت محاسبه جریان رقیق‌ساز در منطقه مطالعاتی، مقدار ۱۰ و ۲۰ تن آلاینده وارد رودخانه می‌شود که بایستی با محاسبه جریان رقیق‌ساز مناسب، مقدار غلظت آلودگی را به همان دو غلظت مذکور ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر رسانید. جدول ۱ مقادیر پارامترهای موردنیاز برای تحلیل و شبیه‌سازی ابزارهای مدیریت کیفی مذکور را نشان می‌دهد.

جدول ۱: پارامترهای موردنیاز برای محاسبه ابزارهای مدیریت کیفی در منطقه مطالعاتی

نام پارامتر	مقدار پارامتر	واحد
A	۵	$\mathbf{m^2}$
w	۵	m
h	۱	m
k	۰/۰۰۲	1/s
s	۰/۰۰۵	m/m
C_S	۱ ،۰/۵	mg/l

نتایج و بحث

برای تعیین ظرفیت جذب، منبع ورود آلاینده باید کنترل‌پذیر باشد. در تحقیقات پیشین برای محاسبه حداکثر ظرفیت جذب، روش بهینه‌سازی برای کنترل بیشترین میزان توده‌ی آلودگی قابل تخلیه، بکار برده شد. آن‌ها در تحقیق خود از غلظت مجاز بعنوان یک قید استفاده نموده و از روش برنامه‌ریزی غیرخطی که یک روش بهینه‌سازی تک‌هدفه است، استفاده کردند (فرهادیان و همکاران ۲۰۱۴).

در این تحقیق، بدون استفاده از روش بهینه‌سازی، ظرفیت جذب تعیین شد، دو دلیل برای تعیین ظرفیت جذب بدون استفاده از روش بهینه‌سازی وجود دارد:

* روش برنامه‌ریزی غیرخطی، راهکاری است که جواب بهینه را با محاسبه شیب در هر نقطه از فضای تابع هدف به کمک مشتق‌گیری تعیین می‌کند که این فرایند بسیار زمان‌بر می‌باشد و ممکن است غیرقابل حل نیز بشود (فرهادیان و همکاران ۲۰۱۴).

* بر اساس ماهیت مساله تعیین ظرفیت جذب، هیچ‌گونه روش بهینه‌سازی نیاز نیست، بعبارت دیگر با شبیه‌سازی و نوشتن یک برنامه کامپیوتری در متلب[1]، حداکثر ظرفیت جذب قابل محاسبه است.

بنابراین در این تحقیق برای تعیین ظرفیت جذب رودخانه، از برنامه‌نویسی در نرم افزار متلب استفاده شد، به این ترتیب که با توجه به نیازهای مختلف آبی پایین‌دست در فصول مختلف سال، مقدار آب آزادسازی شده از مخزن بالادست برای تامین نیازها، متفاوت است. هدف این قسمت از شبیه‌سازی این است که برای هر مقدار آزادسازی آب از مخزن بالادست رودخانه، حداکثر ظرفیت جذب محاسبه گردد.

برای هر مقدار سرعت جریان آب، هر فاصله آسیب‌دیده مشخص و هر قید غلظت مجاز پایین‌دست معین، ماکزیمم ظرفیت جذب در فرایند شبیه‌سازی محاسبه می‌شود. زمان اجرای برنامه کامپیوتری نوشته شده برای تعیین ظرفیت جذب در مقایسه با روش‌های بکار گرفته شده در تحقیقات پیشین، بالا نبوده و جواب‌های بدست آمده، هیچ‌گاه

[1]- MATLAB

غیرقابل‌حل و تعریف نشده، نمی‌شوند. روندنمای برنامه نوشته شده برای محاسبه ظرفیت جذب و مقایسه آن با روش-های پیشین در شکل ۳ مشاهده می‌شود.

جریان رقیق‌ساز نیز زمانی بعنوان یک ابزار مدیریت کیفی استفاده می‌شود که دو شرط زیر بطور همزمان برقرار باشد:

* آلودگی وارد شده به رودخانه بطور ناگهانی و بدون اجازه بوده که می‌تواند ناشی از یک تصادف دریایی یا از خروجی یک واحد صنعتی به آب وارد شود.

* آلودگی ناگهانی وارد شده به رودخانه بیشتر از ظرفیت جذب رودخانه در مقابله با آلودگی باشد.

در این شرایط قید غلظت مجاز در یک فاصله آسیب‌دیده مشخص، نقض شده و غلظت آلودگی موجود در آن بازه، از غلظت آلودگی مجاز تجاوز می‌کند. برای کاهش خسارت وارده به محیط‌زیست، اثرات ناشی از ورود ناگهانی آلودگی، باید کمینه گردد. این اثرات عبارتند از:

- متوسط مساحت غلظت غیرمجاز ($\overline{c_a}$).

- فاصله‌ی آسیب‌دیده (X).

- زمان تماس غلظت آلودگی غیرمجاز با آب (T).

کمینه‌کردن فاصله آسیب‌دیده و زمان تماس غلظت آلودگی غیرمجاز با آب به این دلیل که باعث کاهش اکسیژن محلول در جریان آب و بالتبع خسارت به اکوسیستم آبی می‌شود، از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. به دلیل رابطه‌ی مستقیم بین متوسط مساحت غلظت غیرمجاز و زمان تماس (این رفتار مشابه در ادامه نتایج نشان داده خواهد شد)، متوسط مساحت غلظت غیرمجاز و فاصله‌ی آسیب‌دیده بعنوان دو تابع هدف برای تعیین جریان رقیق‌ساز و کاهش مخاطرات وارده به محیط‌زیست، در نظر گرفته شدند؛ بنابراین مساله تعیین جریان رقیق‌ساز بهینه به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$\text{Minimize } \begin{Bmatrix} \overline{c_a} \\ X \end{Bmatrix}$$

S.to

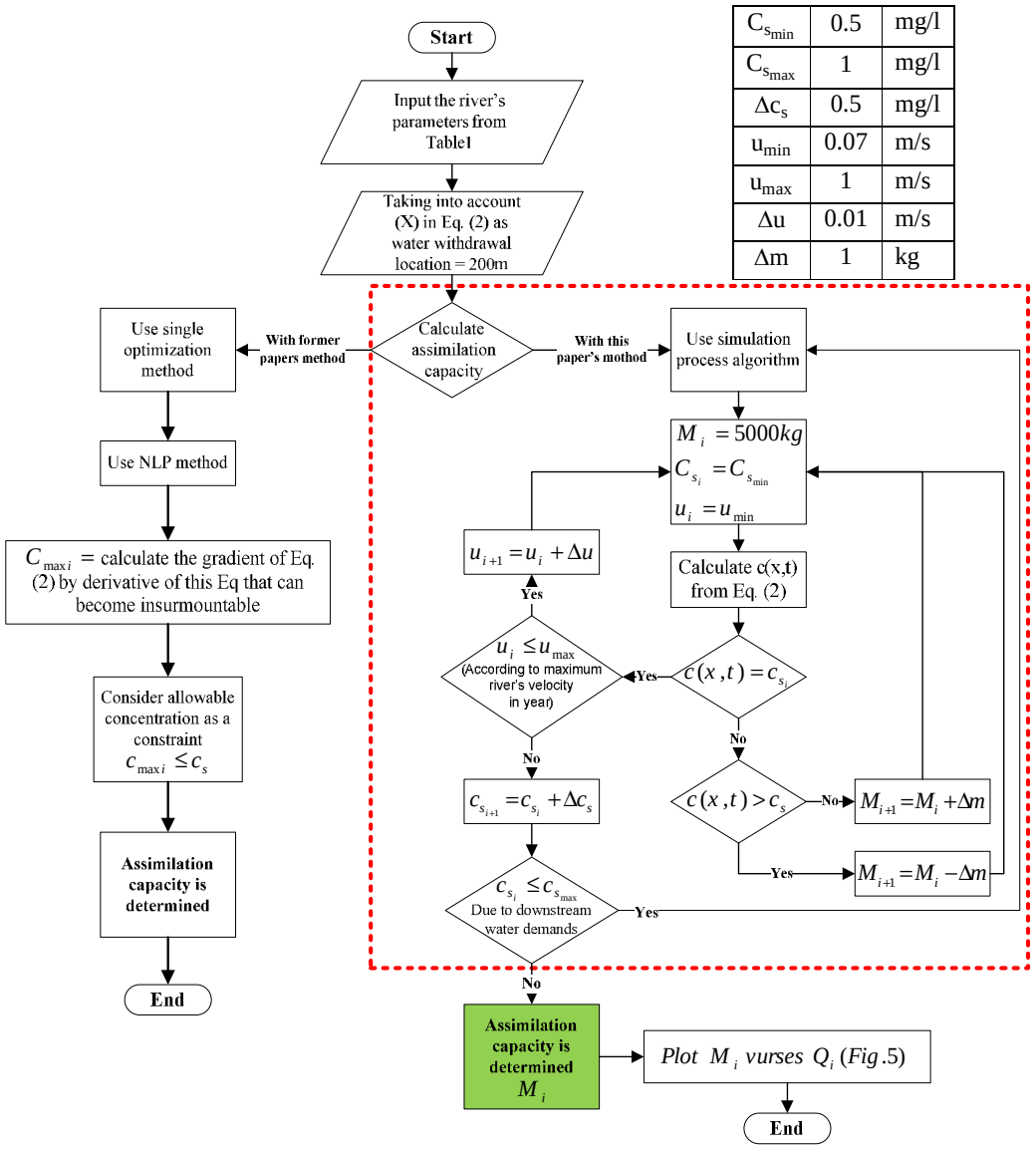
$$c_s = 0.5 \; and \; 1 \; mg/l \qquad (۱۲)$$

Sudden pollution entrance = 10 and 20 ton

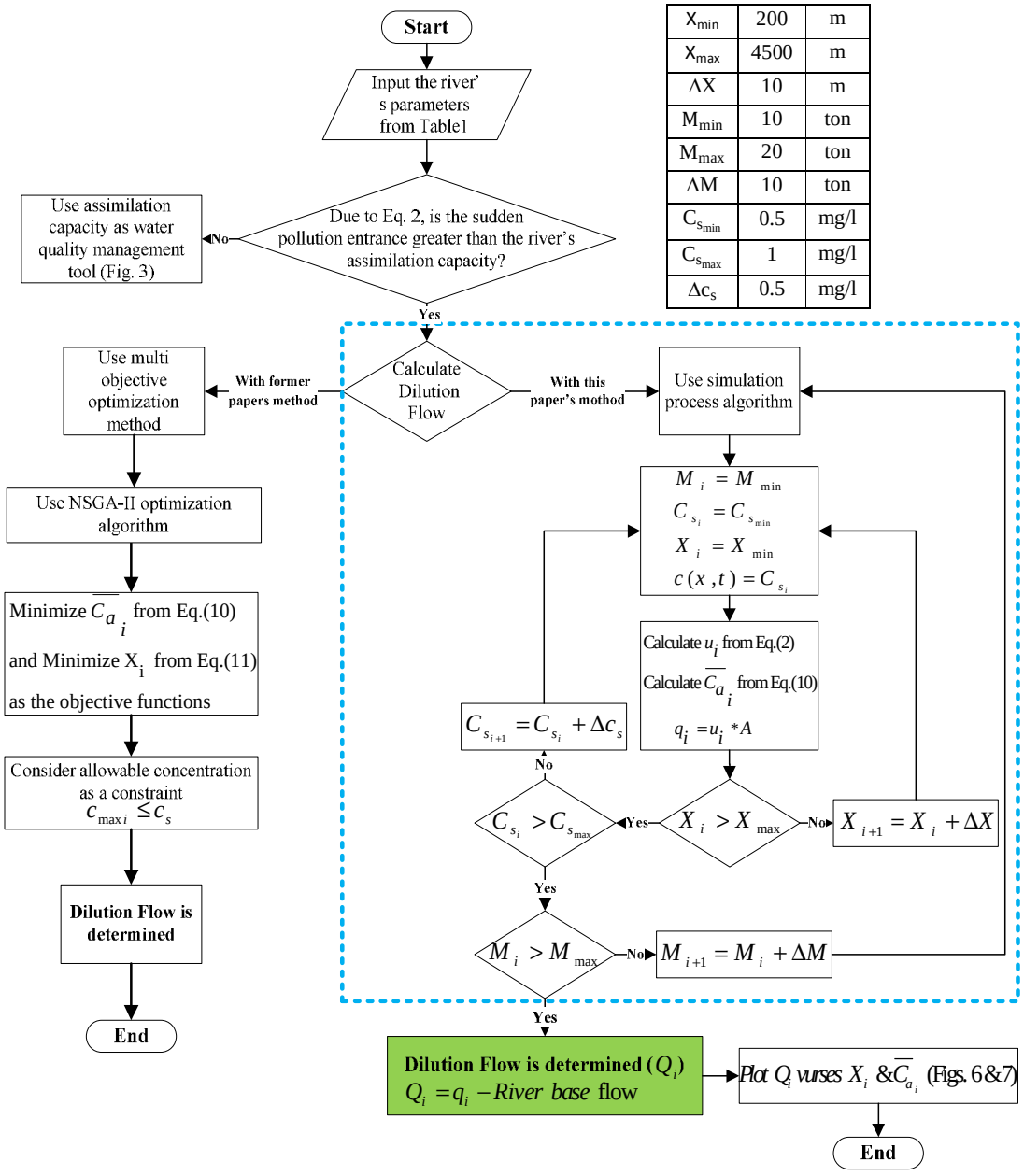
Decision variable = Dilution flow = 0.07 until 8 $m^3/_s$

برای پاسخ به رابطه ۱۲ و محاسبه جریان رقیق‌ساز در تحقیقات پیشین از بهینه‌سازی چندهدفه استفاده شده است (فرهادیان و همکاران ۲۰۱۴؛ هاشمی منفرد و همکاران ۲۰۱۷)؛ اما در تحقیق حاضر با توجه به ماهیت مساله تعیین جریان رقیق‌ساز (رابطه ۱۲) که فقط یک متغیر تصمیم، دو تابع هدف و دو قید دارد، می‌توان بدون استفاده از روش-های وقت‌گیر بهینه‌سازی، تنها با شبیه‌سازی جریان رقیق‌ساز موردنیاز را محاسبه کرد. به این ترتیب که در برنامه کامپیوتری شبیه‌سازی نوشته شده، برای هر حالت مشخص از شرایط هیدرولیکی و کیفی رودخانه، جریان رقیق‌ساز مناسب و لازم محاسبه می‌شود و مقدار آلاینده غیرمجاز وارد شده اولیه را به مقدار مجاز می‌رساند. در این فرایند سایر توابع هدف نیز مانند $\overline{c_a}$، X و T در هر حلقه از برنامه محاسبه می‌شوند (شکل ۴).

در تحقیق حاضر، مساله مربوط به تعیین جریان رقیق‌ساز، بوسیله روش شبیه‌سازی در نرم‌افزار متلب پاسخ داده شده است و برنامه کامپیوتری نوشته شده در این مقاله، بسیار سریعتر از روش‌های مرسوم قبلی بهینه‌سازی، جریان رقیق-ساز موردنیاز را شبیه‌سازی می‌کند. همانطور که در رابطه ۱۲ بیان شد در این قسمت، دو مقدار آلودگی ۱۰ و ۲۰ تن بطور ناگهانی به رودخانه تخلیه می‌شوند و هدف، رساندن این مقادیر غلظت بالا و خطرناک آلودگی به دو مقدار مجاز ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر با اعمال جریان رقیق‌ساز می‌باشد. بنابراین چهار سناریو برای تعیین میزان جریان رقیق‌ساز موردنیاز، وجود خواهد داشت تا مخاطرات وارده به محیط‌زیست کمینه گردند.



شکل ۳: روندنمای مقایسه محاسبه ظرفیت جذب بوسیله روش پیشنهادی این تحقیق و تحقیقات پیشین

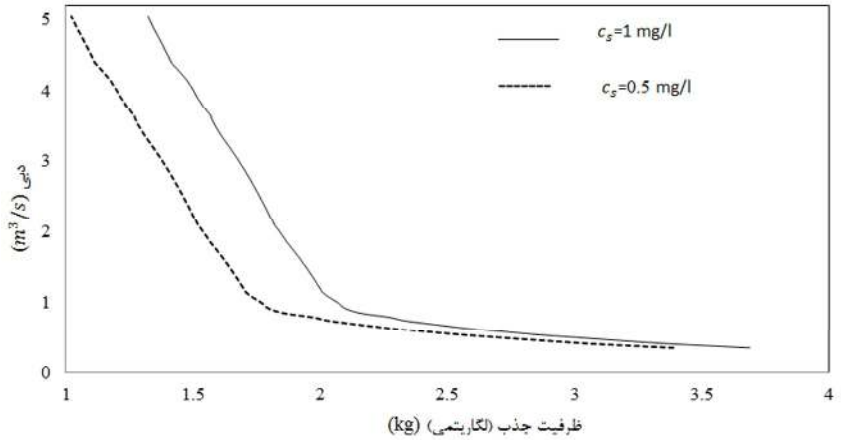


X_{min}	200	m
X_{max}	4500	m
ΔX	10	m
M_{min}	10	ton
M_{max}	20	ton
ΔM	10	ton
$C_{s_{min}}$	0.5	mg/l
$C_{s_{max}}$	1	mg/l
Δc_s	0.5	mg/l

شکل ۴: روندنمای مقایسه محاسبه جریان رقیق‌ساز بوسیله روش پیشنهادی این تحقیق و تحقیقات پیشین

اکنون نتایج کامل حاصل از فرایندهای شبیه‌سازی در محاسبه ظرفیت جذب و جریان رقیق‌ساز ارائه می‌گردد. برای تعیین حداکثر ظرفیت جذب، مقدار آب قابل رهاسازی از مخزن بالادست و مقدار آلودگی تخلیه شده به رودخانه، قابل تنظیم می‌باشند (شکل ۲). بنابراین برای هر مقدار آزادسازی آب، حداکثر ظرفیت جذب قابل محاسبه است. در واقع ظرفیت جذب عبارتست از حداکثر مقدار توده‌ی آلودگی‌ای که می‌تواند به رودخانه وارد شود بطوریکه غلظت

آلاینده از مقدار (C_s) بعد از محل برداشت آب (X)، کمتر باشد. لازم به ذکر است که در سرعت جریان آب ثابت (مخزن تنظیمی در بالادست رودخانه موجود نباشد) و در قید (C_s) ثابت، با افزایش محل برداشت آب از نقطه تخلیه آلودگی، ظرفیت جذب افزایش می‌یابد. شکل ۵ نشانگر نمودار حداکثر ظرفیت جذب سیستم رودخانه-مخزن می‌باشد. این نمودار، خروجی برنامه کامپیوتری نوشته‌شده در نرم افزار متلب می‌باشد که تحت مقادیر دبی مختلف برای تامین نیاز آبی پایین‌دست، برای هر دو مقدار غلظت مجاز پایین‌دست مساوی ۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر رسم شده است.



شکل ۵: مقادیر حداکثری ظرفیت جذب سیستم رودخانه- مخزن برای مقادیر مختلف رهاسازی آب برای غلظت مجاز پایین‌دست ۱ mg/l و ۰/۵ mg/l

بر اساس شکل بالا، دو نتیجه مهم حاصل می‌شود.

(۱) افزایش در مقدار غلظت مجاز پایین‌دست از مقدار ۰/۵ به ۱ میلی‌گرم بر لیتر، باعث افزایش در مقدار حداکثری ظرفیت جذب با همان نسبت می‌شود. به این معنا که برای مساله موجود در این تحقیق، برای هر آزادسازی مشخص آب از مخزن بالادست و در فاصله آسیب‌دیده ثابت (X=200m)، با دو برابر شدن (C_s) از مقدار ۰/۵ به ۱ میلی‌گرم بر لیتر، حداکثر ظرفیت جذب نیز دو برابر می‌شود.

(۲) کاهش دبی جریان باعث افزایش ظرفیت جذب می‌شود؛ زیرا با افزایش دبی، زمان تماس آلودگی با غلظت غیرمجاز با آب کاهش یافته و زمان لازم برای پوسیدگی و پخش آلودگی هم کاهش می‌یابد. بنابراین این امر باعث انتقال سریع آلودگی از نقطه وقوع به سمت پایین‌دست رودخانه می‌شود. بنابراین پیک زنگوله آلودگی در نقاط پایین-دست افزایش یافته و مدل شبیه‌سازی ظرفیت جذب، مجبور است برای رسیدن به غلظت مجاز در نقاط پایین‌دست، میزان آلودگی ورودی را کاهش دهد تا قید غلظت مجاز برآورده شود.

در محاسبه جریان رقیق‌ساز مناسب برای کمینه کردن خسارات ناشی از آلودگی با استفاده از روش شبیه‌سازی نمایش داده شده در روندنمای شکل ۴، نمودارهای ۶ و ۷ حاصل شد. این نمودارها مقادیر جریان رقیق‌ساز در مقابل متوسط مساحت غلظت غیرمجاز و فاصله آسیب‌دیده را بطور همزمان برای غلظت مجاز پایین‌دست ۱ و ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر نشان می‌دهند. با توجه و مقایسه دو نمودار ۶ و ۷ نتایج به شرح زیر حاصل می‌شود.

* در یک ورودی آلودگی ثابت و مشخص، با کاهش غلظت مجاز پایین‌دست (از ۱ به ۰/۵ میلی‌گرم برلیتر در این مطالعه)، بازه‌ی $\overline{c_a}$ و X افزایش می‌یابد.

* برای یک توده آلودگی مشخص وارد شده به رودخانه، غلظت مجاز پایین‌دست ثابت و با توجه به نظر سیاست‌مدار بخش آب مبنی بر محل برداشت آب، مقدار بهینه $\overline{c_a}$ و جریان رقیق‌ساز مورد نیاز تعیین می‌شود.

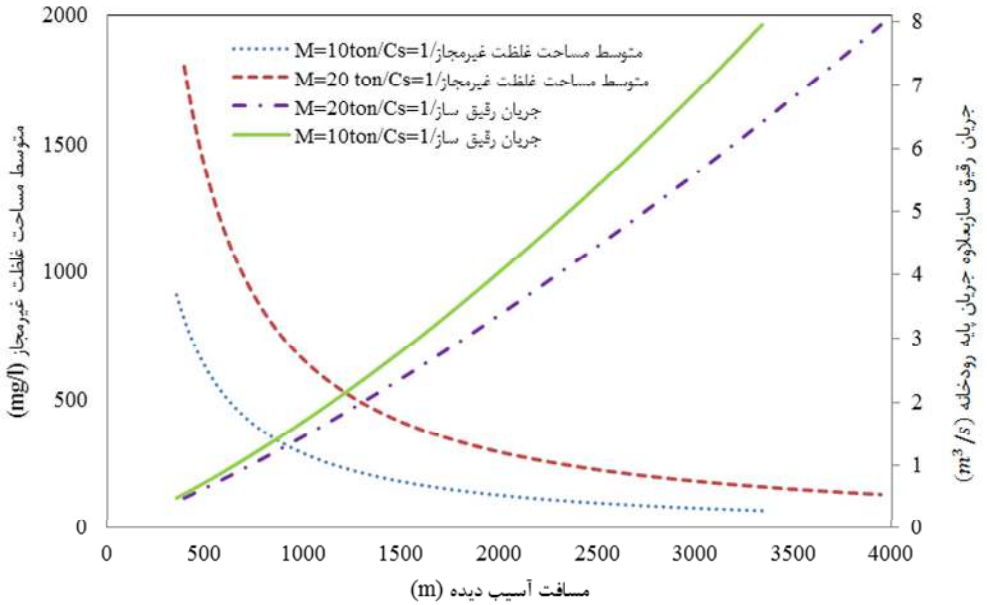
* در یک غلظت آلودگی پایین‌دست مشخص و ثابت، با افزایش مقادیر ورودی آلودگی از ۱۰ به ۲۰ تن، $\overline{c_a}$ نیز با یک نسبت مشابه افزایش می‌یابد.

* در یک غلظت آلودگی پایین‌دست مشخص و ثابت، با افزایش مقادیر ورودی آلودگی از ۱۰ به ۲۰ تن، مقادیر مسافت آسیب‌دیده نیز حدود ۵۰۰ متر افزایش می‌یابد.

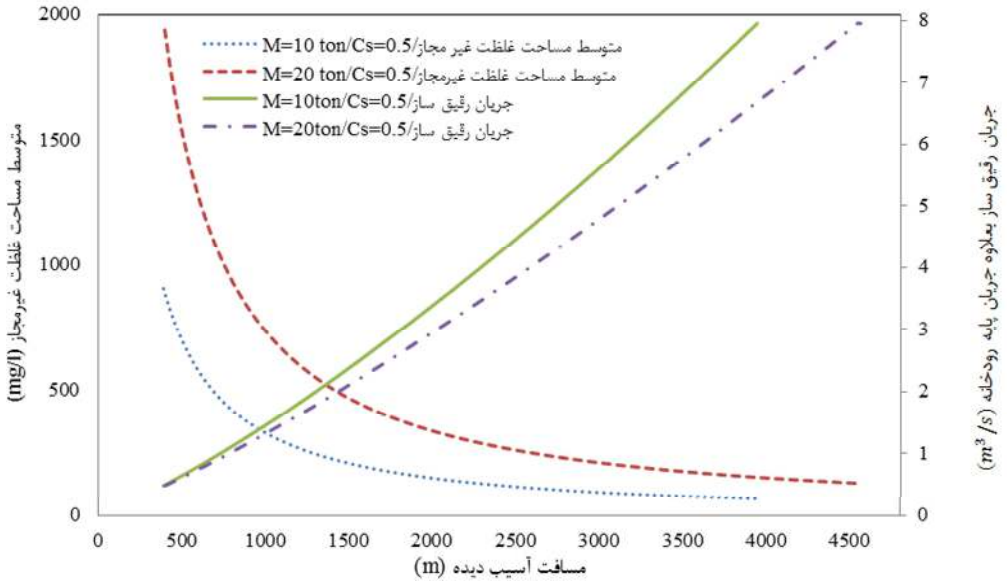
* در یک غلظت آلودگی پایین‌دست مشخص و ثابت، با افزایش مقادیر ورودی آلودگی از ۱۰ به ۲۰ تن، شیب نمودار جریان رقیق‌ساز کاهش می‌یابد.

* در یک توده آلودگی مشخص ورودی، غلظت آلودگی پایین‌دست ثابت، با بکارگیری جریان رقیق‌ساز مقادیر حیاتی کیفی $\overline{c_a}$ کاهش می‌یابد.

* در واقع نمودارهای ۶ و ۷ نشانگر فرایند تدریجی اصلاح کیفیت آب و رسیدن غلظت آلودگی ورودی از (M=10&20 ton) به (c_s =0.5&1mg/l) در پایین‌دست رودخانه با بکارگیری جریان رقیق‌ساز می‌باشد. در این بین مقادیر پارامترهای حیاتی کیفی رودخانه شامل X & $\overline{c_a}$ نیز محاسبه می‌گردد.



شکل ۶: مقادیر جریان رقیق‌ساز در مقابل متوسط مساحت غلظت غیرمجاز و فاصله آسیب‌دیده برای غلظت مجاز پایین‌دست ۱ mg/l



شکل ۷: مقادیر جریان رقیق‌ساز در مقابل متوسط مساحت غلظت غیرمجاز و فاصله آسیب‌دیده برای غلظت مجاز پایین‌دست ۰/۵ mg/l

یکی از نتایج بسیار مهم تعیین جریان رقیق‌ساز، علاوه بر کاهش متوسط مساحت غلظت غیرمجاز $\overline{c_a}$، کاهش زمان تماس غلظت آلودگی غیرمجاز (T) در رودخانه است. در زمان ورود آلودگی ناگهانی به رودخانه، کاهش دادن زمان تماس آلودگی غیرمجاز با آب بدلیل کاهش اکسیژن محلول در آب، بسیار مهم است. هرچند بدلیل رابطه‌ی مستقیم بین متوسط مساحت غلظت غیرمجاز و زمان تماس، کمینه کردن متوسط مساحت غلظت غیرمجاز، بصورت طبیعی باعث مینیمم شدن زمان تماس آلودگی غیرمجاز نیز می‌شود، پس نیازی به در نظر گرفتن زمان تماس بعنوان پارامتری جداگانه در فرایند شبیه‌سازی نیست. رابطه مستقیم بین پارامترهای $\overline{c_a}$ و T و همچنین رابطه معکوس این دو پارامتر با X، بصورت همزمان درقالب نمودارهای سه‌محوره ۸ و ۹ برای دو مقدار (c_s =0.5&1mg/l) نشان داده شده است. لازم به ذکر است که شکل‌های ۸ و ۹ زمانی استفاده می‌شود که مدیر و کارشناس بخش آب، زمان تماس آلودگی با غلظت غیرمجاز با آب را بعنوان یک قید برای محافظت از محیط‌زیست رودخانه در نظر بگیرد، یعنی بعنوان مثال گونه‌ای جانور آبزی در رودخانه موجود باشد که بیشتر از یک زمان مشخص (زمان تماس) نتواند در آب با غلظت غیرمجاز زندگی کند. در چنین شرایطی، زمان تماس آلودگی غیرمجاز با آب، یک قید برای مدیریت کیفیت آب به‌حساب می‌آید و سایر پارامترهای کیفی رودخانه شامل $\overline{c_a}$ ، X و جریان رقیق‌ساز موردنیاز محاسبه می‌شوند. موارد ذیل از تحلیل شکل‌های ۸ و ۹ استنتاج می‌شوند.

* در یک ورودی آلودگی ثابت و مشخص، با کاهش غلظت مجاز پایین‌دست (از ۱ به ۰/۵ میلی‌گرم برلیتر در این مطالعه)، بازه‌ی $\overline{c_a}$ به میزان ۴/۵۲ میلی‌گرم بر لیتر کاهش و T به میزان ۱۷ ثانیه افزایش می‌یابد.

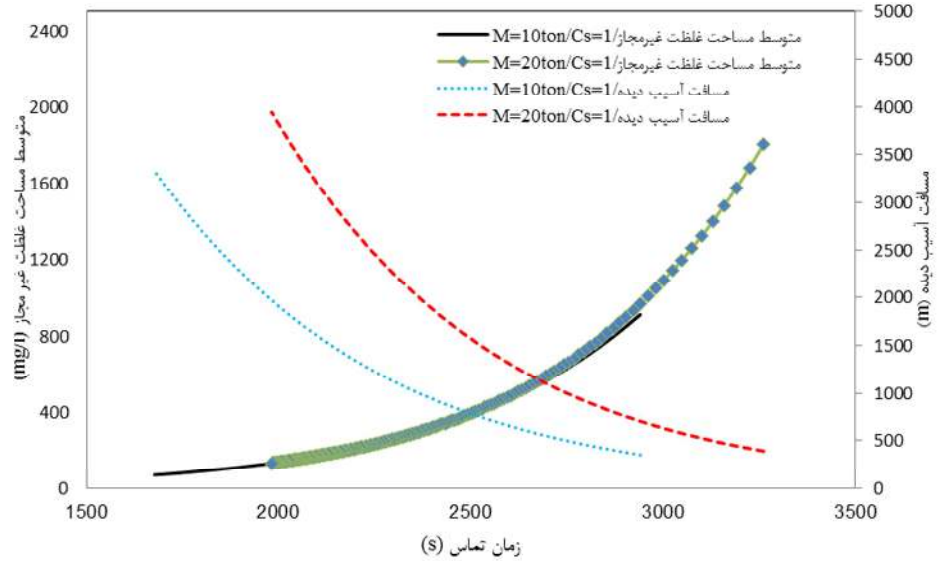
* در یک غلظت آلودگی پایین‌دست مشخص و ثابت، با افزایش مقادیر ورودی آلودگی از ۱۰ به ۲۰ تن، در حالت c_s =1mg/l، زمان تماس ۱۷ ثانیه و در حالت c_s =0.5mg/l، زمان تماس ۵۲ ثانیه افزایش یافت.

* در یک غلظت آلودگی پایین‌دست مشخص و ثابت، با افزایش مقادیر ورودی آلودگی از ۱۰ به ۲۰ تن، $\overline{c_a}$ نیز افزایش می‌یابد.

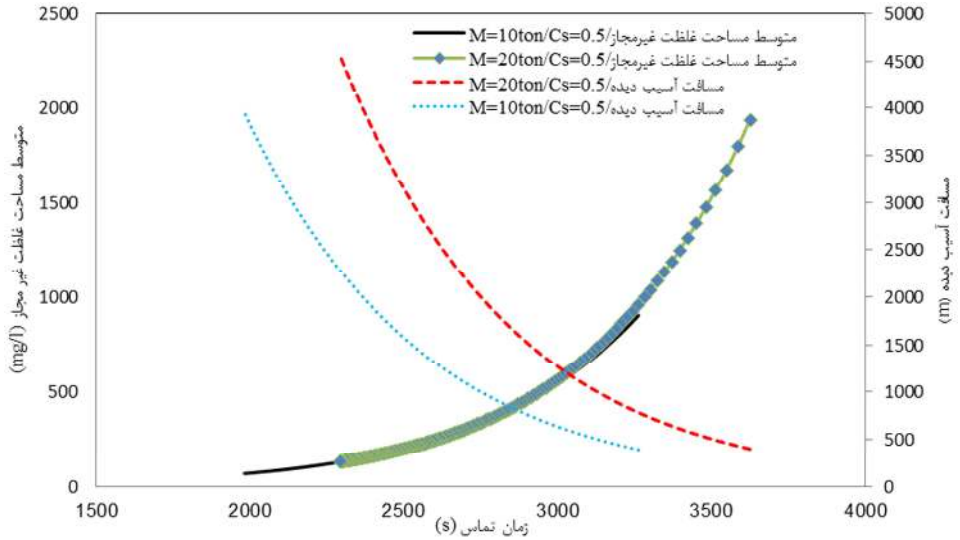
* برای یک توده آلودگی مشخص وارد شده به رودخانه، غلظت مجاز پایین‌دست ثابت و با توجه به نظر سیاست‌مدار بخش آب مبنی بر زمان تماس آلودگی با رودخانه، مقدار بهینه $\overline{c_a}$ و جریان رقیق‌ساز مورد نیاز تعیین می‌شود.

* در شرایطی که زمان تماس قید باشد، به ازای هر زمان تماس مشخص و سایر ویژگی‌های معلوم از رودخانه مانند مانند توده آلودگی ورودی (در این مساله ۱۰ و ۲۰ تن) و غلظت مجاز پایین‌دست (۰/۵ و ۱ میلی‌گرم بر لیتر)، جریان رقیق‌ساز و همچنین متوسط مساحت غلظت غیرمجاز مناسب، تعیین می‌شود.

* با توجه به نمودارهای ۸ و ۹ در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۷۵۰ ثانیه برای c_s =1mg/l و بازه زمانی ۲۲۵۰ تا ۳۰۰۰ ثانیه برای c_s =0.5mg/l، مقادیر $\overline{c_a}$ برای دو آلودگی ورودی ۱۰ و ۲۰ تن تقریبا روی هم قرار می‌گیرد، اما مقادیر X در لحظات فوق تحت دو آلودگی ورودی ۱۰ و ۲۰ تن با یکدیگر تفاوت چشمگیری دارد که این نتایج حاکی از آنست که در این دو حالت مختلف ورود آلودگی، شرایط کیفی رودخانه کاملا متفاوت می‌باشد.



شکل ۸: ارتباط بین پارامترهای حیاتی کیفی رودخانه شامل متوسط مساحت غلظت غیرمجاز، مسافت آسیب‌دیده و زمان تماس برای غلظت مجاز پایین‌دست ۱ mg/l



شکل ۹: ارتباط بین پارامترهای حیاتی کیفی رودخانه شامل متوسط مساحت غلظت غیرمجاز، مسافت آسیب‌دیده و زمان تماس برای غلظت مجاز پایین‌دست ۰/۵ mg/l

نتیجه‌گیری

در این تحقیق دو ابزار مدیریت کیفی برای کنترل و حفاظت کیفیت آب در هنگام ورود آلودگی در رودخانه تحلیل و محاسبه شد. ظرفیت جذب برای زمانیکه آلودگی وارده به رودخانه کنترل‌پذیر است و جریان رقیق‌ساز برای هنگامیکه آلودگی وارده غیرقابل کنترل بوده و مقدار آن بیشتر از ظرفیت جذب رودخانه باشد. در این پژوهش بمنظور محاسبه‌ی ظرفیت جذب از روش شبیه‌سازی جدید با گام‌های مشخص بدون استفاده از روش‌های بهینه‌سازی، استفاده شد. برای شبیه‌سازی انتقال آلودگی در رودخانه، از حل تحلیلی معادله انتقال-پخش استفاده شد. منطقه مطالعاتی یک منطقه بنچمارک در زمینه مدیریت کیفی سیستم‌های رودخانه-مخزن که در تحقیقات قبلی استفاده شده بود، انتخاب شد. کلیه فرایندهای شبیه‌سازی و حل معادلات در نرم‌افزار متلب کدنویسی شد و روندنمای مراحل شبیه‌سازی در تحقیق قرار داده شد. نتایج بدست آمده نشان داد که تغییرات دبی سیستم رودخانه-مخزن در بازه ۰/۳ تا ۵/۰۵ متر مکعب در ثانیه، می‌تواند باعث تاثیرات و تغییرات موثر و بزرگی در مقادیر ظرفیت جذب شود. این تغییرات دبی در طول دوره شبیه‌سازی در فاصله آسیب‌دیده ثابت ۲۰۰ متری، باعث تغییرات ظرفیت جذب از ۱۰/۵ تا ۲۴۵۰ کیلوگرم برای غلظت مجاز پایین‌دست ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر و از ۲۱ تا ۴۹۰۰ کیلوگرم برای غلظت مجاز پایین‌دست ۱ میلی‌گرم بر لیتر می‌شود.

در تعیین جریان رقیق‌ساز موردنیاز برای حفاظت کیفی رودخانه از روش شبیه‌سازی جدید ارائه شده در این تحقیق استفاده شد که نسبت به روش بهینه‌سازی معرفی شده در تحقیقات پیشین مناسب‌تر و سریعتر می‌باشد. سه پارامتر ($\overline{C_a}$,X ,T) در روند محاسبه جریان رقیق‌ساز محاسبه شدند. نتایج برای دو غلظت آلودگی مجاز (۰/۵ و ۱ میلی‌گرم

بر لیتر) و دو مقدار آلودگی ورودی (۱۰ و ۲۰ تن)، نشان داد که برای هر مقدار جریان رقیق‌ساز، مقادیر $\overline{c_a}$، X و T در یک بازه مشخص، متغیر است. این مقادیر در بازه‌ی ۶۶/۱۲ تا ۱۹۳۹/۲۶ میلی‌گرم بر لیتر برای $\overline{c_a}$، ۳۵۲/۸ تا ۴۵۶۱/۱ متر برای X و در بازه‌ی ۱۶۷۷ تا ۳۶۲۴ ثانیه برای T متغیر بودند.

بطور کلی استفاده از تنظیم شدت جریان آب بالادست برای از بین بردن اثر غلظت غیرمجاز آلاینده‌ها، یک راه حل عملی اصلاحی مقرون بصرفه در مدیریت کیفی منابع آب می‌باشد. با توجه به اهمیت هر یک از جنبه‌های توابع هدف و پارامترهای $\overline{c_a}$، X و T و با توجه به نظر مدیران و سهامداران بخش آب، باید در هنگام وقوع بحران ورود آلودگی، از یکی از ابزارهای بیان شده (ظرفیت جذب و یا جریان رقیق‌ساز) برای مدیریت کیفی آب استفاده نمود. مقادیر فوق-الذکر برای مدیریت کیفی منطقه مطالعاتی این تحقیق بسیار حیاتی می‌باشد. بنابراین می‌توان با بکارگیری الگوریتم-های شبیه‌سازی ارائه شده در این تحقیق و محاسبه مقادیر پارامترهای حیاتی کیفی معرفی شده، برای منابع آب کشور، محیط‌زیست این منابع حیاتی را درمقابل مخاطرات محیطی مختلف مدیریت نمود.

منابع

هاشمی منفرد سید آرمان، دهقانی درمیان محسن، پیرزاده بهاره، اژدری مقدم مهدی. (۱۳۹۵). پیش بینی کیفیت آب در جریان های یک بعدی به کمک تابع انتقال آلودگی جدید و اصلاح معیار همگرایی، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، (۲)۲۳: ۱۴۷-۱۶۲.

مقیمی نژاد سمیه، ابراهیمی کیومرث، کراچیان رضا. (۱۳۹۶). مطالعه تغییرات فصلی خودپالایی رودخانه کارون، نشریه مهندسی عمران امیرکبیر، (۴)۴۹: ۶۲۱-۶۳۴.

Abbasi SA (1976) Extraction and spectrophotometric determination of vanadium (V) with N-[p-N, Ndimethylanilino-3-methoxy 2-naphtho] hydroxamic acid. Anal Chem 48(4):714-717.

Abbasi SA, Soni R (1983) Stress-induced enhancement of reproduction in earthworm Octochaetus pattoni exposed to chromium (VI) and mercury (II) - implications in environmental management. Int J Environ Stud 22(1):43-47.

Abbasi SA, Soni R (1984) Teratogenic effects of chromium (VI) in environment as evidenced by the impact on larvae of amphibian Rana tigrina: Implications in the environmental management of chromium. Int J Environ Stud 23(2):131-137.

Abbasi T, Abbasi SA (2012) Water-Quality Indices Elsevier.

Ali, U., Mahmood, A., Syed, J.H., Li, J., Zhang, G., Katsoyiannis, A., Jones, K.C., Malik, R.N., (2015a) Assessing the combined influence of TOC and black carbon in soil–air partitioning of PBDEs. Environmental Pollution. 201, 131-140.

Ali, U., Riaz, R., Sweetman, A.J., Jones, K.C., Li, J., Zhang, G. and Malik, R.N., (2018b) Role of black carbon in soil distribution of organochlorines in Lesser Himalayan Region of Pakistan. Environmental Pollution, 236, pp.971-982.

Ali, U., Sweetman, A.J., Jones, K.C., Malik, R.N., (2018a) Higher atmospheric levels and contribution of black carbon in soil-air partitioning of organochlorines in Lesser Himalaya. Chemosphere. 191, 787-798.

Ali, U., Sweetman, A.J., Riaz, R., Li, J., Zhang, G., Jones, K.C. and Malik, R.N., (2018c) Sedimentary black carbon and organochlorines in Lesser Himalayan Region of Pakistan: Relationship along the altitude. Science of The Total Environment, 621, pp.1568-1580.

Ali, U., Syed, J.H., Mahmood, A., Li, J., Zhang, G., Jones, K.C., Malik, R.N., (2015b) Influential role of black carbon in the soil–air partitioning of polychlorinated biphenyls (PCBs) in the Indus River Basin, Pakistan. Chemosphere. 134, 172–180.

Cairns Jr (1977) Aquatic ecosystem assimilative capacity. Fisheries 2:5-13.

Colman JA, Massey AJ, Levin SB (2011) Determination of Dilution Factors for Discharge of Aluminum Containing Wastes. Public Water-Supply Treatment Facilities into Lakes and Reservoirs in Massachusetts. Prepared in cooperation with the Massachusetts Department of Environmental Protection Scientific.

De Andrade LN, Mauri GR, Mendonça ASF (2013) General multi-objective model and simulated annealing algorithm for waste-load allocation. J Water Resour Plann Manage 139(3).

Dehghani Darmian, M., Hashemi Monfared, S.A., Azizyan, G., Snyder, S.A. Giesy, J.P., 2018. Assessment of tools for protection of quality of water: Uncontrollable discharges of pollutants. Ecotox Environ Safe 161, 190-197.

De Smedt F, Brevis W, Debels P (2005) Analytical solution for solute transport resulting from instantaneous injection in streams with transient storage. J Hydrology. 315:25-39.

Farhadian M, Bozorg Haddad O, Seifollahi Aghmiuni S, Loáiciga AH (2014) Assimilative capacity and flow dilution for water quality protection in rivers. J Hazard Toxic Radioact Waste 19(2).
Fischer HB (1975) Discussion of simple method for predicting dispersion in streams. By McQuiver, R. S. and Keefer, T. N. J Environ Eng 101:453–455.
Glasoe S, Steiner F, Budd W, Young G (1990) Assimilative capacity and water resource management: four examples from the United States. landscape and urban planning 19:17-46.
Hashemi Monfared SA, Dehghani Darmian M (2016) Evaluation of Appropriate Advective Transport Function for One-Dimensional Pollutant Simulation in Rivers. Int J Environ Res 10 (1):77-84.
Hashemi Monfared, S.A., Dehghani Darmian, M., Snyder, S.A., Azizyan, G., Pirzadeh, B., Azhdary Moghaddam, M., 2017. Water Quality Planning in Rivers: Assimilative Capacity and Dilution Flow. Bull Environ Contam Toxicol, 99 (5), 531-541.
Hashemi Monfared SA, Mirbagheri SA, Sadrnejad SA (2014) A three-dimensional, integrated seasonal separate advectiondiffusion model (ISSADM) to predict water quality patterns in the chahnimeh reservoir. Environ Model Softw 19(1):71-83.
Karamouz M, Kerachian R, Mahmoodian M (2003) Seasonal waste-load allocation model for river water quality management: Application of sequential dynamic genetic algorithms. World Water and Environmental Resources Congress, ASCE, Reston, VA.
Khorsandi, M., Bozorg Haddad, O., Marino, M., (2014) Application of Data-Driven and Optimization methods in Identification of Location and Quantity of Pollutants. J. Hazard. Toxic Radioact. Waste. 04014031(9).
Keeling AM (2007) M, Charting marine pollution science: oceanography on Canada's Pacific coast, 1938-1970 33:403-428.
Landis WG (2008) Defining Assimilative Capacity Application of Assimilative Capacity to the TMDL Process. USEPA (1999) Protocol for Developing Nutrient TMDLs, Elsevier B.V. All rights reserved. 264-268.
Mahmoudi, N., Orouji, H., Fallah-Mehdipour, E., (2016) Integration of Shuffled Frog Leaping Algorithm and Support Vector Regression for Prediction of Water Quality Parameters. Water Resour Manage. 30(7), 2195-2211.
GESAMP. (1986) Environmental capacity. An approach to marine pollution preventation. No. 30.
Seo IW, Cheong TS (1998) Predicting longitudinal dispersion coefficient in natural streams. J Hydraul Eng 124(1).
Shokri A, Bozorg Haddad O, Marino M (2014) Multi-Objective Quantity–Quality Reservoir Operation in Sudden Pollution. Water Resour Manage 28:567-586.
Spanou M, Chen D (2000) An object-oriented tool for the control of point-source pollution in river systems. Environ Model Softw 15:35-54.
The United Nations Conference on the Human Environment, having met at Stockholm from 5 to 16 June 1972.
van Genuchten MTh, Alves WJ (1982) Analytical solutions of the one-dimensional convective-dispersive solute transport equation. U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin, 1661:1-151.
Wu, X., Wang, S., Chen, H., Jiang, Z., Chen, H., Gao, M., Bi, R., Klerks, P.L., Wang, H., Luo, Y. and Xie, L., (2017) Assessment of metal contamination in the Hun River, China, and evaluation of the fish Zacco platypus and the snail Radix swinhoei as potential biomonitors. Environmental Science and Pollution Research, 24(7), pp.6512-6522.
Zhang, K., Su, F., Liu, X., Song, Z., Feng, X., (2017) Heavy metal concentrations in water and soil along the Hun River, Liaoning, China. Bull Environ Contam Toxicol, 99:391–398.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۸/۱۸
تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۱۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۱/۲۰
صفحات: ۱۶۲ - ۱۴۵

بررسی اثرات تغییر کاربری اراضی بر سیل‌خیزی و دبی رواناب حوضه آبریز عموقین

یاسر حسینی[۱*]، جواد رمضانی مقدم[۲]، زهرا عبدالعلی‌زاده[۳]

چکیده

پیشرفت تکنیکهای تخمین سیلاب امکان استفاده از مدلهای بارش - رواناب را برای ارزیابی خصوصیات هیدروگراف سیل در حوضه‌های آبخیز و کاهش خطرات سیل ایجاد کرده است. این مطالعه با هدف تعیین تأثیر تغییرات کاربری اراضی در میزان بیشینه دبی سیلاب با استفاده از مدل WMS در حوضه عموقین واقع در استان اردبیل، انجام شده است. مساحت حوضه مذکور ۷۸ کیلومتر مربع بوده و برای تعیین مقدار CN منطقه از تلفیق نقشه کاربری اراضی و گروه هیدرولوژیک خاک(B,C,D) بهدست آمده از تحلیل تصاویر ماهواره لندست ۸ در نرم افزار Idrisi32 و روی هم‌گذاری آنها در محیط ArcGIS بهدست آمد که برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ به‌ترتیب برابر ۷۶/۴ و ۷۸/۷ برآورد گردید. نتایج واسنجی (RMSE = 0.44 ،RE= 7.17) و اعتبارسنجی مدل (RMSE = 0.0042 ،RE = 2.51) با وقایع بارندگی- رواناب در منطقه نشان‌داد که میزان حداکثر دبی سیلاب و حجم سیلاب به‌خوبی با مقادیر مشاهده شده مطابقت دارد. نتایج نشان‌داد، با توجه به حساسیت بالای این مدل به توزیع بارندگی در سرتاسر منطقه، استفاده از هایتوگراف بارندگی منطقه برای دستیابی به نتایج مطلوب مدل ضروری می‌باشد. همچنین شماره منحنی حوضه، بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ افزایش سه درصدی داشته است که در نتیجه کاهش کیفیت مراتع و تغییر کاربری مراتع به زمین‌های کشاورزی بوده و در مناطقی از حوضه می باشد که بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی و فرسایش را دارا می‌باشند که سبب می‌شود برای دوره‌های بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله، حداکثر دبی سیلاب به ترتیب برابر ۲۶/۲۲ و ۲۵/۵درصد افزایش یابد. بنابراین، با توجه به افزایش قابل توجه دبی سیلاب‌ها متاثر از تغییر کاربری در سطح حوضه، مدیریت کاربری اراضی منطقه لازم و ضروری می‌باشد.

واژگان کلیدی: کاربری اراضی، حوضه، WMS، روندیابی، سیلاب، اردبیل.

[۱]- دانشیار، گروه علوم آبیاری، دانشگاه محقق اردبیلی(نویسنده مسئول) y_hoseini@uma.ac.ir
[۲]- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه محقق اردبیلی j_ramazani@uma.ac.ir
[۳]- دانشجوی دکتری مرتع و آبخیزداری دانشگاه محقق اردبیلی abdolalizadeh09@gmail.com

مقدمه

در بین بلایای طبیعی، سیل، زلزله و خشک‌سالی به لحاظ خسارت مالی و جانی ناشی از وقوع آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. بررسی وضعیت و اطلاعات مربوط به خسارت‌های سالیانه ناشی از جاری شدن سیل در ایران و سرتاسر جهان، تأثیر جهانی این پدیده بر روی منابع طبیعی را نشان می‌دهد. کشور ایران از نظر سیل‌خیزی رتبه ششم دنیا را به خود اختصاص داده است (خسروشاهی و ثقفیان، ۱۳۸۲). در سال‌های اخیر در مناطق مختلف ایران به‌خصوص در مناطق شمال و شمال غرب کشور ازجمله استان گلستان و شهرستان‌های آذرشهر، مشکین‌شهر، اردبیل و تبریز سیل‌هایی رخ داده است که باعث خسارات جبران‌ناپذیر جانی و مالی شده است. بنابراین توسعه‌ی برنامه‌های یکپارچه برای جلوگیری، کنترل و استفاده از سیل برای اقدامات مناسب مدیریت کاربردی اجتناب‌ناپذیر است. تغییر کاربری اراضی یکی از عوامل مهم در تغییر جریان هیدرولوژیک، فرسایش حوضه و کاهش تنوع زیستی است(چن و همکاران، ۲۰۰۷؛ مورنو و همکاران، ۲۰۱۱). داشتن آمار و اطلاعات به هنگام، لازمه مدیریت صحیح عرصه‌های طبیعی است. یکی از مبانی مدیریت منابع طبیعی، اطلاعات مربوط به نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی است. با توجه به هزینه بالا و به هنگام نبودن تهیه این نقشه‌ها به‌وسیله عملیات زمینی، در سال‌های اخیر استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان روشی برای این کار مطرح‌شده است (پیلترن، ۲۰۰۴). بنابراین، ارزیابی بهتر آثارِ تغییر کاربری اراضی بر خصوصیات سیل در پیش‌بینی پتانسیل و کاهش خطر سیل از اهمیت بسزایی برخوردار است و این موضوع از مباحث جدی در زمینه برنامه‌ریزی، مدیریت و توسعه پایدار حوضه آبخیز است (پوتر، ۱۹۹۱؛ برووِر و ون، ۲۰۰۴؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۷). گنبدی (۱۳۸۴) پتانسیل تولید سیل در حوضه آبخیز کسیلیان در البرز شمالی را با نرم‌افزار WMS بررسی نمود و نتایج نشان داد که لزوماً زیر حوضه‌هایی که دبی بیش‌تری دارند، بیش‌ترین مشارکت را در دبی خروجی ندارند. در زمینه استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در مطالعات پوشش اراضی تحقیقات زیادی انجام شده است. ساندرا کومار و همکاران (۲۰۱۲) تغییرات پوشش زمین در شهر ویجیاوادا در طول ۳۶ سال را با استفاده از تصاویر لندست مورد مطالعه قرار دادند و آشکارسازی تغییرات نشان داد که در طول این سال‌ها (۱۹۷۳-۲۰۰۹)، مناطق شهری به میزان ۳۷۲/۲۸ درصد افزایش‌یافته و زمین‌های کشاورزی و جنگلی هرکدام به ترتیب ۶۵/۱۶ و ۶۰/۹۸ درصد کاهش داشته است. لالوزایی و همکاران (۲۰۱۳)، در مطالعه‌ای به مقایسه سهولت استفاده از روش‌های HEC-1و TR-20 در شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب با مدل WMS پرداختند و به این نتیجه رسیدند که از میان این دو روش، مدل HEC-1 می‌تواند در تخمین رواناب خروجی بهتر عمل کند و عملکرد بهتری داشته باشد، همچنین مهم‌ترین عامل مؤثر در دبی اوج و هیدروگراف سیلاب، شماره منحنی شناخته شد و نتایج مشخص نمود که روش HEC-1 در مواقعی که داده‌ها در اختیار باشند شبیه‌سازی و اعتبارسنجی بارش-رواناب را با دقت بیشتری نسبت به TR-20 شبیه‌سازی می‌کند. میرزائی و همکاران (۱۳۹۴)، تحقیقی در حوضه آبخیز آتشگاه در استان اردبیل انجام دادند. آن‌ها از شش تیپ الگوی بارش ازجمله روش هاف، روش سازمان هواشناسی جهانی و روش SCS توسط مدل‌های بارش رواناب کلارک، شماره منحنی و اشنایدر اقدام به برآورد دبی سیلاب با دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال استفاده کردند. نتایج نشان داد که الگوی بارش WMO با مدل بارش- رواناب SCS با داشتن حداقل مقادیر درصد- خطای نسبی و ریشه میانگین مربعات خطا، به ترتیب برابر ۷ درصد و ۱/۵۷ مترمکعب بر ثانیه،

به‌عنوان مدل پیشنهادی برای حوضه آتشگاه معرفی گردید. رسول‌زاده و همکاران (۱۳۹۴)، در پژوهشی در منطقه نوران و عموقین استان اردبیل برای انتخاب بهترین مدل تحلیل منطقه‌ای سیلاب در اقلیم نیمه خشک چهار مدل مساحت، مساحت - شیب، مساحت -شیب -آبراهه و مدل فولر را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها این به نتیجه رسیدند که مدل مساحت، شیب، طول آبراه‌ها برای دوره بازگشت کمتر از ۵۰ سال دقت قابل قبولی را ارائه می‌دهد. بررسی عوامل زیست‌محیطی نشان می‌دهد که دخالت انسان در چرخه طبیعی آب از طریق تخریب پوشش گیاهی در مناطق گوناگون از عرصه‌های آبخیز، کاربری غیراصولی اراضی، توسعه سطوح غیرقابل نفوذ و امثال آن پتانسیل سیل‌خیزی را افزایش داده است (شعبانی بازنشین و همکاران، ۱۳۹۵). امروزه استفاده از مدل در شبیه‌سازی بارش- رواناب برای دسترسی به خصوصیات سیلاب از قبیل زمان رسیدن به دبی اوج متداول شده است. در این ارتباط واسنجی و ارزیابی این مدل‌ها و روش‌های مختلف برآورد سیلاب در این مدل‌ها، امری ضروری و اجتناب ناپذیر گشته است. رئوف و حبیبی(۱۳۹۵) مدل WMSرا در حوضه هیرچای استان اردبیل مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش دوره بازگشت از ۲ تا ۱۰۰ سال، اختلاف بین مقادیر محاسباتی و مشاهده‌ای از ۴/۴۹ تا ۱۳/۶۹ درصد افزایش می‌یابد و روش SCS موجود در مدل نتایج دقیق‌تری ارائه می‌دهد. حسینی و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی روش‌های TR-20، TR55 و HEC-1 موجود در مدل WMSبرای تعیین حداکثر سیلاب در حوضه‌ای واقع در استان خوزستان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد استفاده از روش TR55 در مدل WMS بیش‌ترین تطابق را با مقادیرتجربی دارد. یکی از عوامل مهم درافزایش میزان و حجم سیلاب در ایران، تخریب منابع طبیعی و پوشش گیاهی منطقه می‌باشد که از یک طرف ناشی از خشکسالی سال‌های اخیر بوده و از طرف دیگر در اثر توسعه بی‌رویه و دخل و تصرف غیرمجاز توسط عوامل انسانی بوده است. به دلیل کاهش پوشش گیاهی و تغییر کاربری اراضی، رواناب ناشی از بارش بعضاً تا بیش از ۳۰ برابر افزایش یافته و در بخشی از مناطق که دارای شیب تند و از نظر زمین‌شناسی دارای خاک فرسایش‌پذیر بوده است، گل و لای زیادی جابه‌جا شده و خسارات و تلفات بسیاری به بار آورده است(یوسفی مبرهن، ۱۳۹۵). یاری و همکاران(۱۳۸۹) تغییر کاربری اراضی و تاثیر آن را بر سیل در حوضه آبخیز النگدره گرگان را مورد مطالعه قرار دادند. مطالعه ایشان در دوره ۱۳۴۱-۱۳۸۷ انجام شد و مقایسه کاربری اراضی در سال‌های ۱۳۴۱ و ۱۳۸۷ نشان داد که سطح اراضی جنگلی و کشاورزی از سال ۱۳۴۱ تا سال ۱۳۸۷ کاهش یافته که این کاهش برای اراضی جنگلی و زراعت به ترتیب حدود ۳ و ۱۰ درصد می‌باشد. اراضی مسکونی از سال ۱۳۴۱ تا سال ۱۳۸۷ به‌دلیل شهرسازی و تبدیل اراضی جنگلی و زراعت به اراضی مسکونی حدود ۱۳ درصد افزایش یافته است که سبب افزایش ضریب رواناب سطحی و دبی اوج سیلاب شده است. محمدی و همکاران(۱۳۹۴) اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل حوضه آبخیز جعفرآباد استان گلستان را مورد مطالعه قرار دادند نتایج نشان داد که افزایش ۴/۲ درصدی مساحت جنگل باعث کاهش ۰/۸ درصدی دبی اوج سیل و ۴/۴۴ درصدی حجم سیلاب برای رخدادهای کوچک سیل می‌شود. همچنین تبدیل ۳/۹ درصدی اراضی جنگل به دیم، باعث افزایش به ترتیب۱/۵۲ و ۰/۶ درصدی دبی اوج برای ۲/۶ و ۱/۶ درصدی حجم سیل برای رخدادهای کوچک و بزرگ سیل می‌شود. بنابراین طرح اصلاح کاربری اراضی حوضه در قالب احیاء جنگل‌ها و تغییر کاربری اراضی کشاورزی شیب‌دار به آگروفارستری به‌ویژه از نوع باغات زیتون می‌تواند مقدار رابش و تلفات اولیه را به طور مؤثری افزایش داده و باعث کاهش میزان سیل‌خیزی

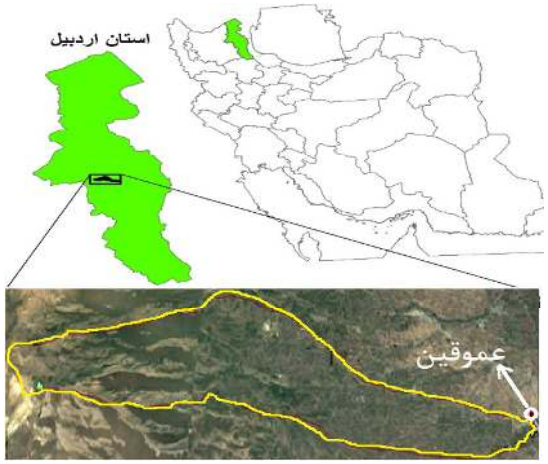
حوضه گردد. شنانی هویزه و زارعی(۱۳۹۵)، تاثیر تغییر کاربری اراضی را بر سیل‌خیزی حوضه آبخیز سد ابوالعباس در استان خوزستان، در دوره زمانی ۱۳۶۹ تا ۱۳۸۸ مورد بررسی قراردادند. نتایج نشان داد که مساحت جنگل‌های انبوه و نیمه انبوه در طی این سال‌ها به‌ترتیب ۸/۴۸ و ۱۲/۲۶درصد کاهش یافته و جای خود را به جنگل های تنک شده و مراتع داده است. همچنین اراضی کشاورزی (زراعت دیم، زراعت آبی و باغات) به طور کلی۱/۷۹درصد کاهش و مناطق مسکونی نیز در این سال‌ها ۰/۱۹درصد افزایش یافته‌است که این تغییرات می‌تواند علاوه بر اثرات منفی بر محیط زیست و منابع‌طبیعی، سبب افزایش بلایای طبیعی مانند سیل شود. مقدسی و همکاران (۲۰۱۷)، اثر تغییر کاربری اراضی را بر پتانسیل سیل‌خیزی حوضه آبخیز سد بوستان در فاصله سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۸۵ با استفاده از مدل WMS، مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که در دوره مورد مطالعه، در مجموع مساحت مراتع افزایش یافته است، این در حالی است که مرتع خوب کاهش، مرتع متوسط افزایش و مساحت مربوط به مرتع فقیر تقریبا ثابت مانده است که بیانگر افت کیفی مراتع در این حوضه آبخیز می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از آنالیز حساسیت مدل نشان داد که ۵ درصد کاهش در شماره منحنی، موجب ۴۰ درصد کاهش دبی اوج سیلاب شده و افزایش ۵ درصدی آن، می‌تواند تا ۶۰ درصد دبی اوج سیلاب را افزایش دهد. به گزارش «هزینه انسانی بلایای مرتبط با آب‌وهوا» (۱۹۹۵-۲۰۱۵) که توسط مرکز تحقیقات اپیدمیولوژی بلایا و دفتر حمایت از خطر بلایای سازمان ملل متحد، ارایه‌شده و در آن چارچوب زمانی ۲۰ سال اخیر مورد بررسی قرارگرفته است. نشان از افزایش تعداد حوادث جوی در این مدت دارد و مشخص می‌کند که این روند در افزایش طوفان و سیل تأثیرگذار بوده است. در بررسی دلایل افزایش خسارات در قاره آسیا از وسعت این قاره در کنار کثرت حوضه‌های آبریز و تراکم جمعیت به‌عنوان عوامل خطرزا در این قاره یادشده است. همچنین نتایج تحقیقات صورت گرفته نشان می‌دهد که تعداد رخداد سیلاب از سال ۲۰۰۵ تا سال ۲۰۱۴ به‌طور میانگین ۱۱۷ مرتبه بیشتر از میانگین سالانه در دهه‌های قبل بوده است. در این راستا بررسی وضعیت سیلاب و مقادیر و هیدروگرافی آن متاثر از تغییر کاربری اراضی در کشور از اهمیت فراوانی برخوردار است. لذا در این تحقیق با توجه به افزایش جهانی رویدادهای سیل که در نتیجه تغییر کاربری اراضی در سال‌های اخیر می‌باشد، تاثیر این عامل بر میزان سیل حوضه عموقین در استان اردبیل، با استفاده از مدل هیدرولوژیکی WMS مورد بررسی قرارگرفت.

داده‌ها و روش‌ها

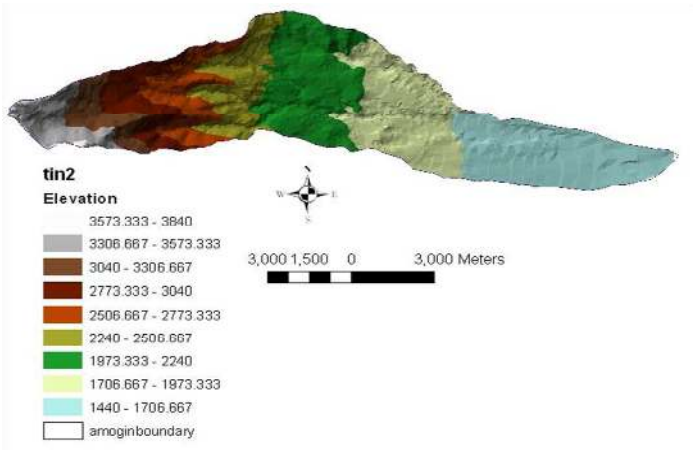
منطقه مورد مطالعه

این تحقیق در استان اردبیل حوضه آبخیز عموقین در موقعیت جغرافیایی، ″۵۹ ′۵۳ °۴۷ تا ″۳۴ ′۱۰ °۴۸ طول شرقی ″۵ ′۱۵ °۳۸ تا ″۳۲ ′۱۵ °۳۸ عرض شمالی قرار دارد. این حوضه با مساحتی حدود ۷۸ کیلومتر مربع، روی رودخانه یدی بولیک چای شهرستان اردبیل واقع شده است. کمترین و بیشترین ارتفاع منطقه به‌ترتیب برابر ۱۴۳۶ و ۳۸۴۸ متر است و قسمت قابل توجهی از منطقه را کاربری کشاورزی آبی و دیم با شیب ۱ تا ۲۵ درصد تشکیل می‌دهد. زون زمین ساختی آتشفشانی دوران سوم قرار دارد که آتشفشان‌های جدید نئوژن و کواترنر روی سنگ های آتشفشانی قدیمی‌تر قرار دارند (رسول‌زاده وهمکاران، ۱۳۹۴). در تجزیه و تحلیل های هیدرولوژیک از آمار ایستگاه

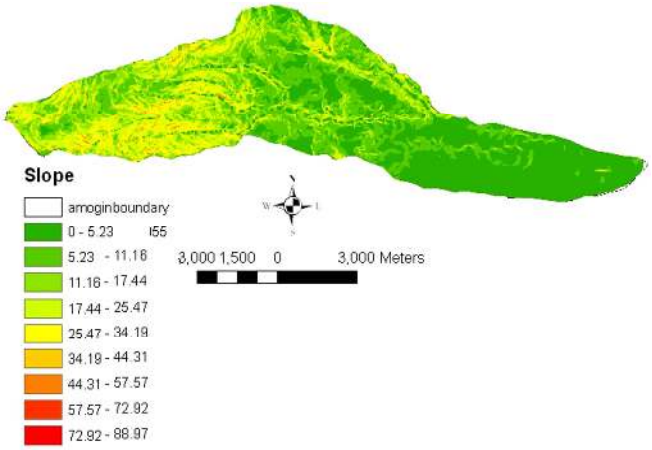
هیدرومتری عموقین در خروجی حوضه و ایستگاه باران‌سنجی آتشگاه و سرعین در مجاورت حوضه استفاده شده است. شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه را در نقشه ایران نشان می‌دهد. جهت انجام مطالعات فیزیوگرافی از نقشه ۱:۲۵۰۰۰ حوضه و همچنین نرم افزار WMS استفاده شد. براساس مطالعات فیزیوگرافی انجام شده، مساحت حوضه برابر ۷۸ کیلومتر مربع بوده و محیط حوضه برابر ۵۸۲۱۷ متر محاسبه شد. طول شاخه اصلی رودخانه برابر ۲۰۷۱۵ متر و متوسط ارتفاع حوضه برابر ۲۲۱۹ متر محاسبه گردید. شیب متوسط حوضه برابر ۰/۰۱۲۲۹ متر بر متر و ضریب شکل حوضه برابر ۵/۷۷ متر مربع بر متر مربع و ضریب سینوسی آن برابر ۰/۹۷ برآورد گردید. شکل ۲ نقشه رقومی ارتفاع حوضه و شکل۳ نقشه شیب حوضه را نشان می‌دهد.



شکل۱: موقعیت حوضه آبخیز عموقین در استان اردبیل و کشور



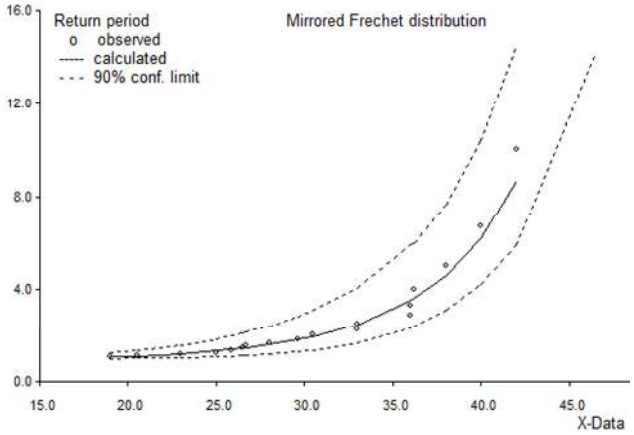
شکل ۲: نقشه رقومی ارتفاع حوضه عموقین.



شکل۳: نقشه شیب اراضی حوضه عموقین

مطالعات دوره بازگشت بارندگی و انتخاب باران طرح

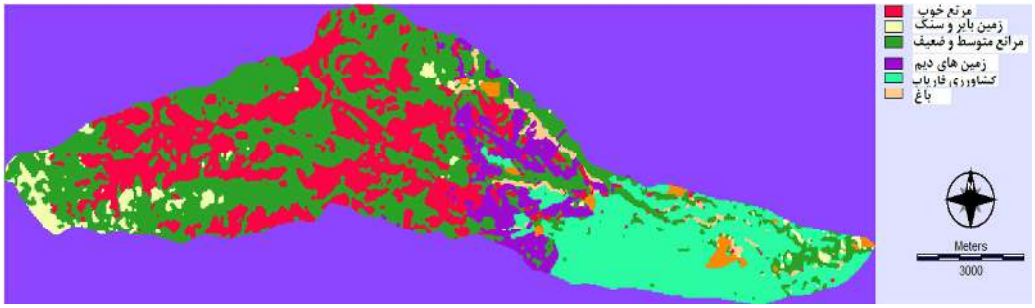
برای بررسی آبدهی سالیانه طرح از برنامه CUMfreq استفاده‌شد و میزان بارندگی احتمالی با دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه گردید. انواع توزیع‌های آماری ازجمله توزیع‌های نرمال، لوگ پیرسون، لوگ نرمال دو و سه پارامتری برای توزیع داده‌های بارندگی سالانه بررسی شد و مناسب‌ترین توزیع برای برآورد باران طرح با دوره‌های بازگشت مختلف به‌دست آمد. مناسب‌ترین توزیع آماری محاسبه شده برای حداکثر بارندگی ایستگاه باران‌سنجی آتشگاه، توزیع فریشه آینه‌ای با متوسط قدرمطلق اختلاف مقادیر مشاهداتی و محاسباتی به میزان ۲ درصد وR^2= ۹۹ درصد به‌دست آمد. شکل۴ توزیع حداکثر بارنگی سالانه ۲۴ ساعته در ایستگاه آتشگاه را نشان می‌دهد. در این مطالعه با توجه به آنکه زمان تمرکز حوضه مورد نظر کمتر از ۶ ساعت است، لذا تداوم بارش طرح برابر۶ ساعت منظورگردید. زمان تمرکز حوضه طبق روش SCS برابر ۱/۲۲ ساعت و طبق روش کرپیچ برابر ۳/۸۱ ساعت محاسبه گردید. بنابراین حداکثر باران ۶ ساعته با دوره بازگشت ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال به‌ترتیب برابر ۳۲، ۳۴ و ۳۶ میلی‌متر برآورد گردید.



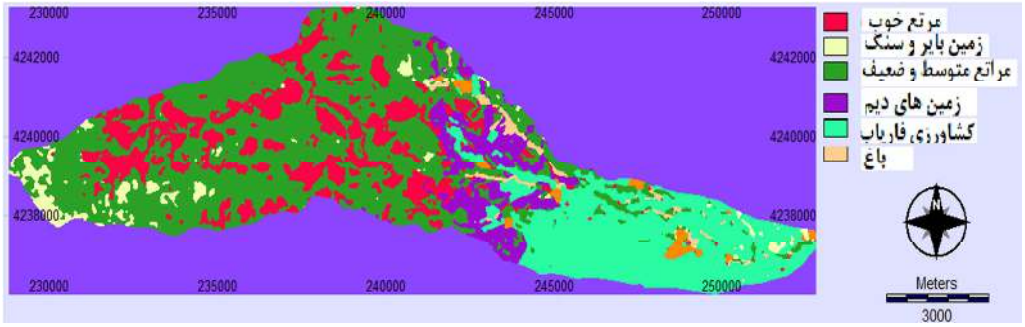
شکل۴: توزیع احتمال فریشه آینه‌ای بارندگی ۲۴ ساعته ایستگاه آتشگاه

تعیین شماره منحنی

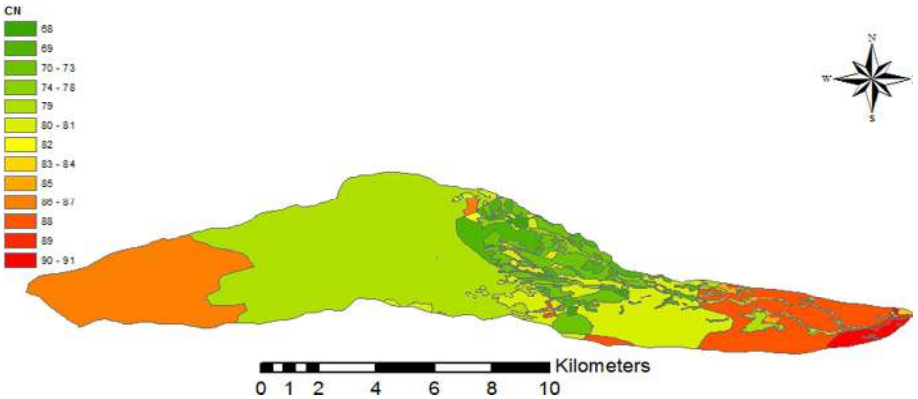
در این تحقیق از داده‌های سنجنده OLI ماهواره لندست، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ رقومی سازمان نقشه‌برداری، نقشه‌های زمین‌شناسی، جداول استاندارد SCS، نقشه‌های پوشش گیاهی، کاربری اراضی و دیگر اطلاعات رقومی چاپ‌شده موجود منطقه و نرم افزارهای GIS و RS استفاده شده است. برای تهیه نقشه کاربری‌اراضی، ابتدا به کمک تصاویر ماهواره لندست ۸ و تحلیل آن‌ها در نرم افزار Idrisi32، نقشه اولیه کاربری‌اراضی تهیه شد. نقشه کاربری اراضی حوضه برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ به‌ترتیب در اشکال ۵ و ۶ نشان داده شده است. این نقشه شامل لایه‌های رقومی مناطق مسکونی، پوشش گیاهی، مسیل و جاده است. سپس در نرم افزار GIS، نقشه گروه هیدرولوژیکی و نقشه کاربری اراضی را با هم تلفیق کرده با انجام محاسبات مربوطه نقشه شماره منحنی به‌دست آمد. به این ترتیب، مقدار CN برای زیرحوضه عموقین برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ محاسبه گردید که به‌ترتیب برابر ۷۶/۴ و ۷۸/۷ تخمین زده شد. لازم به ذکر است که خاک‌های حوضه از لحاظ هیدرولوژیکی جزء گروه C،B و D می‌باشند و برآوردها در شرایط رطوبتی متوسط صورت گرفته است. شکل ۷ و ۸ نقشه شماره منحنی را در حوضه آبریز عموقین در طول دوره مورد مطالعه نشان می‌دهد.



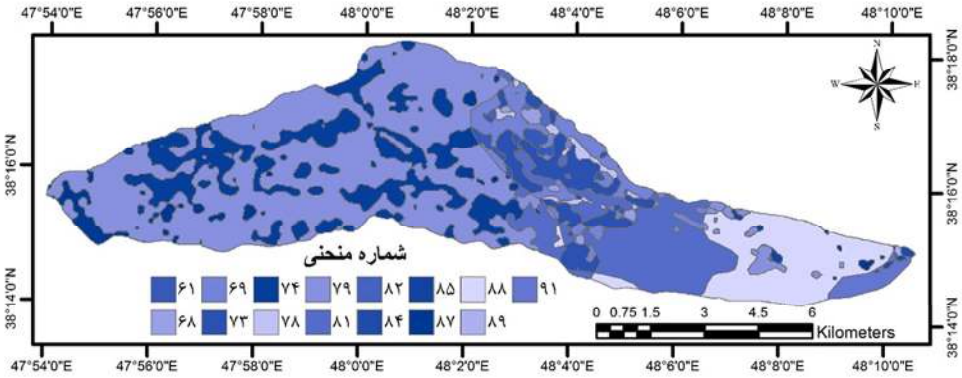
شکل۵: نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز عموقین در سال۲۰۰۰



شکل۶: نقشه کاربری اراضی حوضه آبریز عموقین در سال۲۰۱۵



شکل ۷: نقشه شماره منحنی حوضه آبریز عموقین سال۲۰۰۰



شکل ۸: نقشه شماره منحنی حوضه آبریز عموقین سال۲۰۱۵

شاخص‌های آماری

جهت مقایسه داده‌های برآورد شده با داده‌های مشاهداتی دبی حداکثر سیلاب از محک‌های آماری ریشه میانگین مربعات خطا و درصد خطای نسبی استفاده شد.

- درصد خطای نسبی

این پارامتر برحسب درصد بیان می‌شود و از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$RE = \frac{\sqrt{\sum (Q_i - Q_m)^2}}{\sum Q_i} \quad (۱)$$

که در این رابطه، Q_i: مقدار مشاهداتی و Q_m مقدار پیش‌بینی شده می‌باشد که در آن i= 1…, n آکه n تعداد داده‌های مشاهداتی می‌باشد.

- محاسبه ریشه میانگین مربعات خطا

این معیار تطابق کلی بین داده‌های مشاهداتی و مدل‌سازی شده را بیان می‌کند، دارای مقادیر بزرگ‌تر و یا مساوی صفر بوده و دارای حد بالا نمی‌باشد و مقدار آن برای یک مدل کامل برابر با صفر می‌باشد و همچنین خطاها را به صورت وزنی محاسبه می‌کند و از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Q_i - Q_m)^2}{n}} \qquad (۲)$$

Q_i مقدار مشاهداتی و Q_m مقدار پیش‌بینی شده می‌باشد که در آن i= 1…, n که n تعداد داده‌های مشاهداتی می‌باشد.

نتایج و بحث

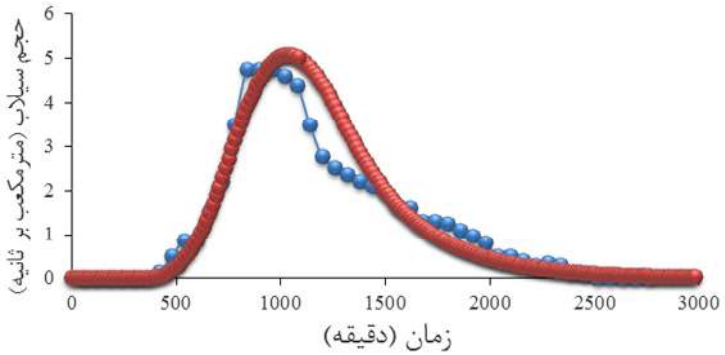
واسنجی مدل

واسنجی فرایندی است که مقادیر پارامترهای معرفی شده به مدل، با هدف دسترسی به نتایج همگون با داده‌های واقعی و طبیعی تصحیح می‌شود. در این مرحله پارامترهای مدل با یک گروه از داده‌ها، واسنجی می‌گردد. سپس اعتباریابی مدل از طریق اجرای مدل با پارامترهای بهینه‌شده برای گروه دوم داده‌ها انجام و نهایتاً هیدروگراف شبیه‌سازی با هیدروگراف مشاهده‌شده مقایسه می‌شود. اکثر مدل‌های هیدرولوژی، نیاز به تطبیق و تعدیل پارامترهای کنترل‌کننده فرآیندها دارند و پارامترهای منحنی توزیع بارندگی، ضریب تلفات اولیه و زمان تمرکز حوضه تعدیل می‌گردد تا زمانی که دبی مشاهداتی با دبی شبیه‌سازی به اختلاف خطای کمتر از ۱۰درصد برسند و برای نیل به این هدف، مقادیر هر یک از پارامترهای ورودی تغییر می‌نماید.

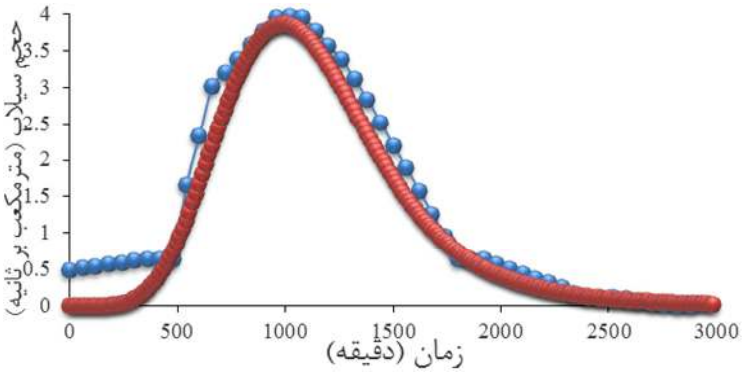
با توجه به مطالب بیان‌شده، در این پژوهش در مرحله واسنجی، شبیه‌سازی با خطای کمتر از ده درصد برای وقایع مورد نظر انجام شد. در این بررسی از سه واقعه بارش برای واسنجی مدل HEC-1استفاده شد که مقادیر محاسبه شده توسط مدل در مرحله واسنجی در جدول ۱ نشان داده شده است. در تحقیق رئوف و حبیبی (۱۳۹۵) نیز روش HEC-1نسبت به سایر روش‌های موجود در مدل WMS، از دقت بیشتری در برآورد دبی و حجم سیلاب در حوضه برخوردار بود لیکن دقت مدل با افزایش دوره بازگشت کاهش داشت که با نتایج این تحقیق مغایرت دارد زیرا میزان خطای دقت پیش‌بینی مدل با افزایش دبی بیشینه ارتباط معنی‌داری نشان نداد. تایید دقت روش HEC-1نسبت به روش‌های دیگر در تحقیق میرزایی و همکاران (۱۳۹۴) نیز بیان شده است. در اشکال ۹ و ۱۰هیدروگراف سیلاب‌های برآورد شده و اندازه‌گیری شده در مرحله واسنجی نرم افزار WMS را نشان می‌دهد.

جدول ۱: وقایع متناظر برای واسنجی مدل

تاریخ رخداد متناظر	میانگین بارش (mm)	دبی پیک اندازه گیری شده (m^3/s)	دبی پیک شبیه سازی شده (m^3/s)	زمان تأخیر (hr)
۱۹۹۸/۵/۷	۱۹/۴	۴/۷۶	۵/۰۹	۹
۱۹۹۹/۱/۲۵	۱۷/۸	۳/۹۶	۳/۷۸	۱۰
۱۹۹۷/۸/۱	۶/۹	۱/۹۸	۱/۳۱	۴



شکل۹: هیدروگراف سیلاب برآورد شده و اندازه‌گیری شده در مرحله واسنجی مربوط به رخداد اول



شکل ۱۰: هیدروگراف سیلاب برآورد شده و اندازه‌گیری شده در مرحله واسنجی مربوط به رخداد دوم

اعتبار سنجی مدل

کارایی مدل در شبیه‌سازی هیدروگراف سیل در مرحله اعتبارسنجی نشان داده می‌شود تا بتوان از نتایج حاصل از مدل‌ها در طرح‌های منابع آب خاک و همچنین مسائل مربوط به آبخیزداری استفاده کرد. لذا پس از واسنجی مدل، اعتبارسنجی مدل از طریق اجرای مدل با پارامترهای بهینه‌شده برای دو رویداد دیگر بارش- رواناب انجام گردید که نتایج آن در جدول۲ نشان داده شده است. جهت مقایسه داده‌های برآورد شده با داده‌های مشاهداتی دبی حداکثر

سیلاب در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی از محک‌های آماری درصد خطای نسبی و ریشه میانگین مربعات خطا استفاده شد که نتایج در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول۲: نتایج وقایع متناظر در مرحله اعتبار سنجی مدل WMS

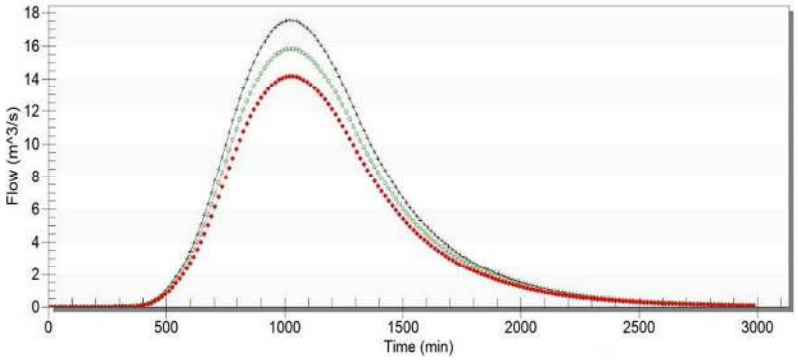
تاریخ رخداد متناظر	میانگین بارش (mm)	دبی پیک اندازه گیری شده (m^3/s)	دبی پیک شبیه سازی شده (m^3/s)	زمان تأخیر (hr)
۲۰۰۰/۱/۱۵	۱۰/۶	۲/۲	۲/۲۷	۱۲
۱۹۹۹/۱۲/۲۵	۵/۱	۰/۷	۰/۷۲	۵

جدول۳: مقادیر خطاهای مشاهداتی و برآورد شده توسط نرم افزار WMS

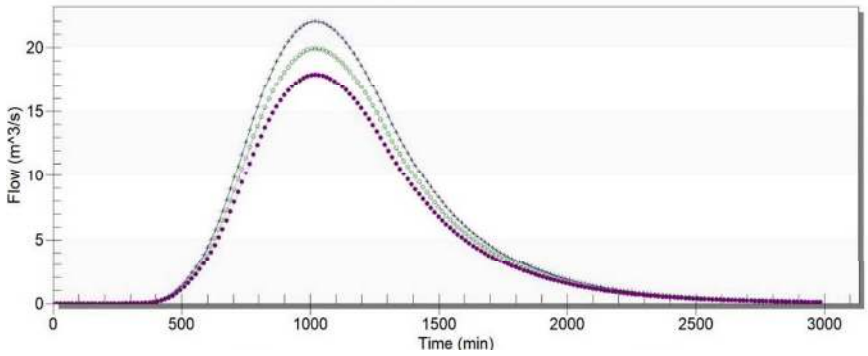
آماره اندازه گیری شده	درصد خطای نسبی(درصد)	ریشه میانگین مربعات خطا(m^3/s)
مرحله واسنجی	۷/۱۷	۰/۴۴
مرحله اعتبار سنجی	۲/۵۱	۰/۰۴۲

برآورد سیلاب حوضه با دوره بازگشت‌های مختلف در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵

جهت تخمین حداکثر سیلاب این حوضه به روش SCS از بارش حداکثر شش ساعته که از توابع توزیع احتمالاتی به‌دست آمده بود استفاده شد. پس از تعیین مقدارشماره منحنی حوضه که متوسط آن برای سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ به‌ترتیب برابر ۷۶/۴ و ۷۸/۷ محاسبه گردید و حداکثر دبی سیلاب با دوره بازگشت‌های مختلف به‌دست آمد که به ترتیب در اشکال ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است.



شکل۱۱: هیدروگراف سیل حوضه عموقین با دروره بازگشت‌های ۵۰،۲۵ و ۱۰۰ سال برای سال ۲۰۰۰



شکل۱۲: هیدروگراف سیل حوضه عموقین با دروره بازگشت‌های مختلف ۵۰،۲۵ و ۱۰۰ سال برای سال ۲۰۱۵

نتایج برآورد سیلاب روش HEC-1 در WMS در در دوره مورد مطالعه در جدول۴ بیان شده است. همان‌طور که در اشکال ۱۱و ۱۲ نشان داده شده است، زمان پایه هیدروگراف سیل در کلیه موارد یکسان بوده و با افزایش دوره بازگشت زمان رسیدن به دبی اوج تغییر نمی‌نماید و در حدود ۱۷ ساعت می‌باشد که با هیدروگراف‌های سیلاب‌های صورت گرفته در منطقه همخوانی دارد. این مسئله در تحقیق شنانی هویزه و همکاران(۱۳۹۵) نیز مشاهده شده است، ایشان بیا نمودند که اگرچه با افزایش شماره منحنی به دلیل تغییر کاربری اراضی، میزان بیشینه سیلاب افزایش می یابد ولیکن زمان رسیدن به دبی اوج افزایش نمی یابد. نتایج این تحقیق با تحقیقات انجام شده دیو و همکاران(۲۰۱۲) و سانیال و همکاران(۲۰۱۴) در این زمینه مطابقت دارد. همچنین با افزایش دوره بازگشت همانطور که در اشکال مربوط به هیدروگراف‌های سیل مشخص است، زمان پایه هیدروگراف سیل تقریبا یکسان بوده و تغییر شماره منحنی طی سالیان ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۵ تاثیری بر زمان پایه هیدروگراف نداشته است. باتوجه به رابطه شماره منحنی-رواناب، از آنجا که با افزایش شماره منحنی، میزان ذخیره کاهش یافته و مقدار سیلاب افزایش می‌یابد، همانطوری که در اشکال۱۱و ۱۲مشاهده می‌گردد، در حالتی که مقدار شماره منحنی از سال ۲۰۰۰ که مقدار آن ۷۶/۴ محاسبه گردید به مقدار ۷۸/۷ در سال ۲۰۱۵ افزایش یافت، مقدار سیل ایجاد شده در حوضه عموقین به‌ترتیب برای دوره بازگشت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال، ۲۲، ۲۶ و ۲۵/۵ درصد افزایش یافت. و این بیانگر آنست که افزایش شماره منحنی به میزان سه درصد می‌تواند تاثیر چند برابری در حجم سیلاب ایجاد شده داشته باشد که این موضوع در سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های بالاتر می‌تواند صدمات مالی و جانی فراوانی به‌همراه داشته باشد. این موضوع، با نتایج تحقیق مقدسی و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد در تحقیق ایشان نیز افزایش ۵ درصدی شماره منحنی باعث افزایش ۶۰ درصدی دبی اوج در حوضه مطالعاتی گردید. با مقایسه بین یافته‌های حاصل از تحلیل حداکثر سیلاب در مدل WMS در مرحله واسنجی و اعتبارسنجی، می‌توان نتیجه گرفت که یافته‌های حاصل از دبی سیلاب برآورد شده از نظر زمان رسیدن به نقطه اوج تطابق مناسبی با هیدروگراف‌های مشاهده شده در حوضه آبریز عموقین دارد و اگرچه این زمان با افزایش میزان بارندگی، افزایش می‌یابد، لیکن در سیلاب‌های با دوره بازگشت مطالعه شده، این مقدار ثابت شده و در حدود ۱۰۲۰ دقیقه ثابت می‌گردد. همچنین وجود بیش‌برآوردی در نرم افزار WMS را می‌توان به مباحث مربوط به ارتفاعات در منطقه مورد مطالعه و ضریب زهکشی منطقه مرتبط دانست و از آنجا که در مدل

مورد مطالعه، بارندگی در سطح منطقه یکنواخت درنظر گرفته شده است می‌تواند در نتایج شبیه‌سازی مدل ایجاد خطا نماید. مشکل دیگری که در شبیه‌سازی فرایند سیلاب در حوضه‌های آبریز با استفاده از نرم افزار WMS وجود دارد، مسئله در نظر گرفتن متوسط شماره منحنی برای کل منطقه است. از آنجا که شماره منحنی در سطح منطقه متفاوت است، لذا در نظر گرفتن شماره منحنی یکسان و به طبع آن نفوذ و رواناب یکسان در سطح کل حوضه، می‌تواند نتایج شبیه‌سازی را از واقعیت دور نماید. بنابراین لازم است در شبیه‌سازی‌های انجام شده توسط مدل مذکور داده‌های سیلاب و وقایع متناظر در سطح منطقه به‌دقت مورد بررسی قرار گرفته و حتی توزیع پراکنش زمانی بارندگی‌ها در سطح منطقه به‌عنوان ورودی‌های مدل لحاظ گردد تا بتوان به نتایج دقیق‌تری و قابل اعتمادتری دست یافت. از آنجا که قله هیدروگراف در زیر حوضه‌های کشیده، پهن‌تر از سایر زیرحوضه‌ها می‌باشد و دبی سیلابی در واحد سطح آن‌ها کمتر از سایر زیر حوضه‌ها می‌باشد. در نتیجه زمان رسیدن به اوج آن‌ها طولانی‌تر می‌گردد. برعکس زیر حوضه‌های دایروی شکل، دبی سیلابی آن‌ها در واحد سطح بیشتر بوده و در زمان کوتاهی به دبی اوج می‌رسند و هیدروگراف آن‌ها نوک تیزتر می‌گردد. با توجه به هیدروگراف‌های شبیه‌سازی شده حوضه آبخیز عموقین می‌توان گفت که این هیدروگراف‌ها حالت کشیده داشته و زمان نسبتا زیادی طول می‌کشد تا سیلاب به دبی اوج خود برسد. همچنین از آنجا که شیب متوسط حوضه عموقین کم بوده و این مسئله نیز در افزایش زمان لازم برای خروج رواناب از حوضه(زمان پایه هیدروگراف) نقش دارد، لذا یکی از دلایل بالا بودن زمان پایه هیدروگراف حوضه عموقین را می‌توان به کم بودن شیب عمومی حوضه مرتبط دانست. با توجه به آنکه نسبت انشعاب حوضه‌ها معمولا بین ۳ تا ۵ نوسان دارد، تراکم شبکه آبراهه‌های حوضه عموقین نسبتا زیاد است (۴/۵) و علاوه براین، نسبت انشعاب حوضه نیز نسبتا زیاد است(۱/۱)، بنابراین انتظار می‌رود که شکل هیدروگراف خروجی سیل حالت پهن‌تری داشته باشد و بخش های مختلف حوضه با روندی ثابت در هیدروگراف خروجی نقش داشته باشند که در اشکال (۱۱) و (۱۲) مشاهده می‌شود. با بررسی ضریب شکل حوضه که مقدار آن (۵/۷۷) است و درنظر گرفتن ضریب سینوسی(۰/۹۷) حوضه، می‌توان نتیجه گرفت که شکل حوضه مذکور انحراف زیادی از شکل دایروی داشته و این خود باعث افزایش زمان تمرکزشده و زمان تاخیر حوضه می‌گردد. تغییر کاربری اراضی در منطقه نشان داد که مراتع خوب به میزان ۳۳ درصد در طی ۱۵ سال کاهش داشته است در حالیکه مراتع متوسط و ضعیف به میزان ۱۵ درصد افزایش داشته است. همچنین اراضی فاریاب در سطح حوضه معادل ۱۳ درصد افزایش یافته است و اراضی دیم و باغات نیز به ترتیب دو و سه درصد افزایش داشته است. بر این اساس می‌توان بیان نمود که روند تغییر کاربری اراضی، تبدیل مراتع خوب به اراضی فاریاب و مراتع متوسط می‌باشد. کاهش مراتع خوب را می‌توان به دلیل تمایل کشاورزان روستای عموقین، به تبدیل زمین‌های دیم خود به اراضی فاریاب در قسمت شرقی حوضه دانست و کاهش نزولات جوی و تغییر اقلیم منطقه و چرای بی‌رویه دام را از عوامل اصلی تنک شدن مراتع این قسمت حوضه دانست. از آنجا که این قسمت حوضه در حاشیه روستای عموقین واقع شده است، در واقع علت اصلی کاهش کیفیت مراتع حوضه را می‌توان گسترش فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مرکزی و شرقی حوضه قلمداد نمود. گسترش زراعت آبی به خوبی در نقشه‌های کاربری اراضی در اشکال ۵ و ۶ مشاهده می‌گردد و نشان‌دهنده گسترش فعالیت‌های کشاورزی به ارتفاعات میانی حوضه می‌باشد. افزایش فعالیت‌های کشاورزی و گسترش آن در مراتع که باعث افزایش ریسک سیلاب و

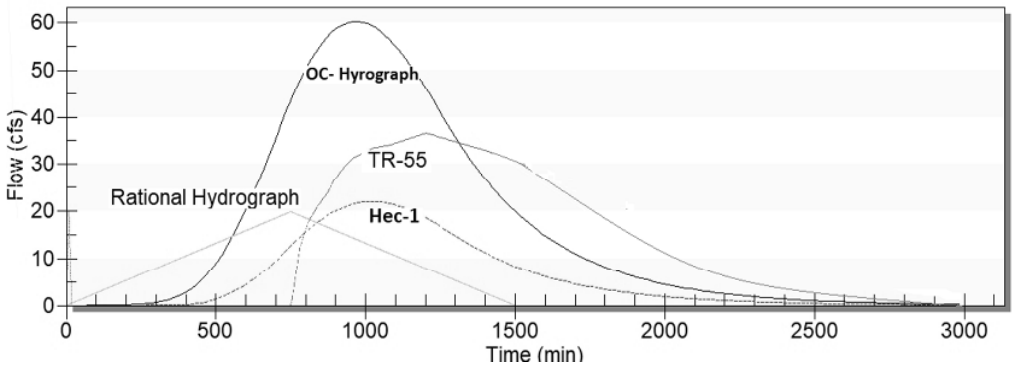
فرسایش می‌شود در اکثر حوضه‌های ایران به‌عنوان عامل اصلی تخریب مراتع، شناخته می‌شود و در تحقیق شنانی هویزه و همکاران (۱۳۹۵) نیز به این موضوع اشاره شده است. نکته دیگری که تفسیر تغییرات کاربری اراضی در سطح حوضه روشن می‌سازد، ضعیف شدن مراتع در مکان‌هایی است که غالب گروه هیدرولوژیک زمین‌های آن از نوع D بوده و از پتانسیل فرسایش‌پذیری بالایی برخوردار می‌باشند. در این مناطق که از شیب نسبتا بالایی نیز برخوردار می‌باشند و مناطق مرکزی و غربی دشت را شامل می‌شوند، روند به هم پیوستگی مراتع ضعیف در طی دوره آماری به دلیل گسترش سطح این مناطق دیده می‌شود. علاوه بر این، این مناطق با داشتن شیب غالب شمال به جنوب که به سمت رودخانه اصلی حوضه می‌باشد، می‌تواندکانون فرسایش و سیلاب منطقه گردد. از آنجاکه، نحوه مشارکت بخش های مختلف حوضه‌ها در سیل خروجی، لزوماً یکنواخت نبوده و مکانهای با شیب بیشتر و نزدیک به رودخانه اصلی حوضه، ضرورتا تأثیر بیش‌تری در سیل خروجی حوضه ندارد. لذا برای هرگونه عملیات کنترل سیل و یا کاهش دبی اوج در خروجی حوضه، باید نـحوه تأثیر بخش‌های مختلف حوضه را با توجه به پوشش گیاهی و شیب آن و دوری و نزدیکی آن به آبراهه‌های اصلی، تعیین نموده و سپس برای اقدامات آبخیزداری در منطقه تصمیم گیری نمود این مسئله با تحقیق امیر احمدی و همکاران(۱۳۹۴) مطابقت دارد. براساس تحقیق اسمعلی و همکاران (۱۳۹۷)، نوع خاک و متوسط شیب زیرحوضه‌ها عامل اصلی تولید رسوب می‌باشند و با توجه به اینکه در قسمت‌های مرکزی حوضه روند کاهش کیفیت پوشش گیاهی دیده می‌شود و با توجه به خصوصیات مورفولوژیکی حوضه، این قسمت از اراضی، مستعد فرسایش‌پذیری و سیل‌خیزی می‌باشند، لذا اقدامات پیشگیرانه در این نواحی لازم و ضروری می‌باشد. تاثیر تغییر کاربری اراضی و تنک شدن مراتع در تحقیقات محمدی و همکاران (۱۳۹۴) و یاری و همکاران (۱۳۸۹) نیز بیان شده است. برای مقایسه نتایج روش Hec-1 با چند روش دیگر برآورد سیلاب در مدل WMS، همانطور که در شکل ۱۳ نشان داده شده است، روش OC-Hydrograph مقدار بیشینه سیلاب را معادل ۶۰/۲ متر مکعب بر ثانیه برآورد نمود که تقریبا سه برابر روش Hec-1 برای بارنگی با دوره بازگشت صد سال در منطقه مورد مطالعه می باشد. روش TR-55 نیز مقدار بیشینه سیلاب را برابر ۳۶/۶۲ متر مکعب بر ثانیه برآورد نمود که تقریبا ۶۶ درصد بیشینه سیلاب را بیشتر برآورد نموده است. در این روش حجم سیلاب برابر ۴۴ میلیون متر مکعب برآورد شده که در مقایسه با روش Hec-1 که ۳۶ میلیون متر مکعب می باشد دارای بیش برآورد است اما در مقایسه با روش OC-Hydrograph که مقدار بیشینه سیلاب را ۱۰۱ میلیون متر مکعب برآورد کرده دقیق‌تر بوده و در مقایسه با روش هیدروگراف استدلالی[1] که حجم سیلاب را ۳۱ میلیون متر مکعب برآورد نموده از دقت کمتری برخوردار می‌باشد. به طور کلی در مقایسه این سه روش با روش Hec-1 می توان نتایج روش هیدروگراف استدلالی را نزدیکتر به روش Hec-1 دانست اگرچه در این روش زمان اوج سیلاب کمی کمتر از روش Hec-1 برآورد می گردد. از آنجا که روش Hec-1 برپایه حداکثر بارش‌های ۶ ساعته برای حوضه های با زمان تمرکز کمتر از ۶ ساعت می‌باشد، در صورتیکه روندیابی سیل برای بارانهای با مدت زمان کمتر یا بیشتر از ۶ ساعت مدنظر باشد می بایست با توجه به هیدروگراف واحد استخراج

[1] – Rational Hydrograph

شده برای حوضه مورد نظر و استفاده از روش SCS، هیدروگراف سیلاب مربوط به باران را برآورد نمود. در این رابطه می توان از هیدروگرافهای مصنوعی دیگری چون اشنایدر و کلارک نیز استفاده نمود.

جدول۴: نتایج دبی سیلاب متناظر با دروره بازگشت‌های مختلف در دوره آماری

روش محاسبه سیلاب	دوره بازگشت(سال)	سال ۲۰۰۰		سال ۲۰۱۵	
		دبی سیلاب (M^3/S)	حجم سیلاب (M^3)	دبی سیلاب (M^3/S)	حجم سیلاب (M^3)
روش HEC-1	۲۵	۱۴/۱۷	۶۶۰۸۲۵	۱۷/۹۳	۸۳۵۷۹۷
	۵۰	۱۵/۸۳	۷۳۸۲۶۰	۱۹/۹۳	۹۲۹۲۹۱
	۱۰۰	۱۷/۵۵	۸۱۸۶۰۹	۲۲	۱۰۲۵۷۰۵



شکل۱۳: مقایسه نتایج حاصل از روش Hec-1 با روش‌های دیگر برآورد سیل در حوضه عموقین برای بارندگی با دوره بازگشت ۱۰۰ سال

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به‌دست آمده از مرحله واسنجی و اعتبارسنجی حاصل از رویدادهای بارندگی – رواناب در سطح حوضه، مدل WMSبرآوردهای قابل قبولی از میزان سیل حوضه مورد مطالعه ارائه نمود و نتایج مرحله اعتبار سنجی دقیق‌تر از مرحله واسنجی به دست آمد. لیکن کسب نتایج مناسب از مدل مذکور، نیاز به واسنجی دقیق این نرم افزار دارد. روش HEC-1 ارائه شده در مدل مذکور، جهت برآورد مناسب میزان سیل درمنطقه، حساسیت بالایی به توزیع بارندگی در سطح حوضه نشان داد که نزدیک کردن توزیع بارندگی به توزیع بارندگی در سطح حوضه خصوصیات سیل ایجاد شده را در مرحله واسنجی مدل به وقایع سیل منطقه نزدیک نمود. نتایج تفسیر تصاویر ماهواره‌ای در رابطه با تغییر کاربری اراضی، کاهش کیفیت مراتع و تغییر کاربری مراتع به زمین‌های کشاورزی را نشان داد که این تغییرات در مناطقی از حوضه اتفاق افتاده است که بیشترین پتانسیل سیل‌خیزی و فرسایش را به دلیل میزان و جهت شیب دارا می‌باشند و در طول دوره آماری مطالعه شده میزان شماره منحنی در حوضه به میزان سه درصد

افزایش نشان داد که این موضوع، افزایش ۳۰ درصدی سیل را سبب شد. لذا تمهیدات بازدارنده جهت جلوگیری از تغییر کاربری اراضی در این مناطق حوضه لازم و ضروری است.

تقدیر و تشکر

این مقاله با حمایت معاونت محترم پژوهشی دانشگاه محقق اردبیلی طی قرارداد طرح شماره ۲۲۵۰ مورخ ۱۳۹۶/۱۲/۲۳ تهیه شده است و بدینوسیله از ایشان قدردانی می‌شود.

منابع

اسمعلی عوری، اباذر؛ میرزایی، یداله؛ مددی، عقیل(۱۳۹۷). برآورد میزان فرسایش خاک و رسوبدهی با بهره‌گیری از مدل بارش-رواناب WMSمطالعه موردی: حوضه آبخیز سعدل- استان آذربایجان غربی). مخاطرات محیط طبیعی، جلد ۷، شماره۱۷، صص ۱۸-۱.

امیراحمدی، ابوالقاسم؛ محمدنیا، ملیحه؛ گلشنی، نگار (۱۳۹۴). تحلیل حساسیت متغیرهای ژئومورفولوژی موثر بر سیلاب با استفاده از مدل HEC-HMSمورد مطالعه: زرچشمه هونجان- استان اصفهان. هیدروژئومورفولوژی، جلد ۱، شماره۳، صص ۴۲-۲۱.

رسول زاده، علی؛ آذرتاج، الناز؛ فرضی، پریسا (۱۳۹۴). ایجاد و بررسی مدل‌های مختلف تحلیل منطقه‌ای تناوب سیلاب تابعی از دوره بازگشت (مطالعه موردی: استان اردبیل)، مجله علمی تخصصی مهندسی و مدیریت ساخت، جلد ۲۲، شماره۴، صص ۲۶۸-۲۶۱.

رئوف، مجید؛ حبیبی، رضا (۱۳۹۵). برآورد حداکثر دبی سیلاب حوضه هیرچای با استفاده از WMS، اولین همایش ملی معماری و شهرسازی (اندیشه، نظریه ها و روش‌ها)، ملایر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ملایر.

شعبانی بازنشین، آرمان؛ عمادی، علیرضا؛ فضلاولی، رامین (۱۳۹۵). بررسی پتانسیل سیلخیزی حوضههای آبخیز و تعیین مناطق مولد سیل (مطالعه موردی: حوضه آبخیز نکا). پژوهشنامه مدیریت حوضه آبخیز سال هفتم، شماره ۱. صص۲۸-۲۰

شنانی هویزه، سیده مائده؛ زارعی، حیدر؛ رمضانی، حبیب (۱۳۹۵). بررسی اثر تغییرات کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل (مطالعه موردی: حوضه آبریز ابوالعب، علوم و مهندسی آبیاری، جلد ۴۰، شماره۱، صص ۲۲۹-۲۱۹.

خسروشاهی، محمد؛ ثقفیان، بهرام(۱۳۸۲). بررسی نقش مشارکت زیرحوضه‌های آبخیز در شدت سیل‌خیزی حوضه. مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۵۹. صص ۷۵-۶۷.

گنبدی، مجید. (۱۳۸۴). بررسی پتانسیل تولید سیل در حوضه آبخیز کسیلیان در البرز شمالی با نرم افزارWMS پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه مازندران،۹۷ صفحه.

محمدی، مجتبی؛ شیخ، واحدبردی؛ سعدالدین، امیر(۱۳۹۴). مدل سازی اثر تغییر کاربری اراضی بر هیدروگراف سیل (مطالعه موردی: حوزه آبخیز جعفرآباد، استان گلستان). نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. جلد ۲۲، شماره۵، صص ۱۸۵-۱۷۱.

میرزایی، سجاد؛ رئوف، مجید؛ رسول‌زاده، علی؛ پوراسکندر، ساناز (۱۳۹۴)، شبیه‌سازی هیدروگراف سیلاب رودخانه حوضه آتشگاه استان اردبیل با بهره‌گیری از الگوی بارش بهینه، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب وخاک، جلد ۲۵، شماره ۵. صص ۸۰-۶۳.

یاری، رضا؛ علی، کهنه؛ نادر، جندقی؛ فرزانه، خجسته (۱۳۸۹). بررسی تأثیر تغییر کاربری اراضی بر ضریب رواناب سطحی و دبی اوج سیلاب در دوره بازگشت‌های مختلف (مطالعه موردی: حوزه آبخیز النگدره گرگان)، ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، نور، دانشگاه تربیت مدرس.

یوسفی مبرهن، ابراهیم؛ فرهمند، کامبخش؛ فهیم، نفیسه؛ فهیم، عماد (۱۳۹۵). کارایی روش منحنی‌های تداوم جریان در صحت‌سنجی مدل هیدرولوژیکی (مطالعه موردی: حوضه آبخیز زولاچای). دانش آب و خاک، جلد ۲۶، شماره۲، صص ۱۱۳-۱۰۱.

Brouwer, R., &Van, E.K., (2004). Reintegrated ecological, economic and social impact assessment of alternative flood control policies in the Netherlands. Ecological Economics, 50:1-21.

Chen, L., Huang, Z., Gong, J., Fu, B., &Huang, Y., (2007). The effect of land cover/vegetation on Soil water dynamic in the hilly area of the loess plateau, China. Catena 70, 200–208.

Du, J., Qian, L., Rui, H., Zuo, T. Zheng, D., Xu, Y. & Xu, C. Y. (2012). Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrological modeling system for Qinhuai River basin, China. Journal of Hydrology, 464–465(0), 127-139.

Hoseini, Y., Azari, A., & Pilpayeh, A., (2017). Flood modeling using WMS model for determining peak flood discharge in southwest Iran case study: Simili basin in Khuzestan Province. Applied Water Science, 7, 3355.

Lalozaee, A., Bahreini, F., Dahmardeh, Mr., Akbar pour, A., & Moghaddamnia, A.R., (2013). Efficiency Comparison HEC-1 and TR-20 Methods in Flood Hydrograph Simulation. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences, 3 (15), 1719-1729.

Moghadasi, N., Karimirad, I., & Sheikh, Vahedberdi. (2017). Assessing the Impact of Land Use Changes and Rangeland and Forest Degradation on Flooding Using Watershed Modeling System. Journal of Rangeland Science, 2017, Vol. 7, No. 2. 93-106.

Moreno-de las Heras, M., Espigares, T., Merino-Martin, L., & Nicolau, J.M., (2011). Water-related ecological impacts of rill erosion processes in Mediterranean-dry reclaimed slopes. Catena 84 (3), 114–124.

Pelletreau, A., (2004). Pricing soil degradation in uplands, the case of the Houay Pano catchment, Lao PDR. Internship Report. IRD-IWMI-NAFRI, Vientiane, Laos, 64.p append

Potter, K.W., (1991). Hydrological impacts of changing land management practices in a moderate-sized agricultural catchment, Water Resources Research, 27, 845-855.

Sanyal, J., Denmore, A, L., & carboneau, p. (2014). Analyzing the effect of land-use/cover changes at sub-catchment levels on downstream flood peaks: A semi-distributed modeling approach with sparse data. CATENA, 118, 28-40.

Sundrakumar, K., Harika, M., Aspiya Begum, SK., Yamini, S., & Balakrishna, K., (2012). Land use and land cover change detection and urban sprawl analysis of Vijayawada city using multi-temporal Landsat data. Journal of Engineering Science and Technology, 4(1), 166-174.

Wang, G.X., Liu, J.Q., Kubota, J.P., & Chen, L., (2007). Effects of land use changes on hydrological processes in the middle basin of the Heihe River, Northwest China, Hydrological Processes, 21(1010), 1370-1382.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۱۲

تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۱۹

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۱۸

صفحات: ۱۷۸ - ۱۶۳

تحلیل گسترهٔ فضایی مواد و عناصر آلاینده در محدوده شهری باقرشهر تهران

حبیب‌اله فصیحی[1]*

چکیده

دشت آبرفتی جنوب ری از دههٔ ۱۳۳۰ به واسطه نزدیکی به تهران و خطوط ارتباطی، داشتن زمین‌های هموار و منابع آب، کانون استقرار صنایع عظیمی چون پالایشگاه نفت تهران و مجموعه‌های مرتبط گردیده که آلایندگی خصلت ذاتی همهٔ آنهاست. هدف این تحقیق بررسی منابع آلایندگی و گسترهٔ فضایی عناصر آلاینده، مشتمل بر ترکیبات نفتی، نیکل، وانادیم، روی و گوگرد در هوا، خاک و گیاهان در محدوده شهری باقرشهر بوده است. محدوده مطالعاتی در ۴ کیلومتری جنوب شهر تهران قرار گرفته و ۵۵۱/۵ هکتار وسعت دارد. منبع داده‌ها، سنجش‌های مستقیم صورت‌گرفته به کارفرمایی شهرداری باقرشهر بوده که با استفاده از ابزارIDW در سیستم اطلاعات جغرافیایی میان‌یابی شده و تفسیر نتایج، از روی نقشه‌های حاصل، صورت پذیرفته است. یافته‌های تحقیق گویای سطح بالای آلودگی در هوا، خاک و گیاهان است. در نیمی از اوقات، غلظت ذرات معلق در هوا فراتر از حد استاندارد بوده و برای خاک‌ها نیز میانگین رقم mg/kg15362 ترکیبات نفتی درخاک، روشنگر شدت آلودگی‌هاست. پهنه‌بندی کلی آلاینده‌ها نشانگر آلودگی بیشتر نواحی جنوب‌شرقی شهر است که با پهنه‌بندی آلاینده‌ها در خاک انطباق زیاد داشته و با پهنه‌بندی در گیاهان نیز کم و بیش منطبق است اما با پراکندگی آلاینده‌های هوا منطبق نمی‌باشد. منشاء آلودگی‌های جوی، صنایع منطقه، عملیات بارگیری و حمل سوخت و حمل‌ونقل بوده است. نفوذ آلودگی‌ها به خاک و گیاهان کمتر از منشاء جوی بوده و عبور کانال فاضلاب وآبیاری فضای سبز با آب‌های آلودهٔ چاه‌هایی که در داخل و اطراف شهر قرار دارند در پراکنش آلودگی‌ها تاثیرگذار بوده‌اند.

واژگان کلیدی: صنعت، پالایشگاه، آلودگی، محیط زیست، باقرشهر.

[1]- استادیار دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی تهران (نویسنده مسئول) Fasihil@Khu.ac.ir

مقدمه

صنعت و شهرنشینی در کنار رفاه و آسایشی که برای جوامع بشری به ارمغان آورده، با تحمیل فشار بر طبیعت و بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی و همچنین تولید و تمرکز مواد آلاینده در آب و خاک و هوا، زندگی و سلامت انسانی و پایداری اکوسیستم‌ها را در معرض تهدید قرار داده است. از اوان انقلاب صنعتی تاکنون، بسیاری از فعالیت-های صنعتی صرف‌نظر از مکان استقرار، تاثیرات جهانی نامطلوبی بر آب‌وهوا و اکوسیستم‌های کره زمین برجا گذاشته‌اند. اما در مقیاس محلی، تاثیرات محیط‌زیستی صنعت و اثرات نامطلوب برجامانده، تا حدود زیادی به مکان-یابی آنها نسبت به سکونتگاه‌ها و مراکز استقرار جمعیت بستگی داشته است. شهرهای بزرگ و نواحی پیرامونی آنها، به واسطه امتیازات دسترسی به نیروی کار و بازار و زیرساخت‌ها و امکاناتی که معمولاً در این نواحی بهتر فراهم است، از گذشته برای مکان‌یابی صنعت جاذبه داشته‌اند و استقرار صنایع آلاینده دراطراف شهرهای بزرگ و کلان‌شهرها یکی از مهم‌ترین چالش‌های قرن گذشته و قرن جاری بوده است (حمدی و همکار،۱۳۸۹).

با تمام تمهیدات و امکاناتی که به یمن پیشرفت‌های علمی و فناورانه حاصل شده و آلایندگی صنایع و تاثیرات سوء فعالیت‌های صنعتی بر محیط زیست را تنزل داده، هنوز هم اغلب فرآیندهای صنعتی توام با تولید مواد سمی و آلاینده و زیان‌آور برای محیط زیست و سلامت انسانی بوده و سکونتگاه‌ها وجمعیت‌هایی که در جوار این صنایع قرار دارند، به‌واسطه این عوارض، تهدید می‌شوند. صنایعی چون نیروگاه‌های حرارتی برق و پالایشگاه‌ها و مجموعه‌های مکمل آنها که شامل تاسیسات و تجهیزات انبار و ذخیره مواد سوختی و فرآیند توزیع و پخش این فرآورده‌هاست به-واسطه پتانسیل بالای آلایندگی و سمیت و خطرآفرینی مواد انتشار دهنده به محیط، شاید در راس صنایع آلاینده امروز قرار داشته باشند (Environment and Climate Change Canada, 2016). نشت مواد نفتی به آب و خاک، آلودگی حرارتی و شمیایی ناشی از پساب‌ها به بسترهای آبی، انتشار گازهای آلاینده از دودکش‌ها، حوادثی که فرآیندها را از کنترل خارج می‌سازد (مثل آتش‌سوزی، شکستن و سوراخ‌شدن لوله‌های انتقال، مخازن و حوضچه‌ها، تبخیر مواد فرّار، انفجار، آتش‌سوزی و...) و آلودگی صوتی از جمله رویه‌های معمول آلایندگی فعالیت‌های صنعتی مربوط به نفت و گاز هستند (Mariano, 2009). پالایشگاه‌های اروپا به‌طور میانگین برای هر یک میلیون تن نفت خامی که تصفیه می‌کنند ۸۲-۲۰ هزار تن دی‌اکسید کربن، ۷۰-۶۰ هزار تن دی‌اکسید ازت، ۱۰-۳ هزار تن ذرات ریز معلق، ۳۰-۶ هزار تن دی‌اکسید گوگرد، ۶۰-۵۰ هزار تن مواد آلی فرّار، ۱۰-۵ میلیون تن فاضلاب و ۱۰-۲ تن مواد زائد جامد تولید می‌کنند (European Commission, 2003).

از شروع قرن بیستم حاشیه جنوب و جنوب‌شرقی شهر تهران پذیرای بسیاری از کارخانه‌ها بوده که کارخانه سیمان ری (۱۳۱۲)، کارخانه تصفیه مس غنی‌آباد (۱۳۱۶)، کارخانه روغن نباتی ورامین (۱۳۱۷) و کارخانه شیمیایی امین-آباد (۱۳۲۰) از جمله آنها هستند. با وجود ظهور خط‌مشی تمرکززدایی از دهۀ ۱۳۴۰ و تصمیم بر توزیع موزون منطقه‌ای اشتغال و کنترل جمعیت تهران و به‌طور خاص، تصویب قانون ممنوعیت احداث صنایع در ۱۲۰ کیلومتری تهران در سال ۱۳۴۶، این سیاست‌ها تنها در یک دوره زمانی خاص روند استقرار صنایع در تهران را کند نمودند اما باعث انتقال روند تمرکز صنعتی به نواحی پیرامون تهران گردیدند. سازوکارهای مربوط به اقتصاد تجمع در این دهه، زمینه را برای استقرار و تمرکز بیشتر صنایع در تهران و اطراف آن فراهم آوردند. بدین ترتیب بود که شرکت روغن

موتور بهران که در سال ۱۳۴۱ در اراضی جنوب تهران احداث گردید و در پی آن، پالایشگاه تهران که در سال ۱۳۴۷ در مساحت ۲۴۰ هکتار ایجاد شد و نیروگاه حرارتی ری که در زمینی به مساحت بیش از ۵ هکتار در جنوب پالایشگاه تهران از اواسط سال ۱۳۵۵ در دست ساخت قرار گرفت، زمینه را برای ورود صنایع بعدی به دشت‌آبرفتی و منطقه کشاورزی جنوب تهران فراهم کردند.

در سال‌های پس از پیروزی انقلاب اسلامی قطب‌ها و خوشه‌های صنعتی پیرامون تهران به‌صورت خودبه‌خودی و بدون هیچ برنامه‌ای شکل گرفتند. تاسیسات گاز مایع یکی از مهم‌ترین طرح‌های صنعتی هستند که در این زمان در شمال پالایشگاه ایجاد شده‌اند. همچنین تجمع کارگاه‌های سنگ‌بری، محدوده شهر سنگ و تجمع صنایع بازیافت و پلاستیک مجتمع صنعتی تجریشی را با بیش از ۸۰ کارگاه در هر یک در این محدوده ظاهر ساخته‌اند.

گسترش فضایی قطب صنعتی تهران موجبات تحول و پیامدهای عمیق فضایی را فراهم آورد و به تشدید شهرنشینی انجامید. اجتماعات و کانون‌های سکونتگاهی که به‌واسطه وجود این صنایع و تاثیرپذیری از نقش مرکزیت حکومتی تهران، سیل مهاجرین را به‌خود جذب نمودند و با بلعیدن زمین‌های کشاورزی و منابع طبیعی گسترش یافتند، اکنون در دام آلودگی‌های ناشی از عوامل موجده و توسعه‌دهندهٔ خود قرار گرفته‌اند. نمونه بارزی از این سکونتگاه‌ها، باقرشهر در جنوب تهران است. هدف این مقاله بررسی گستره و پراکندگی مواد و عناصر آلاینده در هوا، خاک و گیاهان در محدوده شهری این شهر و تبیین نقش مجموعه‌های صنعتی پیرامون در این رابطه است.

در خصوص آلودگی‌های محیط زیستی متاثر از صنعت و به طور خاص تاثیر پالایشگاه تهران بر آلودگی محیط پیرامون تحقیقات زیادی صورت گرفته است. گیتی‌پور و همکاران (۱۳۸۳) در تحقیقی تاثیر نشت مواد نفتی از پالایشگاه تهران بر آلودگی خاک‌های جنوب آن را بررسی نموده‌اند. این پژوهش ضمن آزمایش مکانیک خاک و سنجش آلاینده‌ها، آلودگی خاک را در بسیاری موارد فراتر از حد مجاز یافته و نشت نفت را در آن مؤثر دانسته‌است. حسنی و همکاران (۱۳۸۹) میزان مواد نفتی محلول در آبخوان زیرپالایشگاه تهران را بررسی کرده و با مقایسه داده‌ها با مقادیراستاندارد جهانی، دریافته‌اند که مقدار آلودگی بالا بوده است. ناصری و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی آلودگی‌ها در آب‌های زیرزمینی منطقه جنوب ری دریافته‌اند که قسمت عمدهٔ آب‌ها به دلیل آلودگی برای مصارف شرب و کشاورزی نامناسب‌اند و شرکت‌های صنعتی و نفتی و کانال‌های فاضلاب در این آلودگی‌ها نقش دارند. حنیفه پور و جباری (۱۳۹۳) به روش کیفی و توصیفی نقش برخی از صنایع و از جمله پالایشگاه را در آلودگی هوای باقر شهر بتشریح نموده‌اند. رهایی(۱۳۹۲) در تحقیقی که در موضوع تاثیر پالایشگاه بر بافت کالبدی باقرشهر انجام داده، در پیمایش خود آلودگی هوا (کدر بودن هوا و بوی نامطبوع) و آلودگی صوتی را هم بررسی قرار داده است. جهاد دانشگاهی دانشگاه الزهرا(۱۳۹۲) میزان هیدروکربن‌های نفتی و عناصر سنگین (نیکل و وانادیم) در محصولات و خاک‌های کشاورزی جنوب پالایشگاه را بررسی و اندازه‌گیری نموده است. چاوشی و مسعودی‌نژاد (۱۳۹۰) فاکتور انتشار گاز دی‌اکسید گوگرد از خروجی‌های پالایشگاه نفت تهران را بررسی نموده‌اند. زوارموسوی و همکاران (۱۳۸۷) اثرات آلایندگی زیست محیطی فرایندهای پالایش نفت بر روی گیاهان کاشته شده در منطقه شهری را بررسی کرده‌اند. فلسفی (۱۳۸۷) در پایان‌نامه خود آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از هیدروکربن‌های نفتی و آلاینده‌های

صنعتی و فاضلاب شهری منطقه صنعتی ری را بررسی کرده و دریافته است که نشت از مخازن سوخت و پساب‌های پالایشگاه عامل آلودگی نفتی و فلزات سنگین در منابع آب زیرزمینی است. پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی(۱۳۹۴) تاثیر فعالیت پالایشگاه تهران بر آلودگی هوای باقر شهر را بررسی کرده است.

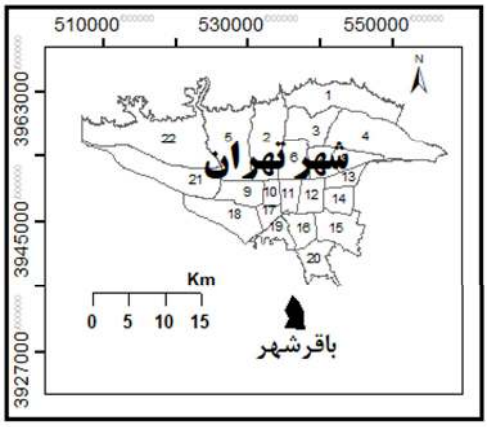
از تحقیقات انجام شده در خارج از ایران می‌توان به مطالعات الحسناوی و همکاران (Al-Hasnawi et al., 2016) اشاره نمود که تاثیر فعالیت‌های صنعتی در آلودگی ناحیه بیجی[1] عراق را بررسی نموده‌اند. باسرونو اولمجو (Basorun & Olamiju, 2013) آلودگی‌های محیطی در هوا و خاک و همچنین آلودگی صوتی و ارتعاشی ناشی از صنایع پتروشیمی در ایالت دلتای نیجریه را مطالعه کرده‌اند. مودو و همکاران (Mudu et al., 2014) با توجه به نتایج پژوهش‌های صورت گرفته در منطقه سیسیل ایتالیا، منابع آلایندگی صنعتی و تاثیرات آنها بر سلامتی انسانی را مطالعه نموده‌اند و بالاخره ماهشواری (Maheshwari, 2016) در خصوص تاثیر صنعت بر آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی در بخشی از ایالت گجرات هند تحقیق نموده است.

پژوهش اخیر در تکمیل پژوهش‌های پیشین در این منطقه که هر کدام وجه خاصی از آلودگی و پراکندگی آن را سنجیده‌اند، به‌صورت جامع و یکپارچه، آلودگی در منابع هوا، آب و خاک را بررسی کرده و برای تلفیق و مقایسهٔ نتایج، از سیستم اطلاعات جغرافیایی بهره گرفته است.

داده‌ها و روش‌ها

الف- محدوده مطالعاتی

محدوده شهری شهر ۶۷ هزار نفری باقر شهر (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵) که در ۴ کیلومتری جنوب تهران واقع شده، قلمرو این مطالعه است. این محدوده نزدیک به ۵۵۱/۵ هکتار (شهرداری باقرشهر، ۱۳۹۶) مساحت دارد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی محدوده مطالعاتی

[1]. Baiji

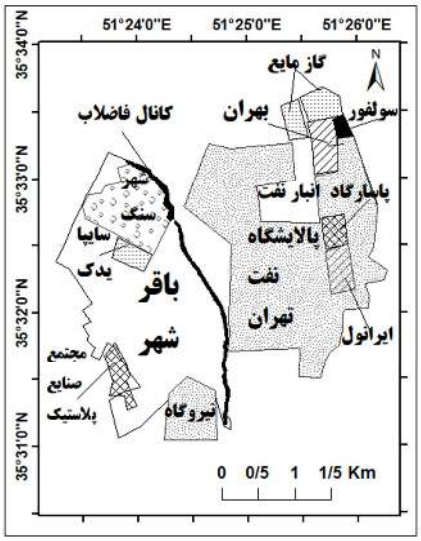
ب- روش کار

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق مشتمل بر سنجش‌های صورت گرفته به کارفرمایی شهرداری باقرشهر در زمستان سال ۱۳۹۴ بوده که در قلمروی وسیع‌تر از محدوده مطالعاتی تحقیق اخیر انجام شده و در این مطالعه سنجش‌های مرتبط با محدودهٔ تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. اندازه‌گیری‌های آلاینده‌های هوا مربوط به ۷ ایستگاه و آلاینده‌های خاک و گیاهان مربوط به ۱۷ ایستگاه بوده‌اند. توزیع ایستگاه‌های نمونه‌برداری به شکل طبقه-بندی شده با توزیع نسبتا یکسان از پهنهٔ مطالعاتی بوده اما در تعیین نقاط نمونه برداری خاک و گیاه، وسعت کافی خاک و تعداد کافی نمونه گیاه چندساله، در نزدیک‌ترین محل نزدیک به نقاط ایستگاهی، مد نظر بوده است. نمونه-های هوا در شرایط آلودگی هوای زیاد، با استقرار دستگاه سیار سنجش در ایستگاه‌ها برداشت شده و نمونه‌های خاک و گیاهان به‌صورت مرکب برداشت شده‌اند. به این صورت که در هر ایستگاه، از پنج نقطهٔ مجاور، نمونه‌ها برداشت شده و با یکدیگر ترکیب شده‌اند. عمق خاک در نمونه‌برداری، حداکثر تا ۱۰ سانتی‌متری که بیشتر در معرض آلودگی است در نظر گرفته شده است. کل هیدروکربن‌های نفتی[1]، نیکل، وانادیم، روی و گوگرد مواد و عناصر آلاینده مورد سنجش در نمونه‌ها بوده‌اند. این داده‌ها پس از ورود به سیستم اطلاعات جغرافیایی، با ابزار IDW میان‌یابی شده و تفسیرها از روی نقشه‌های خروجی مربوط صورت پذیرفته است. برای ترسیم نقشه‌های تلفیقی از کل مواد و عناصر مورد سنجش در هوا، خاک و گیاهان، ابتدا اندازه‌ها با تبدیل به مقادیر z، هم مقیاس شده‌اند. سپس مقادیر z به سیستم اطلاعات جغرافیایی وارد شده و با دستور Raster Calculator در Arc GiS نقشه‌های تلفیقی حاصل گردیده‌اند.

یافته‌های تحقیق

در شکل ۲ موقعیت کانون‌های آلایندگی داخل و پیرامون باقرشهر نشان داده شده‌اند.

[1]. Total Petroleum Hydrocarbons: TPHs



شکل ۲: موقعیت کانون‌های آلایندگی و محدوده مورد مطالعه

یکی از کانون‌های مهم آلایندگی در منطقه مجموعه تاسیسات انتقال و پالایش نفت و همچنین تاسیسات انبار و پخش فرآورده‌های نفتی است که در گذشته در یک مجموعه قرار داشته اما اکنون هر کدام، عنوان یک شرکت مستقل را دارند. شرکت پالایش نفت تهران اصلی‌ترین جزء این مجموعه است که در شمال محدوده مورد مطالعه قرار گرفته است. پالایشگاه نفت تهران شامل دو بخش جنوبی و شمالی است که به ترتیب در سال‌های ۱۳۴۸ و ۱۳۵۲ مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. این شرکت روزانه ۲۵۰ هزار بشکه نفت را از منابع نفت خام سبک اهواز- آسماری ونفت خام مارون-شادگان از طریق خط لوله دریافت کرده و فرآورده‌هایی به شرح زیر از آن حاصل می‌نماید: بنزین پایه ۶۱۷۹ هزار لیتر، نفت گاز ۱۲۶۱۲ هزار لیتر، نفت سفید ۳۳۷۴ هزار لیتر، گاز مایع ۱۴۹۲ هزار لیتر و نفت کوره ۹۲۸۶ هزار لیتر (شرکت پالایش نفت تهران، ۱۳۹۵). فرآیند تولید فرآورده‌های یاد شده، انتشار هزاران تن گازهای آلاینده مختلف به جو و تولید میلیون‌ها متر مکعب فاضلاب آلوده را به دنبال دارد.

در اندازه‌گیری صورت گرفته توسط چاوشی و همکاران مشخص شد که مجموع ۴۳ دودکش این واحد هر روز به‌طور میانگین حدود ۶/۴ تن و سالانه بیش از ۲۳۰۰ تن گاز So_2 به هوا وارد می‌کنند (چاوشی و همکاران، ۱۳۹۴) که طبیعتاً مناطق مسکونی اطراف و محدوده مورد مطالعه که در جوار پالایشگاه قرار گرفته از پیامدهای منفی آن متاثر می‌گردد.

اندازه‌گیری پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی آلاینده‌های منتشره از ۲۴دودکش پالایشگاه نفت تهران را به شرح جدول ۱ مشخص نموده است. اطلاعات سنجش نمونه‌های فوق حکایت از آن دارند که غلظت هر سه ماده مورد بررسی، فراتر از حد استانداردهای ملی و جهانی قرار دارند.

جدول۱: آلاینده‌های منتشره از ۲۴دودکش پالایشگاه نفت تهران

شماره دودکش	C_O (PPM)	No_2 (PPM)	So_2 (PPM)
۱	۴	۰/۴	۱
۲	۲۰	۰/۴	۶
۳	۴۷	۰/۲	۲
۴	۱	۰/۱	۱
۵	۳۵	۰/۲	۷
۶	۹	۰/۵	۰
۷	۳	۰/۵	۰
۸	۲۳	۰/۳	۸۶
۹	۱۰	۰	۲
۱۰	۴	۰/۳	۱
۱۱	۳۶	۰	۲۲۷
۱۲	۳	۰	۳۶۱
۱۳	۲	۰/۲	۱۲۷
۱۴	۰	۰/۶	۶
۱۵	۱	۰/۸	۰
۱۶	۵۴	۰/۹	۱/۳
۱۷	۲۰	۰	۱۵۶
۱۸	۳	۱/۲	۰
۱۹	۲	۰	۶۵
۲۰	۴	۰/۶	۱۴۲
۲۱	۱	۲/۱	۱۱۸
۲۲	۰	۰/۸	۰
۲۳	۱	۰	۲۳۴
۲۴	۲	۰/۴	۲۸
متوسط	**۱۱/۸**	**۰/۴۴**	**۶۵/۵**

ماخذ: پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی،۱۳۹۴

با توجه به پالایش روزانه ۳۵ هزار تن نفت خام در پالایشگاه و میانگین تولید ۳/۵ تا ۵ مترمکعب فاضلاب برای پالایش هر تن نفت خام (World Bank Group, 1997) میزان فاضلاب تولیدی پالایشگاه در هر روز حداقل ۱۲۲/۵۰۰ مترمکعب برآورد می‌گردد. همچنین با عنایت به تبخیر میزان زیادی از آب در فرآیند مصرف در قسمت-های مختلف، می‌توان گفت که این واحد صنعتی روزانه بیش از ۱۵۰ هزار متر مکعب یعنی حدود ۲هزار لیتر در ثانیه، آب مصرف می‌کند. بخش عمدهٔ این آب از خط لولهٔ ۴۰۰ میلی‌متری منتهی به منابع آب سطحی شهر تهران تامین شده و بخشی نیز از چاه‌های حفاری‌شده در داخل پالایشگاه تامین می‌گردد. ۱۰ حلقه چاه عمیق با لوله ۴ اینچ داخل محوطه پالایشگاه از گذشته حفر و مورد بهره برداری قرار می‌گیرند. ۳ حلقه چاه عمیق موجود در ضلع شرقی پالایشگاه در جوار تعداد زیادی از مخازنی که برخی تا تا ۴۰ میلیون لیتری گنجایش دارند و در کنار لوله ۳۲ اینچ نفت خام، کاملاً آلوده هستند (حنیفه‌پور و همکار، ۱۳۹۳). روستائیان منطقه حفر این چاه‌ها را عامل خشک شدن تعداد

زیادی از قنات‌ها می‌دانند. نیروگاه گازی ری که در زمینی به مساحت ۵۲۵ هزار متر مربع در در جنوب پالایشگاه نفت تهران قرار گرفته، یکی دیگر از منابع آلاینده منطقه است. نخستین واحد نیروگاه گازی ری در سال ۱۳۵۶ به مرحله بهره برداری رسیده و در حال حاضر دارای ۳۰ واحد گازی از ۵ شرکت مختلف به قدرت اسمی نصب شده حدود ۹۹۵ مگاوات می‌باشد. هم اکنون به ازاء تولید هر مگاوات ساعت برق در نیروگاه ری بیش از ۳۵۰ متر مکعب گاز مصرف می شود، از این‌رو با توجه به تولید روزانه ۵۰۰ مگاوات ساعت برق در این نیروگاه، روزانه بیش از ۱۷۵ هزار متر مکعب گاز به‌مصرف می‌رسد (شبکه اطلاع‌رسانی نفت و انرژی،۱۳۹۳) .در نیروگاه‌های گازی هوای محیط وارد کمپرسور شده و پس از متراکم و گرم‌شدن وارد محفظهٔ احتراق می‌گردد. گازهای داغ ($Co_2 + Co + No_X$) حاصل از احتراق وارد توربین شده و موجب چرخش گشتاور مکانیکی توربین می‌شوند و به این ترتیب، ژنراتور انرژی مکانیکی را به انرژی الکتریکی تبدیل می‌کند. در این نیروگاه‌ها به دلیل بالابودن دمای گاز خروجی (۵۵۰ درجه سانتی‌گراد) کوتاه‌بودن دودکش و مصرف بالای سوخت، آلودگی محیط زیستی نسبت به انواع بخاری و سیکل ترکیبی زیادتر است. یک نیروگاه گازی به‌طور متوسط به ازاء هر کیلووات ساعت تولید برق ۰/۱۲۳ لیتر آب مصرف می‌کند (سازمان مدیریت توانیر، نقل از صمدی و همکار، ۱۳۸۶). بنابراین مصرف آب نیروگاه در هر شبانه‌روز دست‌کم ۶۵ مترمکعب است. Co، So_x، NO_x ذرات معلقُ فلزات سنگین، چربی، روغن و روغن‌های حاوی PCBs مهم‌ترین آلاینده-های تولید شده در نیروگاه‌ها هستند.

شهر سنگ مشتمل بر ۷۹ کارگاه سنگ‌بری است که در محدوده‌ای به مساحت ۱۶۱ هکتار در شمال‌غربی باقرشهر قرار دارند (شهرداری باقرشهر، ۱۳۹۵). ۲۰ واحد از آنها که به‌صورت خشک کار می‌کنند، گرد و غبار زیادی که معمولاً مرکب از ترکیبات سیلیسی و آهکی است، تولید می‌کنند. ذرات غبار به واسطهٔ جرم بالا، معمولاً پس از مسافت کوتاهی نشست کرده و از این‌رو سکونتگاه‌های مجاور بیشتر در معرض تهدید آنها قرار می‌گیرند. مجتمع تجریشی نیز مشتمل بر ۸۰ کارگاه است (همان) که در جنوب‌شرقی باقرشهر واقع شده‌اند. در این کارگاه‌ها انواع پلاستیک‌های بازیافتی ابتدا تفکیک و سپس آسیاب شده و در برخی واحدها پس از دریافت حرارت، به مواد دیگری تبدیل می‌شوند. در هرحال کار آسیاب و ذوب این مواد توام با انتشار بو و آلودگی فیزیکی و انتشار گازهای آلاینده شیمیایی است.

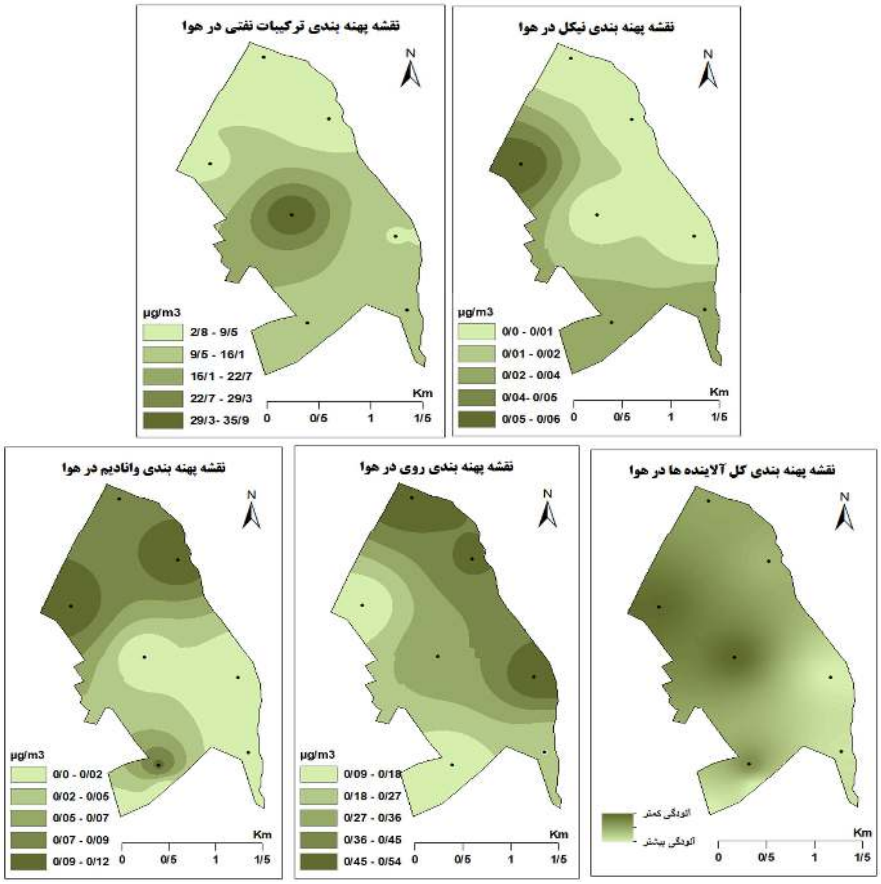
جدول۲: نتایج اندازه‌گیری آلاینده‌های جوی در ایستگاه باقرشهر در سال ۱۳۹۵

آلاینده	دفعات ثبت شده اندازه‌گیری	سقف استاندارد هوای پاک	اندازه‌های بالاتر از حد مجاز		حداکثر ثبت شده
			تعداد	درصد	
PM_{10}	۶۶۳۲	۱۵۰µg/m^3	۱۰۴۰	۱۵/۷	۶۱۹
$PM_{2.5}$	۶۸۵۵	۳۵µg/m3	۳۷۵۳	۵۴/۷	۹۸۵
No_2	۵۹۵۰	۰/۰۳۱ppm	۶۱۴	۱۰/۳	۰/۱۴۵۳
So_2	۵۵۶۳	۰/۰۳۷ppm	۳۲۴	۵/۸	۰/۱۲۳
Co	۶۸۰۵	۹ppm	۳۲	۰/۵	۳۷/۸۶
O_3	۷۴۶۹	۰/۰۷۱ppm	۱	۰	۰/۰۷۱۳۱

ماخذ: ایستگاه ثابت سنجش آلودگی هوای شهرداری باقرشهر، ۱۳۹۶

اطلاعات جدول ۲ نشان می‌دهد که در سال ۱۳۹۵ در بیش از نیمی از ساعات، غلظت ذرات معلق با قطر کمتر ۲/۵ میکرون فراتر از حد مجاز قرار داشته و ذرات با قطر کمتر از ۱۰میکرون در ۱۵/۷ درصد ساعات از حد مجاز بالاتر بوده‌اند. سایر اندازه‌ها نیز روشنگر وضعیت نامطلوب هوا به لحاظ آلاینده‌ها هستند که به ویژه در مورد ذرات معلق با توجه به زیاد نبودن حجم ترافیک در شهر، می‌توان آنها را در ارتباط با فعالیت‌های صنعتی محلی دانست.

نتایج اندازه‌گیری نمونه‌های هوا از ۷ نقطه از محدوده مطالعاتی، میانگین غلظت هیدروکربن‌های نفتی ۵/۳۴، بیشترین مقدار اندازه‌گیری‌شده را ۳۶ و کمترین مقدار را ۲/۹ میکروگرم در مترمکعب هوا به‌دست داد و ارقام مشابه برای فلز نیکل ۰/۰۰۷، ۰/۰۳۳ و مقادیر غیرقابل‌اندازه‌گیری، برای وانادیم ۰/۰۲۵، ۰/۹۸ و مقادیر غیرقابل‌اندازه‌گیری و بالاخره برای روی ۰/۱۳۴، ۰/۵۴ و ۰/۰۹۱ به دست آمده است. غلظت هیدروکربن‌های نفتی در نیمی از محدوده شهری باقرشهر در حداکثر مقدار قرار داشته است. بیشترین مقادیر ثبت‌شده وانادیم مربوط به برداشت‌های نزدیک‌تر به دودکش‌های پالایشگاه بوده است. غلظت بالاتر از ۱ این فلز می‌تواند برای سلامتی زیان داشته باشد. غلظت نیکل در اغلب نقاط برداشت، قابل اندازه‌گیری نبوده اما در مواردی بیش از حد استاندارد نیز بوده است. قرارگیری افراد در معرض غلظت‌های ۱۰ تا ۱۰۰ میکروگرم در مترمکعب نیکل در ایجاد سرطان مؤثر است (Who, 2000). غلظت روی در نیمه شرقی باقرشهر بالاتر از جاهای دیگر بوده که می‌تواند به دلیل تاثیر آلایندگی پالایشگاه و صنایع وابسته باشد که در شرق باقرشهر مستقر هستند. شکل ۳ پهنه‌بندی آلاینده‌ها در هوا از روی اندازه‌گیری فوق را به تفکیک نشان می‌دهد. با توجه به نقشه پهنه‌بندی ترکیبات نفتی، تمرکز این مواد در مرکزباقرشهر و درست در محل تقاطع دو خیابان اصلی شهر که سنگین‌ترین ترافیک را داراست، به چشم می‌خورد. غلظت نیکل در هوا در حاشیه مجتمع‌های صنعتی شهرسنگ در شمال‌غربی و تجریشی در جنوب‌غربی زیادتر بوده که می‌توان آن را در ارتباط با آلایندگی این صنایع دانست. جز مورد استثنایی غلظت بالاتر وانادیم در ایستگاه مجاور مجتمع تجریشی، در مجموع مقادیر زیادتر در نیمه شمالی شهر مشهود بوده است. فاصله نزدیک‌تر این قسمت به شهر تهران می‌تواند دلیلی بر تاثیر آلایندگی-های ناشی از این شهر در این قسمت از محدوده مورد مطالعه باشد. در پهنه‌بندی روی و نیکل تاثیرات سه شرکت صنعتی ایرانول که در تولید روغن‌های موتور فعالیت دارد و پاسارگاد که قیر و عایق‌های رطوبتی تولید می‌کند، محرز است در حالی که وانادیم از تاثیرات آلودگی هوای تهران بیشتر متاثر شده چرا که آلاینده‌های جوی تهران تا شعاع دوری از محدوده شهری نیز پراکنده شده و از سوی دیگر به موازات نزدیک‌شدن به تهران طبیعتاً بر حجم وسایل نقلیه افزوده می‌شود. ترکیبات نفتی در مجاورت دودکش‌های پالایشگاه و انبارهای ذخیره و بارگیری سوخت در تانکرهای نفتکش غلظت کمتری را نشان داده که احتمالاً این مواد به علت ارتفاع دودکش‌ها و سبکی، در محدوده منابع تولید در ارتفاع بالاتری قرار گرفته و در در فاصله دورتری از سطح شهر فرونشست انجام داده‌اند.



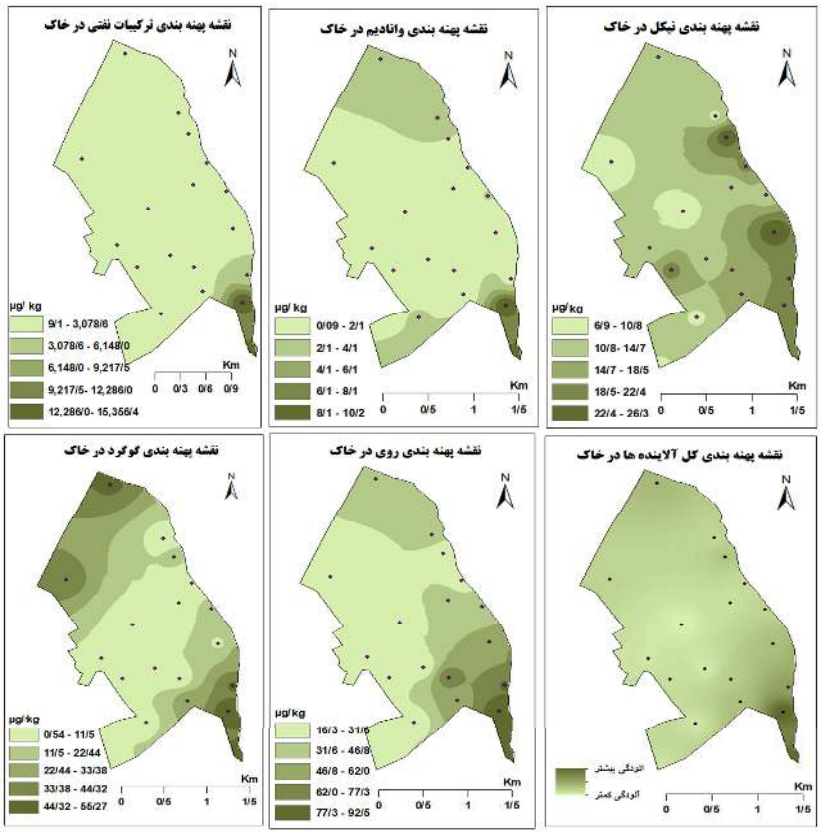
شکل۳: پهنه‌بندی آلاینده‌ها در هوا

اندازه‌گیری آلاینده‌ها در نمونه‌های خاک، میانگین رقم ۱۴۶۸ میلی‌گرم ترکیبات نفتی در کیلوگرم خاک را نشان داد. مطالعه‌ای که در سال ۱۳۹۲ توسط جهاد دانشگاهی دانشگاه الزهرا صورت پذیرفته، رقم میانگین را ۴۴ به‌دست آورده بود (جهاد دانشگاهی دانشگاه الزهرا، ۱۳۹۲) که بسیار پایین‌تر از رقم فوق است و نشانگر آلودگی شدید و افزایش شدت آلودگی در گذر زمان می‌باشد. در چهار نقطهٔ برداشتی رقم، بالاتر از ۱۰۰۰ میلی‌گرم و در یک مورد حتی ۱۵۳۶۲ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک (یعنی بیش از ده برابر حد میانگین) اندازه‌گیری شد که مقدار بسیار بالایی است و نشان از نشت و ریزش‌های نفتی از انبارهای سوخت دارد. همچنین با توجه به رفت‌وآمد زیاد تانکرها و واگن‌های سوخت-رسان، می‌توان احتمال داد که ترکیبات نفت از هوا به خاک رسوب کرده باشد. مطابق آمار ارائه شده از انبار نفت پالایشگاه تهران (۱۳۹۵)، روزانه بیش از ۷۵۰ تانکر ۲۵ هزار لیتری و کمتر، از این مبداء بارگیری نموده که این مستلزم عبور ۱۵۰۰ دستگاه کامیون از میانه باقرشهر است. علاوه بر این، تعداد زیادی تانکر و کامیون اقدام به بارگیری سایر مکمل‌های تفتی چون قیر، روغن و.. نموده و از میانه باقرشهر عبور می‌کنند. وجود این ترکیبات در آب‌ها و آبیاری فضاهای سبز با آنها هم منشاء دیگری بر این مواد آلاینده در خاک می‌باشد. فضای سبز شهری با آب-

های زیرزمینی چاه‌های حفر شده در منطقه آبیاری می‌شود. به دلیل عبور کانال‌های فاضلاب شهری تهران، وجود حوضچه‌های فاضلاب در پالایشگاه در سال‌های گذشته و انتقال فاضلاب صنایع نفت منطقه به کانال‌های فاضلاب، ذخائر سفره‌های زیرزمینی همه آلوده به مواد هیدروکربوری و سایر آلاینده‌ها بوده و در بسیاری موارد فراتر از حد مجاز قرار دارند (ناصری و همکاران، ۱۳۹۰). استفاده از این آب‌ها در آبیاری فضای سبز در انتقال آلودگی به خاک‌ها تاثیرگذار بوده است.

در این سنجش، میانگین غلظت نیکل در خاک‌های مورد آزمایش در نواحی مختلف شهر، ۱۵/۲۷، حداکثر مقدار ۲۶/۲۶ و حداقل آن ۶/۹۴ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک اندازه‌گیری شده است. میزان استاندارد قابل قبول سازمان حفاظت محیط زیست رقم ۵۰ است که هیچ‌کدام از اندازه‌ها فراتر از آن نبوده و تنها یک مورد بالاتر از ۲۵ است. اما ماهیت خطرناک وجود این فلز که بخش بزرگی از آن در ارتباط با پالایش و پخش فرآورده‌های نفتی در منطقه است، می‌تواند ریسک مهمی باشد. شاید به همین دلیل باشد که مؤسسه حفاظت از محیط زیست ایالات متحده[1] رقم ۹ را حد قابل قبول دانسته‌است. مقایسه اندازه‌گیری‌ها با استاندارد فوق نشان داد که بیش از ۹۰ درصد نمونه‌ها، نیکلی فراتر از حد استاندارد داشته‌اند. داده‌های اندازه‌گیری‌شده برای وانادیم در خاک نشانگر غلظت کمتر این فلز نسبت به نیکل بوده (میانگین ۱/۸۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، حداکثر ۱۰/۱۹ و حداقل ۰/۰۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) و در هیچ‌یک از نمونه‌ها از حد استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست (۱۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) بالاتر نبوده است. وانادیم به علت سوختن ترکیبات نفتی و با فعالیت پالایش نفت وارد محیط می‌گردد و از طریق رسوب ذرات معلق در هوا به خاک و گیاهان نفوذ می‌کند. پایین بودن این فلز نشان می‌دهد که به دلیل ارتفاع زیاد دودکش‌ها و داغی فوق‌العادهٔ خروجی آنها، این فلز نتوانسته در سطح شهر که در فاصله کوتاهی از پالایشگاه قرار دارد فرونشست انجام دهد و احتمالاً در فاصله‌های دورتر نشست کرده است. این فلز برای همه موجودات، سمی است. سنجش نمونه-ها در خصوص روی حاکی از آن است که گرچه غلظت این فلز در خاک منطقه بالاست، اما محدودهٔ تغییرات از حد استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست (۲۰۰ میلی‌گرم در یک کیلوگرم خاک) فراتر نبوده است. غلظت این فلز در بیشتر نمونه‌ها، کمتر از ۳۰ میلی‌گرم اندازه‌گیری شده و رقم میانگین آن ۳۹/۲، حداکثر ۹۲/۵ و حداقل ۱۶/۴ بوده است. گرچه این فلز یک ماده غذایی برای گیاهان محسوب می‌شود، اما در غلظت‌های بالا برای گیاهان سمی و برای پستانداران کمی سمی است. بیشترین میزان گوگرد اندازه‌گیری‌شده در نمونه‌ها ۵۵/۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک، کمترین آن ۰/۵۴ و میانگین غلظت، ۱۷/۵۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بوده است.

[1]. The United States Environmental Protection Agency: EPA or USEPA

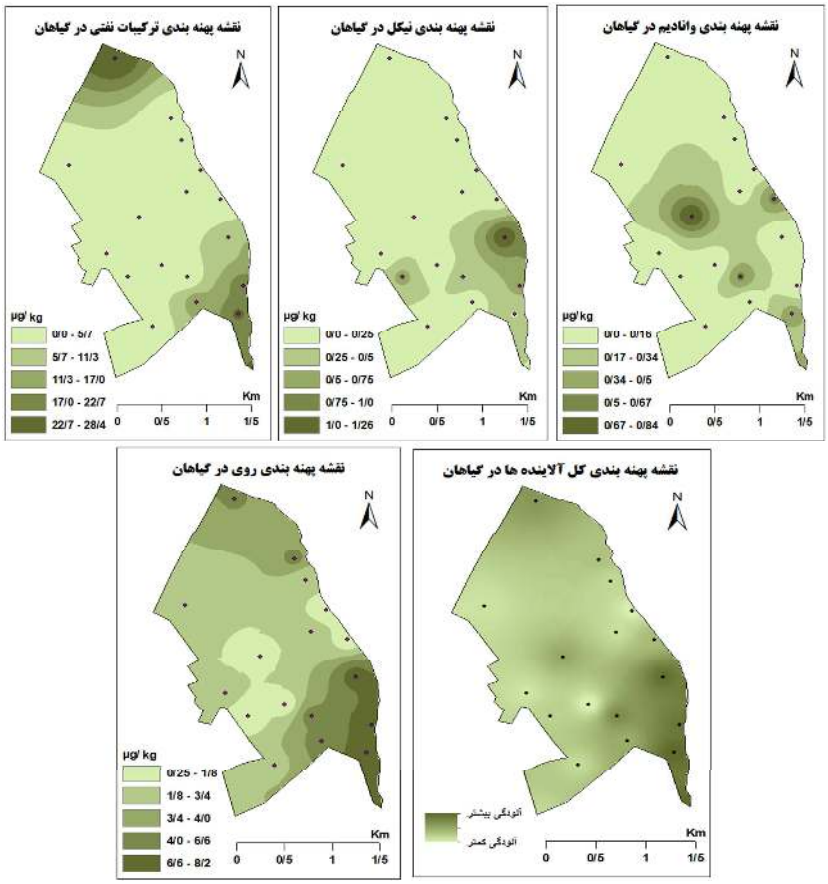


شکل ۴: پهنه‌بندی آلاینده‌ها در خاک

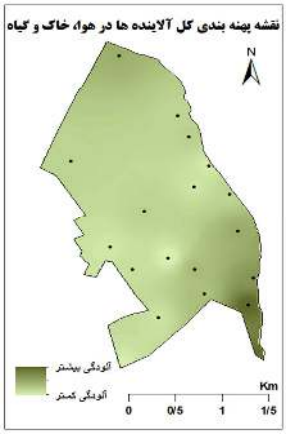
نقشه‌های پهنه‌بندی آلاینده‌ها در خاک همه بیانگر تمرکز این مواد در منتهی‌الیه جنوبی شهر است. عدم انطباق کلی نقشه‌های مواد آلاینده یکسان در خاک و هوا می‌رساند که سرایت آلودگی به خاک کمتر از منشاء اتمسفری بوده و از طریق نشت زمینی، این مواد وارد خاک شده‌اند. پهنه‌بندی نیکل، وانادیم و گوگرد در خاک‌ها تا حدود زیادی با یکدیگر منطبق بوده و هر سه، غلظت کمتری را در نواحی مرکزی شهر نشان می‌دهند. با عنایت به استقرار صنایع در حواشی شهر، این موضوع می‌تواند قابل توجیه باشد. نیکل در هوا و خاک هردو تمرکز دومی را در مجاورت مجموعه صنایع شهرسنگ نشان می‌دهد. این مجموعه به واسطه پراکندن غبار ناشی از برش سنگ سبب افزایش نیکل در سطح خاک و هوا شده است. گوگرد در خاک‌های شمال و جنوب شهر غلظت زیادتری دارد و در حواشی شرقی نیز از حواشی غربی بیشتر است که می‌تواند با وجود مجموعه صنایع مربوط به نفت و نیروگاه، توجیه‌پذیر باشد.

اندازه‌گیری در نمونه‌های گیاهان چندساله نیز نشان دادند که به ترتیب ترکیبات نفتی، روی، نیکل و وانادیم بیشترین غلظت‌ها را داشته‌اند و میانگین اندازه‌های به‌دست آمده از این مواد ۵/۸۸، ۳/۵۶، ۰/۱۷۱، ۰/۲۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم بوده است. همچنین حداکثر رقم به ترتیب ۲۳/۴۸، ۸/۱۶، ۱/۲۶ و ۰/۸۴ میلی‌گرم در کیلوگرم اندازه‌گیری شده است. تقریباً در تمامی موارد، نمونه‌های کنار خیابان و نمونه‌های نزدیک‌تر به پالایشگاه از میزان غلظت بالاتری برخوردار بوده‌اند که نشانگر تاثیر انتشار از منشاء حمل و نقل و فعالیت پالایشگاه می‌باشد. پراکندگی غلظت ترکیبات

نفتی در گیاهان و در خاک‌ها بیانگر رابطه مثبت میان این دو می‌باشد، به‌طوری‌که در محل‌هایی که غلظت در خاک بالاتر بوده بر گیاهان نیز تاثیر گذاشته و غلظت را بالا برده است. در عین حال، غلظت این آلاینده‌ها در گیاهان پایین-تر از حد استاندارد بوده است. نقشه‌های پهنه‌بندی ترکیبات نفتی در خاک و هوا از نظر وجود یک هستهٔ تمرکز در جنوب شهر با هم انطباق دارند. وانادیم در گیاهان و ترکیبات نفتی در هوا از نظر وجود یک هسته تمرکز در چهارراه محل تقاطع دو خیابان اصلی شهر که بیشترین ترافیک را دارد، بر همدیگر منطبق هستند. تمرکز دوم هیدروکربن-های نفتی در گیاهان منتهی‌الیه شمال شهر شاید به دلیل وجود یک جایگاه سوخت مایع و یک جایگاه سوخت CNG در مجاورت شمال شهر باشد. وجود یک کانال فاضلاب شهری از تهران که به‌صورت خاکی و روباز در این قسمت جریان داشته و رویش گیاهان در دو سوی کانال که طبیعتاً از آب این کانال استفاده می‌کنند، می‌تواند در بالا بودن غلظت تمامی آلاینده‌ها در جنوب شهر تاثیرگذار باشد.



شکل ۵: پهنه‌بندی آلاینده‌ها در گیاهان



شکل۶: پهنه‌بندی آلاینده‌ها در هوا، خاک و گیاهان

نتیجه‌گیری

در مجموع، وضعیت محیطزیستی این شهر به لحاظ آلودگی‌های محیطی مناسب نیست، چنانچه در نیمی از ساعات، غلظت ذرات معلق در هوا فراتر از حد استاندارد اندازه‌گیری شده و برای خاک‌ها نیز میانگین رقم ۱۵۳۶۲ میلی‌گرم ترکیبات نفتی در هر کیلوگرم خاک روشنگر شدت آلودگی‌هاست. این شهر به دلیل فاصله نزدیک کمتر از ۴ کیلومتری با تهران و مجاورت با بزرگراه‌های پرتردد خروجی تهران، تحت تاثیر آلودگی هوای تهران قرار داشته و از سوی دیگر خود کانون تمرکز صنایع عظیمی چون صنعت پالایش نفت، فعالیت‌های حمل زمینی سوخت، نیروگاه حرارتی و کارگاه‌های متعدد بازیافت پلاستیک می‌باشد که آلایندگی خصلت ذاتی آنهاست. نقشه کلی پهنه‌بندی آلاینده‌ها در محدوده مورد مطالعه (شکل ۶) که از تلفیق تمامی نقشه‌ها به‌دست آمده، نشان می‌دهد که در نواحی جنوب‌شرقی شهر، آلودگی بیشتر است. این نقشه انطباق زیادی با نقشه پهنه‌بندی کلی آلاینده‌ها در خاک دارد و از طرفی با نقشه پهنه‌بندی در گیاهان نیز کم و بیش منطبق است اما با پراکندگی جغرافیایی آلاینده‌های هوا منطبق نمی‌باشد. چنانچه نقشهٔ کلی پهنه‌بندی آلاینده‌های هوا، تمرکز بیشتر را در شمال‌غرب و در مرکز شهر نشان می‌دهد که اولی می‌تواند در ارتباط با آلودگی هوای تهران و دومی به دلیل تراکم وسایل نقلیه و به‌ویژه تانکرهای حامل سوخت در چهارراه مرکزی شهر باشد. با عنایت به فراوانی وزش بادها در منطقه که بیشترین آنها (۳۱/۶ درصد) جهت غربی دارند و پس از آن باد جنوب‌شرقی با ۱۶ درصد و سپس باد جنوبی با ۱۳ درصد فراوانی قرار می‌گیرد و جهت قرارگیری کانون‌های عمده آلایندگی (خوشه‌صنعتی نفت و توزیع فرآورده‌های نفتی در شرق و صنایع بازافت پلاستیک درمنتهی‌الیه جنوبی در خارج از محدوده مورد مطالعه، به نظر می‌رسد جریان کلی هوا در دور ساختن آلودگی‌ها از هوای منطقه و گستراندن آلودگی هوای تهران تا این شهر، نقش داشته ولی نفوذ آلودگی به خاک از طریق زمینی یعنی نشت آلاینده‌ها به خاک و آلوده ساختن آب‌های زیرزمینی و آبیاری فضای سبز با این آب‌ها صورت پذیرفته است. سابقهٔ وجود حوضچه‌های نفتی و استخرهای تخلیه فاضلاب پالایشگاه در گذشته و عبور یکی از

کانال‌های فاضلاب شهری تهران از مجاور قسمت‌های با حداکثر آلودگی، نیز می‌توانسته عامل آلودگی خاک‌ها و سفره‌های زیرزمینی باشد که از آب آنها برای آبیاری فضای سبز شهر استفاده می‌گردد.

تقدیر و تشکر

از شهرداری باقرشهر به خاطر در اختیار قراردادن مقادیر و داده‌های سنجش میزان مواد و عناصر آلایندهٔ مورد بحث در سال ۱۳۹۴، سپاسگزاری می‌شود.

منابع

اداره کل مسکن و شهرسازی استان تهران. (۱۳۹۰). طرح تفصیلی باقر شهر و مجموعه نمایشگاهی طرح موضعی شهر سنگ.

اداره کل مسکن و شهرسازی استان تهران. (۱۳۸۶). طرح جامع باقرشهر.

انبار نفت پالایشگاه تهران. (۱۳۹۵). آمار تانکرهای سوخت‌رسان.

پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی.(۱۳۹۴). تاثیر فعالیت پالایشگاه نفت تهران (شهید تندگویان) بر کیفیت هوای باقرشهر و پیرامون آن. کارفرما شهرداری باقرشهر.

پوراحمد، احمد؛ فلاحیان، ناهید. (۱۳۸۴). بررسی شکل‌گیری محورهای صنعتی پیرامون شهر تهران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی شماره ۵۳، صص ۱۹۲-۱۷۳.

جهاد دانشگاهی دانشگاه الزهرا. (۱۳۹۲). بررسی و اندازه‌گیری میزان هیدروکربن‌های نفتی و عناصر سنگین (نیکل و وانادیم) در محصولات و خاک‌های کشاورزی جنوب تهران (اراضی جنوب پالایشگاه). کارفرما: شرکت پالایش نفت تهران

چاوشی، بهنام؛ مسعودی‌نژاد، محمد رضا؛ ادیب‌نژاد، امیر. (۱۳۹۴). ارزیابی میزان انتشار (فاکتور انتشار) گاز دی‌اکسیدگوگرد از خروجی‌های پالایشگاه نفت تهران. مجله سلامت و محیط، ۴(۲)، صص۲۴۴- ۲۳۳.

حنیفه‌پور، مهین؛ جباری، بهنام. (۱۳۹۳). بررسی علل آلودگی های زیست محیطی (مطالعه موردی: شهر باقرشهر). شهرداری باقرشهر.

حسنی، امیرحسام؛ قنادی، فهیمه؛ رحیمی، اقدس.(۱۳۸۹). بررسی میزان مواد نفتی حل‌شده در آبخوان زیر پالایشگاه تهران. نشریه علوم محیطی، شماره ۱، صص ۲۲-۱۱.

حمدی، کریم؛ امیرانتخابی، شهرام. (۱۳۸۷). کلان‌شهر تهران بزرگ و چالش‌های مدیریت شهری. فصلنامه جغرافیایی سرزمین، ۷(۲۶)، صص۱۳-۱.

رهایی، امید.(۱۳۹۲). کارخانه‌های صنعتی تهران و اثرات کالبدی آنها بر گسترش شهرنشینی. نمونه موردی: پالایشگاه تهران و منطقه مسکونی باقرشهر. نشریه معماری و شهر پایدار، ۱(۱)، صص۶۶-۵۵.

زوارموسوی، سید حسن؛ روح‌اللهی، احمد؛ شیرخانلو، حمید؛ علایی، براهیم. ۱۳۸۷. بررسی اثرات آلایندگی زیست محیطی فرایندهای پالایش نفت بر روی گیاهان کاشته شده در منطقه شهرری. گیاه و زیست بوم، ۴(۱۳)، صص۱۱-۲.

شبکه اطلاع‌رسانی نفت و انرژی.(۱۳۸۴). پاکسازی آب و خاک در پالایشگاه تهران. بازیابی شده در تاریخ ۱۳۹۵/۳/۲۰ از: http://www.shana.ir

شبکه اطلاع‌رسانی نفت و انرژی.(۱۳۹۳). افزایش ۱۶ درصدی راندمان در نیروگاه ری. بازیابی شده در تاریخ ۱۳۹۴/۳/۲۲ از http://www.shana.ir

شهرداری باقرشهر.(۱۳۹۵). داده‌های سنجش آلاینده‌های هوا، خاک و گیاهان.

شهرداری باقرشهر. (۱۳۹۶). داده‌های آماری ایستگاه سنجش آلودگی هوای باقرشهر.

شهرداری باقرشهر. (۱۳۹۶). اطلاعات مربوط به مساحت و محدوده شهری باقرشهر.

صمدی، رضا؛ تیکا، سهراب. (۱۳۸۶). تهیه مدل محیط‌زیستی جهت استقرار نیروگاه‌های حرارتی در کشور. مجله محیط‌شناسی، ۳۷(۴۴)، صص ۸۲-۷۳.

فلسفی، فرهنگ. (۱۳۸۷). آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از هیدروکربن‌های نفتی و آلاینده‌های صنعتی و فاضلاب شهری منطقه صنعتی ری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی.

فیضی، مریم؛ سرتاج؛ مجید؛ فتحیان‌پور، آذر. (۱۳۹۴). بررسی گسترش آلاینده‌های نفتی ناشی از تاسیسات پالایشگاه و پتروشیمی در آب زیرزمینی دشت شازند اراک. اولین کنفرانس پتروشیمی ایران.

گیتی‌پور، سعید؛ نبی‌بیدهندی، غلامرضا؛ گرجی، محمد امین. (۱۳۸۳). آلودگی خاک‌های جنوب پالایشگاه تهران در اثر نشت ترکیبات نفتی. مجله محیط‌شناسی، شماره ۳۴ صص۴۵-۳۹.

مردانی، گشتاسب؛ صادقی، مهری؛ آهنکوب، مریم. (۱۳۸۹). بررسی آلودگی خاک‌های منطقه جنوب تهران در مسیر رواناب‌های سطحی فلزات سنگین. آب و فاضلاب، شماره ۳، صص ۱۰۸-۱۰۳.

مرکز آمار ایران. (۱۳۹۵). نتایج نهایی سرشماری عمومی نفوس و مسکن شهرستان ری.

ناصری، حمیدرضا؛ مدبری، سروش؛ فلسفی، فائزه.(۱۳۹۰). آلودگی آبهای زیرزمینی ناشی از آلاینده‌های نفتی در منطقه صنعتی ری (جنوب تهران). مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی، ۲۱(۸۱). صص۲۲-۱۱.

Al-Hasnawi, S.S.,Hussain, V., Al-Ansari, N., Knutsson, S. (2016). The Effect of the industrial activities on air pollution at Baiji and its surrounding areas, Iraq, Engineering, 8, pp 34-44. Retrieved from: http://dx.doi.org/10.4236/eng.2016.81004.

Basorun, J.O., Olamiju. I.O. (2013). Environmental pollution and refinery operations in an oil-producing region of Nigeria: A focus on Warri Petrochemical Company, IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology And Food Technology (IOSR-JESTFT), 2(6), pp. 18-23.

Environment and Climate Change Canada. (2016). Canadian Environmental Sustainability Indicators: Air Pollutant Emissions.

European Commission. (2003). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques for Mineral Oil and Gas Refineries.

Heidari. A.,.Asadi, P. (2015). Micromorphological characteristics of polluted soils inTehran petroleum refinery. Agr. Sci. Tech, Vol. 17, pp. 1041-1055.

Maheshwari, R. (2016). Impact of industrial estates on water resources. International Journal of Environmental Science and Development, 7(12), pp. 933-939. doi: 10.18178/ijesd.2016.7.12.907.

Mariano, J.B. (2009). Environmental impacts of the oil Industry. Journal of Frontiers in Environmental Science. doi: 10.3389/fenvs.2016.00058.

May, J. (2009). The increasing burden of oil refineries and fossil fuelsin Wilmington, California. Communities for a Better Environment.

Mudu, P., Terracini, B., Martuzzi, M., eds. (2014). Human health in areas with industrial contamination. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

Omoniyi W., Benjamin, J. (2007). Oil Refinery Permits; A handbook for citizen participation in the permitting of oil refinery es under the New Source Review Provisions of the Clean Air Act. The Environmental Integrity Project.

World Bank Group. (1997). Pollution prevention and abatement handbook.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۰۵

تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۱۷

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۲۲

صفحات: ۱۹۸ - ۱۷۹

واکاوی و پیش‌بینی پدیده گرد و غبار در جنوب غرب ایران

بهروز سبحانی[۱*]، وحید صفریان زنگیر[۲]

چکیده

گرد و غبار پدیده‌ای است که آثار زیست محیطی مخرب زیادی را در بخش‌های مختلف زندگی انسان‌ها از جمله: کشاورزی، اقتصاد، بهداشت و غیره دارد. کشور ایران، به ویژه منطقه غرب و جنوب غرب آن، به دلیل قرار گرفتن در منطقه درگیر با پدیده گرد و غبار هر ساله خسارات زیادی را از این پدیده می‌بینند بنابراین توجه به این مساله و کاهش خسارات‌های حاصل از آن، در اولویت می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی و پیش‌بینی پدیده گرد و غبار در جنوب غرب ایران می‌باشد. برای انجام این پژوهش از داده ۲۷ ساله گرد و غبار در ۱۴ ایستگاه سینوپتیک در جنوب غرب ایران در بازه زمانی(۲۰۱۷- ۱۹۹۰) استفاده شد. در این پژوهش، ابتدا داده‌های گرد و غبار در ۱۴ ایستگاه مورد مطالعه نرمال‌سازی شد و سپس با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی هیبرید- پانل دیتا، شبکه عصبی تطبیقی ANFIS در نرم‌افزار MATLAB خطایابی و پیش‌بینی شدند و در نهایت برای اولویت‌سنجی ایستگاه‌های بیش‌تر، در معرض گرد و غبار از مدل‌های تصمیم‌گیری چند متغیره TOPSIS و SAW استفاده شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که میزان اطمینان حاصل از مدل‌های خطاسنجی (شبکه عصبی هیبرید-پانل نسبت به شبکه عصبی تطبیقی ANFIS) بیش‌تر می‌باشد. براساس مدل‌های پیش‌بینی بیش‌ترین احتمال رخداد، حداکثر گرد و غبار در ۲۳ سال آینده پیش‌بینی شده در منطقه مورد مطالعه در دو ایستگاه سرپل‌ذهاب و آبادان به ترتیب با درصد (۱۲۸/۹۱۷، ۱۲۰/۷۰۹) می‌باشد. براساس مدل SAW بیش‌تر مقدار احتمال رخداد گرد و غبار، در ۲۳ سال آینده پیش‌بینی شده در ایستگاه آبادان با ۰/۹۹ درصد و براساس مدل TOPSIS ایستگاه اسلام‌آباد غرب با مقدار درصد ۰/۹۷ به خود اختصاص داد. برای کاهش خسارات‌های حاصل از پدیده گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه علاوه بر اقدامات داخل کشور مثل همکاری‌های بین سازمانی باید با انعقاد تفاهم‌نامه بین‌المللی با کشورهای همسایه بر آن فایق آمد.

واژگان کلیدی: مخاطره اقلیمی، بررسی آماری، شبکه عصبی - مصنوعی، مدل تصمیم‌گیری چند متغیره.

[۱]- استاد گروه جغرافیای طبیعی، اقلیم شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل (نویسنده مسئول) sobhani@uma.ac.ir

[۲]- دانشجوی دکتری گروه جغرافیای طبیعی، اقلیم شناسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل

مقدمه

پدیده گرد و غبار یکی از زیان‌بارترین بلایای طبیعی در مناطق کم باران جهان، به ویژه در ایران می‌باشد که مشکلات محیطی زیادی را در این نواحی به ارمغان می‌آورد (خوش‌کیش و همکاران، ۱۳۹۰)؛ و هم‌چنین یکی از پدیده‌های خطرناک اقلیمی است که سالانه خسارات فراوانی را به محیط زیست، جاده‌ها و ساختمان‌ها و هوای شهری وارد می‌کند، گرد و غبار به عنوان یک ماده آلاینده هوا، همراه با دیگر آلاینده‌های جوی مورد سنجش قرار می‌گیرد (ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۰). طوفان‌های گرد و غبار علاوه‌بر این‌که عامل مهمی در هدر رفت خاک، خسارات اقتصادی به بخش‌های صنعتی، کشاورزی و شریان‌های ارتباطی در اکثر مناطق ایران خصوصاً غرب و جنوب غرب محسوب می‌گردد می‌تواند باعث تهدید حیات انسان هم ازنظر سلامتی و هم تولید مواد غذایی باشد (دستجردی و همکاران، ۱۳۹۰). پدیده گرد و غبار، از شایع‌ترین پدیده‌های اقلیمی در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان است و به عنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی در این مناطق به شمار می‌رود و پیامد آن بروز مشکلات اجتماعی، اقتصادی، اختلال در سامانه‌های ترابری و درمجموع سبب پیدایش بحران‌های زیست محیطی می‌شود (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰)؛ و هم‌چنین یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست محیطی به وجود آمده در منطقه خاورمیانه و ایران در سال‌های اخیر است، این پدیده امروزه به یکی از مشکلات اساسی در مناطق خشک و نیمه خشک تبدیل شده است که اثرات نامطلوب اجتماعی، اقتصادی، زیست محیطی دارد (فلاح و همکاران، ۱۳۹۳)؛ و می‌توان به طور یقین بیان کرد که یکی از مخاطرات محیطی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا توفان‌های گرد و غباری می‌باشد، این رخداد محیطی از مخاطرات اقلیمی به شمار می‌رود و موجب بروز یا تشدید بیماری‌های قلبی ـ عروقی، بیماری‌های تنفسی و آلرژی‌های فراوان در بدن انسان می‌شود (ناصرپور و همکاران، ۱۳۹۴). پدیده گرد و غبار فرآیند پیچیده‌ای است که تعاملات زمین و اتمسفر را تحت تأثیر قرار می‌دهد و اصولاً توسط بادهایی با سرعت زیاد در زمین‌های بایر و شرایط هوای خشک تشکیل می‌شود و اغلب مناطق خشک و نیمه خشک را در برمی‌گیرد (عطایی و همکاران، ۱۳۹۴). توفان‌های گرد و غبار از پدیده‌های مهم جوی هستند که به دلیل ورود ذرات معلق خاک و غبار به درون جو آثار بسیار مهمی را در زمینه‌های زیست محیطی، بهداشتی و فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی دارند (بابایی و همکاران، ۱۳۹۵)؛ و شایان ذکر است همواره به عنوان یکی از مهم‌ترین مخاطرات محیطی مطرح بوده و پیامدهای زیست محیطی نامطلوبی را بر جای می‌گذارد و یکی از مشکلاتی که در چند سال اخیر در اثر دخالت‌های بشری و استفاده غیرمنطقی از منابع طبیعی و تخریب آن در حال گسترش می‌باشد (گندمکار و همکاران، ۱۳۹۶). محققان دیگری در زمینه گرد و غبار اقدام به پژوهش کردند از جمله: کریمی و شکوهی ۱۳۹۰، شمسی‌پور و صفرراد ۱۳۹۱، خوش اخلاق و همکاران ۱۳۹۱، خوش اخلاق و همکاران ۱۳۹۲، طهوریان و جهانگیری ۱۳۹۳، عطایی و همکاران ۱۳۹۴، صفریان زنگیر و همکاران ۱۳۹۷، زلسنا[1] و همکاران ۲۰۱۷، ویلام[2] و همکاران ۲۰۱۷، کیووس[3] و همکاران ۲۰۱۷. ناصرپور و همکاران (۱۳۹۴) به پژوهش منشایابی توفان‌های گرد و غبار در جنوب غرب ایران با استفاده از

1 Zalesna
2 Willame
3 Cuevas

تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های هوا پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که کم‌فشار سودان بادهای گرم و خشک و آلوده به ذرات گرد و غبار عربستان را به منطقه ما وارد می‌کند و پردازش تصاویر ماهواره‌ای نیز این نتایج را تأیید کرد. هژبرپور و همکاران (۱۳۹۴) به مطالعه سینوپتیکی و آماری پدیده گرد و غبار شهر اردبیل پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه دست یافتند که پدیده گرد و غبار از روند صعودی دارد و بیش‌ترین رخداد آن غالباً در ساعت‌های بعد از ظهر رخ داده است. برومندی (۱۳۹۵) به تحقیق منشایابی ذرات گرد و غبار با بررسی و مدل‌سازی عددی در شهرستان مسجدسلیمان پرداخته و به این نتیجه دست‌یافته که منشأ اصلی طوفان‌های گرد و غبار در شهرستان مسجدسلیمان است. بابایی و همکاران (۱۳۹۵) به پژوهش در مورد تحلیل و شناسایی الگوهای همدیدی توفان‌های گردوغبار پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که سازوکارهای ایجادکننده گرد و غبار در فصل سرد با توجه به تنوع بیشتر الگوهای گردش جو و سامانه‌هایی که خاورمیانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. باقری و حسینی‌صدیق (۱۳۹۵) به تحقیق تحلیل سینوپتیکی گرد و غبار در گسترده ۵۲ شهر جنوبی ایران اقدام نمودند و به این نتیجه دست یافتند که تشکیل یک سامانه کم ارتفاع تراز میانی جو بر روی کشور عربستان و عراق عامل اصلی شکل‌گیری توده گرد و غبار بوده است. عمارلو و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی ذرات گرد و غبار و تأثیر آن بر کیفیت هوا اقدام نمودند و به این نتیجه رسیدند که طی یک سال درصد فراوانی آلاینده با معیار پاک، سالم، ناسالم برای گروه‌های حساس، ناسالم، بسیار ناسالم و خطرناک به ترتیب ۱۰، ۴۲، ۳۴، ۱۱، ۵/۲ و ۵/۰ درصد می‌باشد. صحرایی و همکاران (۱۳۹۶) به ردیابی طوفان‌های گرد و غبار اقدام نمودند و به این یافته رسیدند که منشأ این طوفان‌ها مناطق مرکزی و شمال عراق و سوریه است. گندمکار و همکاران (۱۳۹۶) به تحقیق و ارتباط سنجی روند سری‌های دمایی و روزهای همراه با گرد و غبار استان همدان اقدام نمودند و به این یافته رسیدند که سری‌های دمایی در ماهایی که روند دار بوده‌اند از روند افزایشی برخوردار بوده‌اند. ارناس[1] و همکاران (۲۰۱۷) به پژوهش خصوصیات و منشأ ذرات گرد و غبار بزرگ تولید شده اقدام کردند و به این یافته رسیدند که ذرات گرد و غبار مانند کره‌ها و فشرده‌ها، کلاس اول را تشکیل می‌دهند ذرات گرد و غبار مانند ذرات که عمدتاً به علت پوشش مواد هستند، کلاس دوم ذرات گرد و غبار را تشکیل می‌دهند. دنسیس[2] و همکاران (۲۰۱۷) به اندازه‌گیری ویژگی‌های گردوغبار باد و قابلیت بررسی اقیانوس‌ها پرداخته‌اند آن‌ها به این یافته رسیدند که گرد و غبار دارای مقادیر قابل ملاحظه‌ای از مواد قابل حمل نسبت به هر یک از گرد و غبار خلیج اصلی دریاچه خشک جنوب آفریقا می‌باشد. ساهو[3] و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی جذب فنل از محصول آبی مصنوعی با گرد و غبار ذرات فعال اقدام کردند و به این نتیجه رسیدند که آلاینده‌های آلی تأثیر منفی بر محیط همسایه دارند. جیشیا[4] و همکاران (۲۰۱۷) به پژوهش پیوند بین مهندسی زیست‌شناسی و جنگل‌داری و هوای گرد و غبار در مغولستان داخلی اقدام نمودند و به این نتیجه رسیدند که باد یک اثر تبلیغاتی قوی بر هوای گرد و غبار دارد

1 Arnas
2 Dansies
3 Sahu
4 Jixia

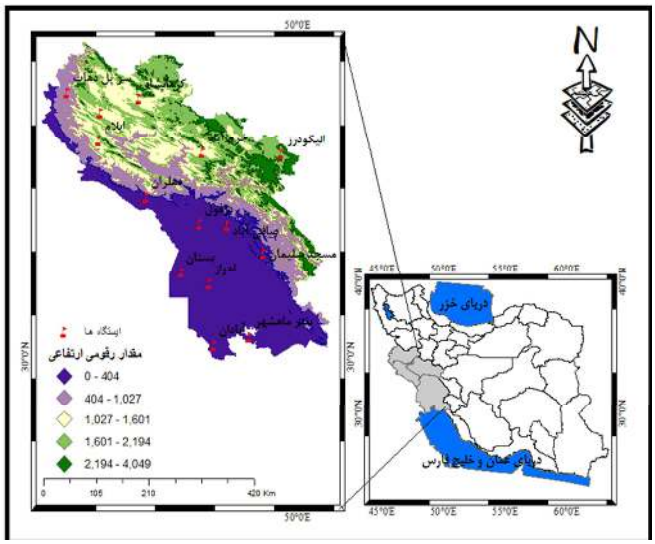
درحالی‌که مهندسی بوم‌شناسی جنگلداری و بارندگی دارای اثر مهاری هستند. زیل هوفر[1] و همکاران (۲۰۱۷) به تحقیق نوسانات سالانه هزاران ساله در تهیه گرد و غبار سوریه در اثر کاهش دوره خشک‌سالی افریقا پرداخته‌اند و به این یافته رسیدند که افزایش غنی‌سازی گرد و غبار در شمال صحرای سواحل غربی منطقه دریای خزر در مناطق شمال غربی افریقای مدیترانه را نشان می‌دهد. شوجی[2] و همکاران (۲۰۱۷) به پژوهش شبیه‌سازی حمل و نقل ناخالصی در پلاسمای محیطی به علت انتشار گرد و غبار در تخلیه پالس طولانی در دستگاه بزرگ سلندر پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که پلاسما بیشتر بر روی انتشار آهن از کویل هلی کوکس تأثیر می‌گذارند و می‌تواند گرد و غبار کربن را از منطقه دیترتور ایجاد کند. لیو[3] و همکاران(۲۰۱۷) به مطالعه شیب‌سازی شارژ گرد و غبار در شرایط پلاک توکاماک پرداخته‌اند ایشان به این نتیجه رسیدند که پانه‌های گرد و غبار برای دمای نسبتاً کم پلاسمای کم‌تر از EV10 و تراکم پلاسمای کمتر از ۱۰۱۹ متر ۳ بار منفی دارند. ونگ[4] و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی اثرات قابل‌توجهی از واکنش‌های ناهمگونی بر ترکیب شیمیایی و حالت مخلوط شدن ذرات گرد و غبار پرداخته‌اند و به این نتیجه دست یافتند که واکنش‌های ناهمگونی مکانیسم اصلی تولید نیترات و سولفات در ذرات گرد و غبار بود. با توجه به جذب گاز اسید توسط ذرات گرد و غبار نیترات آروماتیک و سولفات آمونیوم کاهش می‌یابد. نبوی و همکاران (۲۰۱۷) به پژوهش حساسیت پیش‌بینی‌های آب و هوا همراه با شیمی (WRF-CHEM) به مشخصات عملکرد تابع منبع گرد و غبار در غرب آسیا اقدام نمودند و به این یافته رسیدند که افزایش میانگین همبستگی اسپرمن بین مشاهدات و پیش‌بینی ضریب نوری آئروسل را با ۱۲ تا ۱۶ درصد نسبت به اجرای کنترل با استفاده از توابع منبع استاندارد پیش‌بینی می‌کند آن‌ها حتی شبیه‌سازی گرد و غبار MACCو DREAM بیش از بسیاری از مناطق گرد و غبار بهتر انجام می‌دهد. با توجه به مطالعات انجام شده مذکور برای اجرای این پژوهش اطلاعات کافی در تدوین این پژوهش در حاصل شد، پدیده گرد و غبار به ویژه در غرب و جنوب غربی ایران همواره با مشکلاتی فراوانی برای ساکنان این مناطق همراه بوده است. این پدیده متأثر از شرایط جوی خاصی است که همه ساله خسارات جبران ناپذیری را وارد نموده و باعث بروز مشکلات تنفسی می‌شود این پدیده کیفیت هوا را کاهش می‌دهد؛ بنابراین به این موضوع گرد و غبار باید توجه اساسی داشته باشیم. هدف از این پژوهش ارزیابی و پیش‌بینی پدیده گرد وغبار با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ANFIS توسعه یافته براساس مدل‌های تصمیم‌گیری چند متغیره TOPSIS[5] و SAW[6] می‌باشد.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

1 Zielhofer
2 Shoji
3 Liu
4 Wang
5 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
6 Simple Additive Weighting

منطقه جنوب غربی ایران که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفت شامل ۴ استان: ایلام، کرمانشاه، خوزستان و لرستان می‌باشد از لحاظ جغرافیای جنوب غربی ایران مناطق با آب و هوای خاص خود را شامل می‌شود که هرساله خسارت مخاطره‌ای طبیعی زیادی را به خود می‌بینند. در شکل (۱) منطقه مورد مطالعه و در جدول (۱) مشخصات جغرافیای ۱۴ ایستگاه مورد مطالعه ارائه شدند.



شکل ۱: موقعیت منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح کشور

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌ها و طول دوره آماری داده‌ها

ردیف	نام ایستگاه‌ها	طول جغرافیایی (شرقی)	عرض جغرافیایی (شمالی)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	طول دوره آماری
۱	بستان	۴۸° ۰۰'	۳۱° ۴۳'	۷/۸	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۲	صافی آباد	۴۸° ۲۵'	۳۲° ۱۶'	۸۲/۹	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۳	آبادان	۴۸° ۱۵'	۳۰° ۲۲'	۶/۶	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۴	دزفول	۴۸° ۲۳'	۳۲° ۲۴'	۱۴۳	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۵	مسجد سلیمان	۴۹° ۱۷'	۳۱° ۵۶'	۳۲۰/۵	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۶	بندر ماهشهر	۴۹° ۰۹'	۳۰° ۳۳'	۶/۲	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۷	اهواز	۴۸° ۴۰'	۳۱° ۲۰'	۲۲/۵	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۸	کرمانشاه	۴۷° ۹'	۳۴° ۲۱'	۱۳۱۸/۶	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۹	اسلام آباد غرب	۴۶° ۲۸'	۳۴° ۷'	۱۳۴۸/۸	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۱۰	سر پل ذهاب	۴۵° ۵۲'	۳۴° ۲۷'	۵۴۵	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۱۱	ایلام	۴۶° ۲۶'	۳۳° ۳۸'	۱۳۳۷	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۱۲	دهلران	۴۷° ۱۶'	۳۲° ۴۱'	۲۳۲	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۱۳	خرم آباد	۴۸° ۱۷'	۳۳° ۲۶'	۱۱۴۷/۸	۱۹۹۰-۲۰۱۷
۱۴	الیگودرز	۴۹° ۴۲'	۳۳° ۲۴'	۲۰۲۲	۱۹۹۰-۲۰۱۷

روش تحقیق

در این پژوهش برای ارزیابی و پیش‌بینی گرد و غبار در جنوب غرب ایران از داده‌های ۲۷ ساله گرد و غبار بین سال‌های (۲۰۱۷-۱۹۹۰) استفاده شد برای محقق شدن این هدف از روش‌های شبکه عصبی هیبرید-پانل دیتا و شبکه عصبی تطبیقی ANFIS[1] برای خطایابی و پیش‌بینی استفاده شد و سپس برای مشخص کردن نواحی و ایستگاه‌های درگیر با گرد و غبار، در ۲۳ سال آینده براساس داده‌های تولید شده از پیش‌بینی، از مدل‌های نوین تصمیم‌گیری چند متغیره TOPSIS و SAW بهره گرفته شد و در نهایت مناطق درگیر با گرد و غبار در سال‌های آتی در نرم‌افزار ArcGIS پهنه‌بندی شدند.

الگوی تجربی

در این مطالعه با توجه به چارچوب داده‌های پانل، از مدل جزء خطای دو طرفه استفاده می شود رابطه (۱).

$$L_nP_{it} = \mu_i + \lambda_t + \beta_i L_nER_{it} + v_{it} \qquad (۱)$$

که L_nP_{it} لگاریتم ارزش هر واحد مقدار گرد وغبار (۱۴ ایستگاه مورد مطالعه) می‌باشد. در مدل رگرسیونی (۱)، اثرات غیر قابل مشاهده به دو دسته اثرات مقدار فراوانی گرد و غبار و اثرات زمانی تقسیم می شوند (گجراتی، ۲۰۰۳؛ وولدریج، ۲۰۰۶).

پیش بینی با مدل داده‌های پانل

در ابتدا پیش‌بینی بر اساس مدل جز خطای یک طرفه شرح داده می‌شود، برای پیش‌بینی S دوره بعد برای It امین مقطع، بهترین پیش‌بینی کننده خطی بدون تورش برای yi, T+S به صورت زیر است رابطه ۲، (بالتاجی، ۲۰۰۵).

$$\hat{y}_{i,\,T+S} = Z'_{i,\,T+S}\delta_{GLS} + w'\Omega^{-1}\hat{u}_{GLS} \qquad \text{برای} \quad s \geq 1 \qquad (۲)$$

که Y بردار با ابعاد بردار با ابعاد $X, Z = [i_{NT}, X], NT \times 1$ بردار با ابعاد $i_{NT}, NT \times K$ بردار یکه با بعد $\Omega\,,\, \delta = (\alpha, \beta), NT$ ماتریس واریانس-کواریانس، $\hat{u}_{\mathrm{GLS}} = \mathrm{y} - \mathrm{Z}\hat{\delta}_{\mathrm{GLS}}$ و $w = E\left(u_{i,\,T+S}u\right)$ است. برای دوره‌ی $T + S$ با فرمول ۳ خواهیم داشت:

$$u_{i,\,T+S} = \mu + v_{i,\,T+S} \qquad (۳)$$

و $w = \sigma_\mu^2(l_i \otimes i_T)$ است که l_i ستون i_T ام از ماتریس یکه می باشد In می‌باشد. برای مثال، l_i با برداری است که دارای عدد یک برای i_T امین مشاهده و دارای عدد صفر برای سایر مشاهدات است. در این حالت رابطه (۴) خواهیم داشت:

$$w'\Omega^{-1} = \sigma_\mu^2(l_i' \otimes i_T')\left[\frac{1}{\sigma_1^2}P + \frac{1}{\sigma_v^2}Q\right] = \frac{\sigma_\mu^2}{\sigma_1^2}(l_i' \otimes i_T') \qquad (۴)$$

زیرا $l_i'\otimes i_T'P = (l_i'\otimes i_T')$ ، $(l_i'\otimes i_T')Q = 0$ می باشد با استفاده از رابطه(۴) جز $\mathrm{w}'\Omega^{-1}\hat{u}_{\mathrm{GLS}}$ تبدیل به $\left(\left(T\sigma_\mu^2/\sigma_1^2\right)\bar{\hat{u}}_{i.\ GLS}\right)$ می شود که $\bar{\hat{u}}_{i,\,GLS} = \sum_{t=1}^{T}\hat{\bar{u}}_{it,\,GLS}/T$ می باشد. بنابراین در رابطه (۴)، بهترین تخمین ؛

[1] Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems

نده بدون تورش خطی برای $yi\ ,T+S$ توسط نسبتی از میانگین باقی مانده‌ها موجب تصحیح پیش‌بینی می‌شود. در مدل جزءخطای دو طرفه برای هر دوره‌ی $T+S$ خواهیم داشت رابطه(۵ و ۶).

$$u_{i,\,T+S} = \mu_i + \lambda_{T+S} + v_{i,\,T+S} \quad (۵)$$

$$\begin{aligned} &i = j \text{ برای} \quad E\left(u_{i,\,T+S}u_{jt}\right) = \sigma_\mu^2 \\ &i \neq j \text{ برای} \quad E\left(u_{i,\,T+S}u_{jt}\right) = 0 \end{aligned} \quad (۶)$$

بنابراین، برای بهترین تخمین زننده بدون تورش خطی ارائه شده در رابطه (۴)، $w = E\left(u_{i,\,T+s}u\right) = \sigma_u^2(l_i i_T)$ ثابت باقی می‌ماند و I_i ستون i_T ام از ماتریس یه با ابعاد $N*N$ است. در این حالت رابطه ۷، خواهیم داشت:

$$w'\Omega^{-1} = \sigma_\mu^2(l_i' \otimes i_T')\left[\sum_{i=l}^{4}\frac{1}{\lambda_i}Q_i\right] \quad (۷)$$

با توجه به این که رابطه (۸)،

$$(l_i' \otimes i_T')Q_1 = 0 \qquad (l_i' \otimes i_T')Q_2 = (l_i' \otimes i_T') - i_{NT}'/N \quad (۸)$$

$$(l_i' \otimes i_T')Q_3 = 0 \qquad (l_i' \otimes i_T')Q_4 = i_{NT}'/N$$

فرمول (۹) حاصل می شود:

$$w'\Omega^{-1} = \frac{\sigma_\mu^2}{\lambda_2}[(l_i' \otimes i_T') - i_{NT}/N] + \frac{\sigma_\mu^2}{\lambda_4}(i_{NT}/N) \quad (۹)$$

بنابراین، جزء معمول $\mathrm{w}'\Omega^{-1}\hat{u}_{GLS}$ (که $\hat{u}_{GLS} = y - Z\delta_{GLS}$) به صورت فرمول ۱۰ می‌باشد.

$$\frac{T\sigma_\mu^2}{(T\sigma_\mu^2+\sigma_v^2)}\left(\bar{\hat{u}}_{i0,\,GLS} - \bar{\hat{u}}_{00,\,GLS}\right) + \frac{T\sigma_\mu^2}{(T\sigma_\mu^2+N\sigma_\lambda^2+\sigma_v^2)}\bar{\hat{u}}_{00,\,GLS} \quad (۱۰)$$

که $\bar{\hat{u}}_{i,\,GLS} = \sum_i\sum_t \bar{\hat{u}}_{it,\,GLS}/NT$ و $\bar{\hat{u}}_{i,\,GLS} = \sum_{t=1}^{T}\bar{\hat{u}}_{it,\,GLS}/T$ است. بنابراین برای مدل جزء خطای ؛ طرفه بهترین برآوردکننده بون تورش خطی برای yi, T+S با استفاده از بخشی از میانگین باقی‌مانده‌ها موجب تصحیح می‌شود (فرمول ۱۱).

$$\hat{y}_{i,\,T+S} = Z'_{i,\,T+S}\hat{\delta}_{GLS} + \left(\frac{T\sigma_\mu^2}{T\sigma_\mu^2+\sigma_v^2}\right)\bar{\hat{u}}_{i,\,GLS} \quad (۱۱)$$

پیش بینی با مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا

شبکه عصبی مصنوعی یک مدل پردازش توزیع شده موازی است که از چندین تابع یا واحدهای پردازش اصلی تشکیل شده است توابع فعال‌ساز مورد استفاده در شبکه عصبی اغلب از نوع خطی، سیگموئید و هایبریولیک می‌باشند. تصریح مدل شبکه عصبی مصنوعی بر اساس مشاهدات صورت می‌پذیرد و با توجه به متناهی بودن تعداد نقاط، توابع بسیاری را می‌توان یافت که به خوبی برازش را انجام دهند (کنتارلار و لوکا، ۲۰۰۵؛ کو و بوسرونگسه، ۲۰۰۷).

معرفی معیارهای مقایسه و ارزیابی دقت در روش‌های پیش‌بینی

به منظور مقایسه و ارزیابی روش‌های مختلف، پیش‌بینی از معیارهای نظیر میانگین مجذور خطا[1]، مربع مجذور میانگین خطا[2]، میانگین قدر مطلق خطا[3] و میانگین درصد قدرمطلق خطا[4] استفاده می‌شود که در جدول (۲) اطلاعات مربوط به این معیارها ارائه شده است، مقادیر yi, iy و n به ترتیب نشان دهنده مقادیر پیش‌بینی شده، مقادیر واقعی و تعداد داده‌ها می‌باشند(توحید و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰۷).

جدول ۲: معیار های مقایسه و ارزیابی دقت در پیش بینی، منبع: (توحید و همکاران، ۱۳۹۴: ۱۰۸).

معیار	رابطه‌ها
میانگین مربعات خطا	$MSE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2$
مجذور میانگین مربعات خطا	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}$
میانگین قدر مطلق خطا	$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\lvert y_i - \hat{y}_i\rvert$
میانگین درصد قدر مطلق خطا	$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left\lvert\frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i}\right\rvert \times 100$

سیستم‌های استنتاج عصبی- فازی تطبیقی ANFIS[5]

سیستم فازی یک سیستم مبتنی بر قواعد منطقی "شرط-نتیجه" است که با استفاده از مفهوم متغیرهای زبانی و روند تصمیم‌گیری فازی، فضای متغیرهای ورودی را بر فضای متغیرهای خروجی تصویر می‌کند. ترکیب سیستم‌های فازی که مبتنی بر قواعد منطقی بوده و روش شبکه‌های عصبی مصنوعی که توان استخراج دانش از اطلاعات عددی را دارند، منجر به ارائه سیستم استنتاج تطبیقی عصبی شده است. یک سیستم فازی سوگنو با دو ورودی، یک خروجی و دو قانون و سیستم ANFIS معادل آن آمده است. این سیستم دارای دو ورودی x و y و یک خروجی f می‌باشد. اگر خروجی هر لایه به صورت O_i^1 باشد، (i و i امین گره از لایه j)، ساختار ANFIS از پنج لایه تشکیل می-شود (احمدزاده و همکاران، ۱۳۸۹: ۶۷۹). در پایان میزان خطای مدل‌های حاصل با هم مقایسه می‌شود و تابعی که کم‌ترین میزان خطا را در کم‌ترین زمان آموزش حاصل کند، به‌عنوان تابع عضویت برگزیده خواهد شد. اصولاً وارد کردن داده‌ها به صورت خام باعث کاهش سرعت و دقت شبکه‌ها می‌شود. از این رو برای جلوگیری از اشباع زود هنگام نرون‌ها و یکسان‌سازی ارزش داده‌ها برای شبکه، بایستی ورودی خالص آن‌ها در محدوده تابع سیگموئید (بین

1Mean Squared Error (MSE)
2Root Mean Square Error (RMSE)
3Mean Absolute Error (MAE)
4Mean Absolute Percentage Error (MAPE)
5- Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System

۰ و ۱) قرار گیرد. این کار مانع از کوچک شدن بیشاز حد وزن‌ها شده و از اشباع زود هنگام نرون‌ها جلوگیری می‌کند(کنارکوهی، ۱۳۸۹).

روش نزدیکی به حالت ایده‌آل (TOPSIS)

هوانگ و یون در سال ۱۹۸۱ روش TOPSISرا پیشنهاد کردند. در این روش m گزینه (A1, A2, …, Am) با n شاخص (C1, C2, …, Cn)، ارزیابی شدند (مومنی، ۱۳۸۷). حل این مساله با این روش، مستلزم طی گام‌های زیر است (مکوندی و همکاران، ۱۳۹۱؛ نظم‌فر و علی‌بخشی، ۱۳۹۳):

۱- بی‌مقیاس‌سازی ماتریس تصمیم با استفاده از بی‌مقیاس‌سازی نورم، رابطه ۱۲:

$$r_{ij} = \frac{f_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{j} f_{ij}^2}} \qquad j = 1, \dots, J \qquad i = 1, \dots, n \tag{۱۲}$$

۲-تشکیل ماتریس بی‌مقیاس موزون (Vij) با ضرب ماتریس بی‌مقیاس شده (rij) در ماتریس قطری وزن‌ها (Wi) رابطه ۱۳:

$$v_{ij} = w_i \times r_{ij} \qquad j = 1, \dots, J \qquad i = 1, \dots, n \tag{۱۳}$$

Wi وزن شاخص i ام است، جمع اوزان شاخص‌ها برابر ۱ است.

۳-تعیین راه‌حل ایده‌آل مثبت (A^*) و منفی (A^-) به صورت روابط ۱۴ و ۱۵.

$$A^* = \{v_1^*, \dots, v_n^*\} \tag{۱۴}$$
$$= \{(max_j\, v_{ij} | i \in I'), (min_j\, v_{ij} | i \in I'')\}$$

$$A^- = \{v_1^-, \dots, v_n^-\} \tag{۱۵}$$
$$= \left\{\left(\min_j v_{ij} | i \in I'\right), \left(\max_j v_{ij} | i \in I''\right)\right\}$$

۴- میزان فاصله هر گزینه تا ایده‌آل‌های مثبت و منفی تعیین می‌شود.

فاصله هر گزینه تا ایده‌آل مثبت (D^*_J) به صورت رابطه ۱۶:

$$D_j^* = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^*\right)^2} \quad , \quad j = 1, \dots, J \tag{۱۶}$$

فاصله هر گزینه تا ایده‌آل منفی (D^-_J) به صورت رابطه ۱۷:

$$D_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(v_{ij} - v_j^-\right)^2} \quad , \quad j = 1, \dots, J \tag{۱۷}$$

۵-تعیین نزدیکی نسبی (C^*_i) یک گزینه به راه‌حل ایده‌آل رابطه ۱۸:

$$C_j^* = \frac{D_j^-}{D_j^* + D_j^-} \quad , \quad j = 1, \dots, J \tag{۱۸}$$

۶- رتبه‌بندی گزینه‌ها براساس نزدیکی نسبی (C^*_J)، گزینه‌ای که (C^-_J) آن بزرگ‌تر باشد، بهتر است.

روش وزن دهی ساده(SAW[1])

۱- اگر در یک مساله تصمیم گیری چند معیاره n معیار و m گزینه وجود داشته باشد، به منظور انتخاب بهترین گزینه با استفاده از روش وزن دهی ساده می باشد.

۲- تشکیل ماتریس تصمیم: ماتریس تصمیم این روش شامل جدول است که ستون های آن را معیارها یا زیرمعیارها و سطرهای آن را گزینه ها (ایستگاه‌ها) تشکیل می دهند.

۳- بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم: برای بی مقیاس کردن ماتریس تصمیم در روشساوبه طریق زیر عمل می‌کنیم. اگر معیار مثبت باشد: طبق معادله ۱۹، تک تک اعداد آن ستون را بر بزرگترین عدد تقسیم می‌کنیم و اگر معیار منفی باشد طبق معادله ۲۰، مینیمم آن ستون تقسیم بر تک تک اعداد می‌شود.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j max} \quad (۱۹)$$

$$r_{ij} = \frac{x_j min}{x_{ij}} \quad (۲۰)$$

۴- تشکیل ماتریس وزن دار: در این گام با توجه به وزن های محاسبه شده از روش‌های دیگر ماتریس وزن دار را براساس معادله ۲۱ به دست می آوریم.

$$W_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \times r_{ij} \quad (۲۱)$$

۵- انتخاب گزینه برتر: با جمع سطری ماتریس وزن ها امتیاز هر گزینه محاسبه می‌شود؛ و بر اساس معادله ۲۲ رتبه‌بندی می‌شوند.

$$A^* = \left\{ A_i \middle| \max \frac{\sum_{j=1}^{n} w_j r_{ij}}{\sum w_j} \right\} \quad (۲۲)$$

نتایج و بحث

هدف از پژوهش حاضر بررسی و پیش‌بینی گرد و غبار در غرب و جنوب غرب ایران بود که برای این کار از مدل جدید در اقلیم‌شناسی یعنی استفاده از مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا، شبکه عصبی تطبیقی ANFIS و برای اولویت‌سنجی مناطق و ایستگاه‌های درگیر با گرد و غبار از دو مدل جدید و توسعه یافته تصمیم‌گیری چند متغیره TOPSIS و SAW استفاده شد.

صحت‌سنجی و اعتبارسنجی اولیه برای پیش‌بینی

با توجه مدل‌سازی صورت گرفته براساس مدل شبکه عصبی تطبیقی ANFIS، برای پیش‌بینی گرد و غبار ایستگاه‌ها، در منطقه مورد مطالعه، در مدل‌سازی خطاها برای پیش‌بینی از دو میانگین خطای آموزشی و میانگین خطای

[1] Simple Additive Weighting

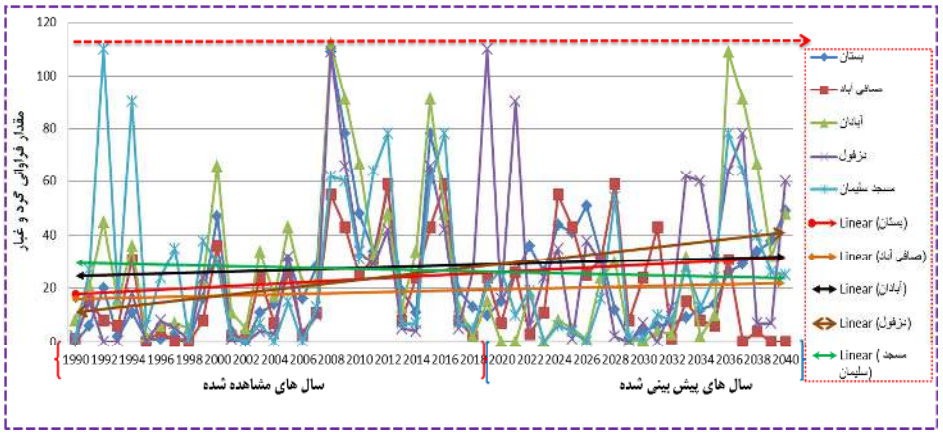
اعتبارسنجی استفاده شد. کم‌ترین میانگین خطای آموزشی و میانگین خطای اعتبارسنجی به ترتیب با مقدار ۰/۰۱ برای ایستگاه صافی‌آباد و ۱/۱۱ درصد برای ایستگاه سرپل ذهاب به دست آمد و در حداکثر میانگین خطای آموزشی و میانگین خطای اعتبارسنجی به ترتیب با مقدار ۱۹/۰۲ برای ایستگاه الیگودرز و ۱۵/۴۳ درصد برای ایستگاه بستان را شامل شد لذا براساس داده‌های به دست آمده از خطایابی‌ها، داده‌های اکثر ایستگاه‌ها براساس مدل ANFIS برای پیش‌بنی قابل قبول می‌باشد. خطاهای آموزشی و اعتبار سنجی سایر ایستگاه‌ها در جدول ۳ ارائه شد.

جدول ۳: میانگین خطای آموزش و میانگین خطای اعتبارسنجی مدل‌سازی به درصد ایستگاه‌ها، در جنوب غرب ایران

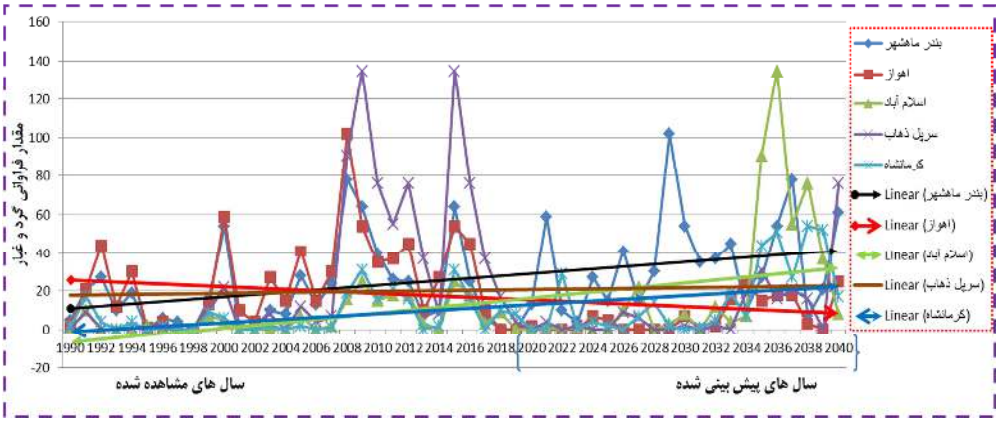
نام ایستگاه‌ها	میانگین خطای اعتبارسنجی، داده وارسی	میانگین خطای آموزشی
بستان	۱۵/۴۳	۱/۰۱۹
صافی آباد	۵/۱۲	۰/۰۱
آبادان	۱/۱۲	۳/۰۰
دزفول	۶/۱	۶/۰۷
مسجد سلیمان	۲	۰/۰۹
بندر ماهشهر	۱/۳۳	۹/۰۱۰
اهواز	۹/۶۶	۸/۰۱۴
کرمانشاه	۱۰/۷۸	۶/۰۷
اسلام آباد غرب	۱۲/۹۸	۱/۰۱۹
سر پل ذهاب	۱/۱۱	۲/۰۸
ایلام	۸/۶۳	۱۱/۰۱۶
دهلران	۱۳/۹	۱۴/۰۱۰
خرم آباد	۱/۲۵	۴/۰۱۴
الیگودرز	۴/۶۹	۱۹/۰۲

پیش‌بینی فراوانی گرد و غبار برای سال‌های آینده

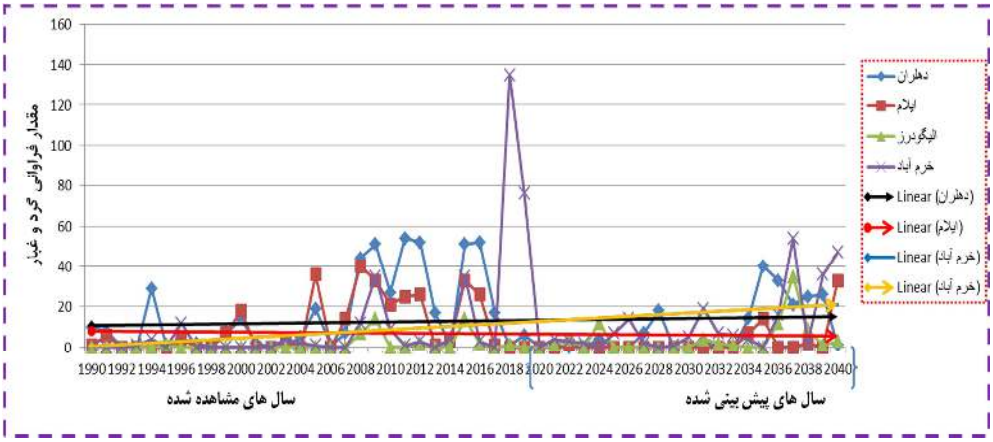
با توجه به خطاسنجی و اعتبارسنجی صورت گرفته و داده‌های حاصل از آن، با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی- تطبیقی ANFIS و پانل دیتا با اطمینان بیش‌تر می‌تواند داده‌های گرد و غبار را برای ۲۲ سال آینده پیش‌بینی کرد. براساس داده‌های به دست آمده از پیش‌بینی در بعضی ایستگاه‌ها روند افزایشی را نشان داد، ایستگاه دزفول با درصد ۱۱۰/۱۱ در سال ۲۰۱۹ فراوانی گرد و غبار، آبادان در سال ۲۰۳۶ با مقدار درصد ۱۰۹/۱۲ فراوانی، ایستگاه بندرماهشهر ۱۰۲/۰۴ درصد فراوانی در سال ۲۰۲۹ در (شکل ۲)، ایستگاه اسلام‌آباد غرب با ۱۳۵/۱۹ درصد فراوانی (شکل ۳) و خرم‌آباد با مقدار ۵۴/۸۷ درصد فراوانی (شکل ۴)، سیر صعودی خود را در ایستگاه‌ها برای سال‌های آینده نشان دادند.



شکل ۲: روند و سری زمانی سال‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده گرد و غبار در ۵ ایستگاه بستان، صافی‌آباد، آبادان، دزفول و مسجد سلیمان در جنوب غرب ایران



شکل ۳: روند و سری زمانی سال‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده گرد و غبار در ۵ ایستگاه بندر ماهشهر، اهواز، اسلام‌آباد، سرپل ذهاب و کرمانشاه در جنوب غرب ایران



شکل ۴: روند و سری زمانی سال‌های مشاهده شده و پیش‌بینی شده گرد و غبار در ۴ ایستگاه دهلران، ایلام، الیگودرز و خرم‌آباد در جنوب غرب ایران

ارزیابی و بررسی عملکرد مدل‌های پیش‌بینی بعد از پیش‌یابی

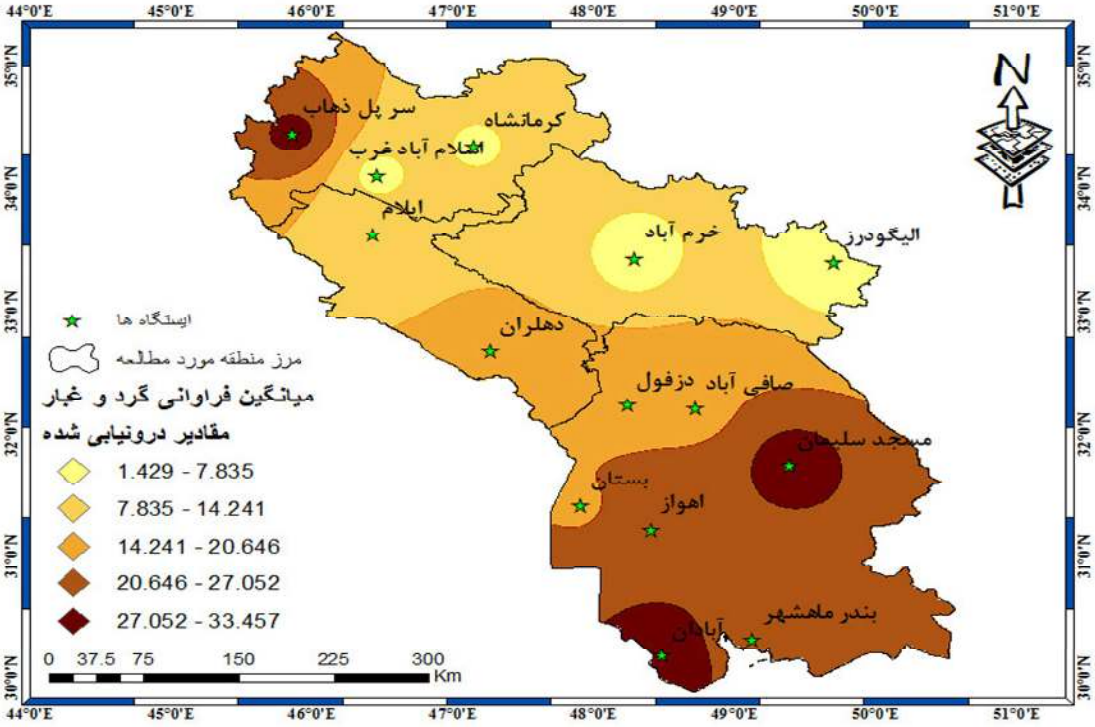
بعد از انجام پیش‌یابی‌های صورت گرفته و داده‌های به دست آمده از آن برای ایستگاه‌ها، مربوط به مدل رگرسیونی جز خطای دو طرفه و مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا، عملکرد پیش‌بینی این دو مدل براساس معیارهای دقیق، مورد ارزیابی قرار گرفته شدند که نتایج به دست آمده از ارزیابی‌های مدل‌ها به تفکیک ایستگاه‌ها برای سال‌های آتی، در جدول ۴ ارائه شدند.

جدول ۴: مقایسه و ارزیابی دقت پیش‌بینی برای هر یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه جنوب غرب ایران

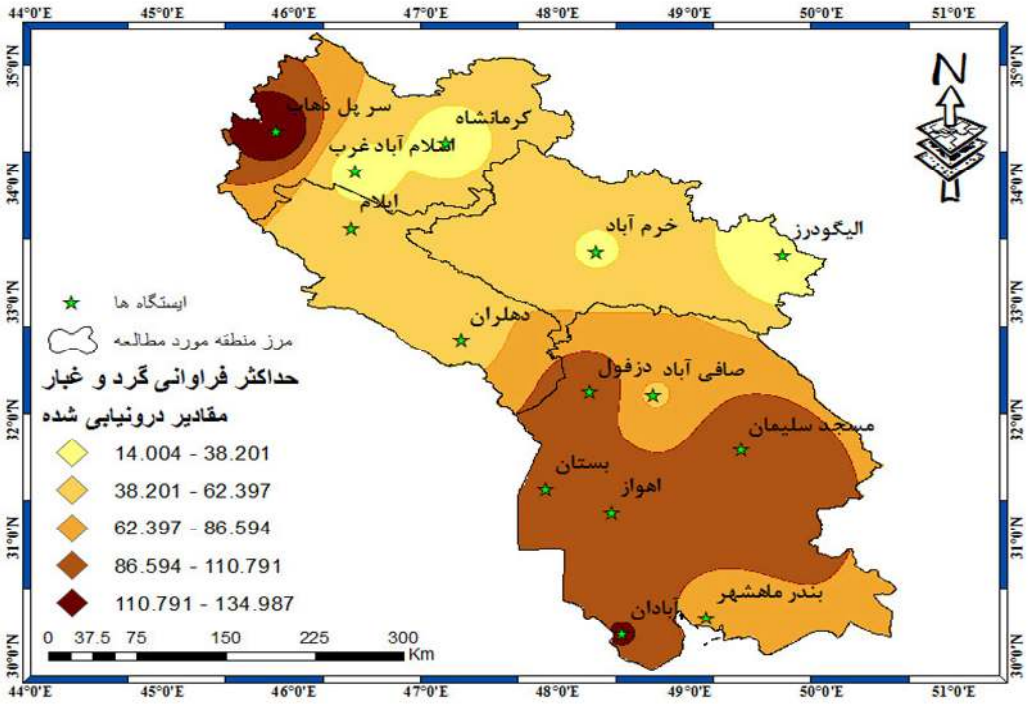
نام ایستگاه‌ها	روش پیش‌بینی	معیارهای ارزیابی دقت			
		MSE	RMSE	MAE	MAPE
بستان	مدل پانل دیتا	۰/۰۰۷۱	۰/۰۶۳۲	۰/۰۵۱۶	۰/۴۱۵۹
	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	۰/۰۰۰۳	۰/۰۱۳۵	۰/۰۲۱۵	۰/۲۱۱۳
صافی آباد	مدل پانل دیتا	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۳۶	۰/۰۹۵۱	۰/۰۰۰۹
	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	۰/۰۲۱۴	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۶	۰/۰۰۱۴
آبادان	مدل پانل دیتا	۰/۰۰۶۵	۰/۰۰۵۴	۰/۰۸۵۲	۰/۰۰۸۵
	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	۰/۰۶۱۵	۰/۰۵۸۷	۰/۰۴۵۶	۰/۰۰۲۵
دزفول	مدل پانل دیتا	۰/۰۳۶۱	۰/۰۰۳۱	۰/۰۳۲۱	۰/۰۰۰۹
	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	۰/۰۰۶۹	۰/۰۱۴۹	۰/۰۹۵۱	۰/۰۰۰۶
مسجد سلیمان	مدل پانل دیتا	۰/۰۴۷۸	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۰۷	۰/۰۱۵۴
	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	۰/۰۶۹۸	۰/۰۱۹۸	۰/۰۱۴۷	۰/۰۸۵۲
بندر ماهشهر	مدل پانل دیتا	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۳۳	۰/۰۷۵۲	۰/۰۸۴۵
	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	۰/۰۰۱۹	۰/۰۰۹۸	۰/۰۱۵۹	۰/۰۶۹۸
اهواز	مدل پانل دیتا	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۴۵۶	۰/۰۲۵۷
	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	۰/۰۰۰۹	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۶۳۲
کرمانشاه	مدل پانل دیتا	۰/۰۱۴۷	۰/۰۳۶۲	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۵
	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	۰/۰۳۸۵	۰/۰۹۸۷	۰/۰۷۴۱	۰/۰۱۲۴
اسلام آباد غرب	مدل پانل دیتا	۰/۰۴۱۵	۰/۰۶۵۴	۰/۰۱۴۵	۰/۰۳۹۷
	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	۰/۰۰۶۳	۰/۰۰۰۵	۰/۰۳۲۱	۰/۰۱۲۵
سر پل ذهاب	مدل پانل دیتا	۰/۰۷۸۵	۰/۰۲۲۲	۰/۰۰۰۸	۰/۰۱۲۹
	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	۰/۰۹۶۵	۰/۰۱۱۱	۰/۰۰۳۲	۰/۰۰۱۲
ایلام	مدل پانل دیتا	۰/۰۰۰۴	۰/۰۵۶۹	۰/۰۰۲۱	۰/۰۳۱۷
	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	۰/۰۰۹۸	۰/۰۰۰۷	۰/۰۰۵۹	۰/۰۱۲۳
دهلران	مدل پانل دیتا	۰/۰۰۲۱	۰/۰۲۵۸	۰/۰۰۱۴	۰/۰۰۳۶
	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	۰/۰۳۶۹	۰/۰۹۸۷	۰/۰۰۲۹	۰/۰۱۹۸
خرم آباد	مدل پانل دیتا	۰/۰۰۱۱	۰/۰۷۴۱	۰/۰۰۱۸	۰/۰۰۱۳
	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	۰/۰۰۱۵	۰/۰۹۶۳	۰/۰۰۸۷	۰/۰۸۴۳
الیگودرز	مدل پانل دیتا	۰/۰۱۷۷	۰/۰۳۵۷	۰/۰۸۵۲	۰/۰۰۶۹
	مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا	۰/۰۳۳۳	۰/۰۷۵۳	۰/۰۱۲۵	۰/۰۸۵۲

پهنه‌بندی فراوانی گرد و غبار

براساس داده‌های به دست آمده از پیش‌یابی‌ها صورت گرفته، میانگین فراوانی، گرد و غبار در ۱۴ ایستگاه مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، پهنه‌بندی انجام شد که براساس میانگین فراوانی گرد وغبار سه ایستگاه سرپل ذهاب، مسجد سلیمان و آبادان بیش‌ترین فراوانی گرد و غبار را به ترتیب با درصد (۲۹/۲۱، ۳۱/۴۴۷ و ۳۳/۴۶) نشان داد و کم‌ترین مقدار فراوانی گرد و غبار را در دو ایستگاه الیگودرز و خرم آباد به ترتیب با درصد فراوانی (۱/۴۲۸ و ۲/۴۲۸) به دست آمد (شکل ۵)؛ اما با توجه به حداکثر فراوانی گرد و غبار به دست آمده بیش‌ترین گرد و غبار در دو ایستگاه سرپل‌ذهاب و آبادان به ترتیب با درصد (۱۲۸/۹۱۷، ۱۲۰/۷۰۹) و کم‌ترین درصد فراوانی گرد و غبار ایستگاه‌ها الیگودرز، اسلام آباد غرب و خرم آباد با درصد به ترتیب (۱۴/۰۵، ۲۰/۰۲۳ و ۲۸/۲۹۰) را نشان داد (شکل۶).



شکل ۵: پهنه‌بندی میانگین فراوانی گرد و غبار، به دست آمده از داده‌های پیش‌بینی شده در جنوب غرب ایران



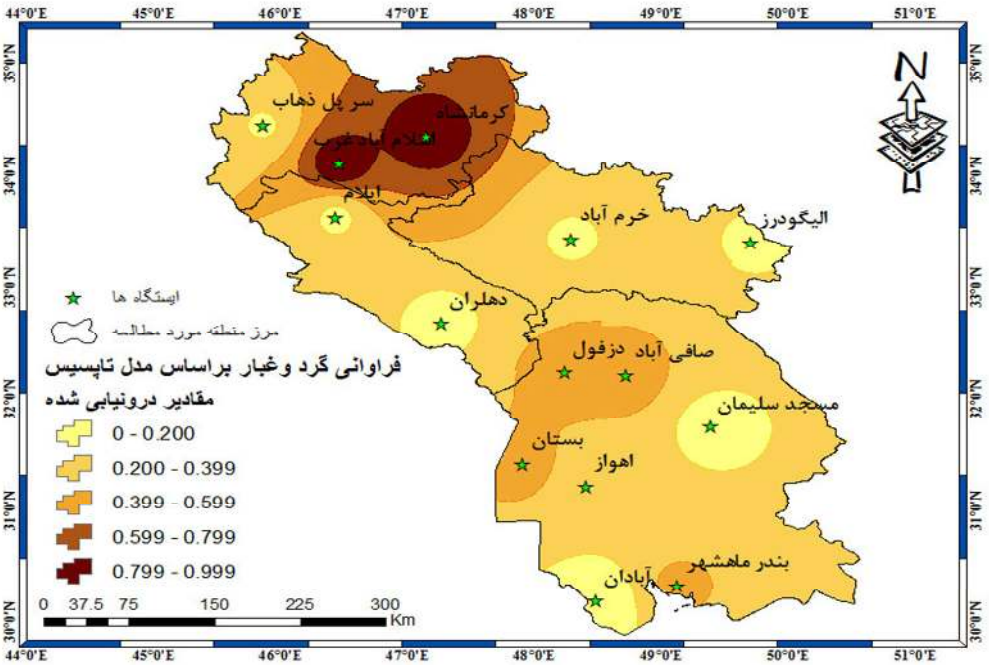
شکل ۶: پهنه‌بندی حداکثر فراوانی گرد و غبار، به دست آمده از داده‌های پیش‌بینی شده در جنوب غرب ایران

اولویت‌سنجی ایستگاه‌های درگیر با گرد و غبار بر اساس دو مدل SAW و TOPSIS در جنوب غرب ایران

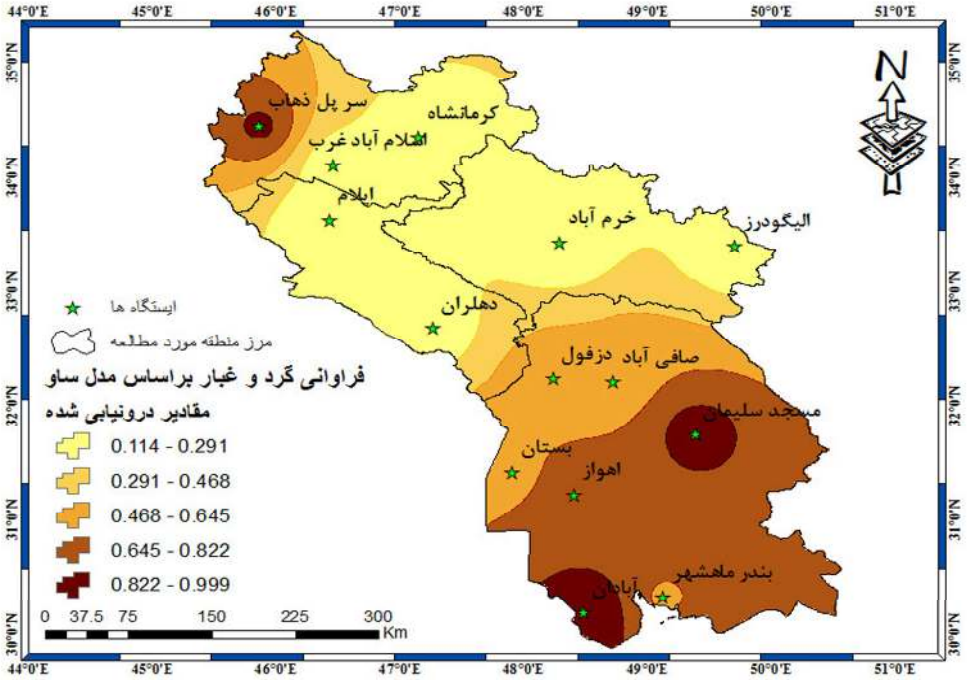
بعد از اعتبارسنجی و خطایابی و پیش‌یابی فراوانی گرد و غبار در ایستگاه‌ها منطقه مورد مطالعه، براساس دو مدل SAW و TOPSIS فراوانی گرد و غبار اولویت‌سنجی و سپس براساس دو مدل مذکور پهنه‌بندی شدند. براساس روش TOPSIS که یکی از روش‌های جدید برای حل مسائل تصمیم‌گیری چند معیاره است که هدف آن انتخاب بهترین گزینه بر اساس نزدیک‌ترین جواب ممکن به جواب ایده‌آل است؛ بنابراین، با بررسی و انتخاب شاخص‌های مناسب در خطایابی (ANFIS, Hybrid - Data panel)، روش‌های آماری و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره و با استفاده از مدل تاپسیس به رتبه‌بندی ایستگاه‌های مورد مطالعه، از نظر فراوانی گرد و غبار جهت انتخاب مکان‌های مستعد بیش‌تر گرد و غبار برای سال‌های آتی در ۲۳ سال آینده پرداخته شد که دو ایستگاه اسلام آباد غرب و کرمانشاه به ترتیب با درصد ۰/۹۹۷ و ۰/۹۶۵۹) در اولویت بیش‌تر در معرض گردو غبار قرار خواهند داشت و دو ایستگاه دهلران و ایلام به ترتیب با درصد (۰/۱۱ و ۰/۱۴۰۷) کم‌ترین فراوانی گرد و غبار را در پی خواهد داشت (جدول ۵) و (شکل ۷). براساس مدل SAW بیش‌ترین ایستگاه‌ها که در آینده در معرض گرد و غبار می‌تواند قرار بگیرند آبادان و مسجد سلیمان به ترتیب با درصد(۰/۹۹۸ و ۰/۹۲) را نشان دادند و کم‌ترین احتمال درگیر ایستگاه‌ها با گرد و غبار براساس مدل SAW دو ایستگاه الیگودرز و خرم‌آباد با ترتیب درصد فراوانی گرد و غبار(۰/۱۲۳ و ۰/۱۱۴) به دست آمدند (جدول ۵) و (شکل ۸).

جدول ۵: اولویت‌بندی ایستگاه‌ها مستعد بیش‌تر گرد و غبار براساس دو مدل SAW و TOPSIS در جنوب غرب ایران

ردیف	ایستگاه‌ها	مدل تاپسیس		مدل ساو	
		رتبه	امتیاز	امتیاز	رتبه
۱	بستان	۴	۰/۴۹۸۷	۰/۵۹۴۴	۶
۲	صافی آباد	۳	۰/۵۲۲۲	۰/۵۷۵۳	۸
۳	آبادان	۱۰	۰/۱۷۲۱	۱	۱
۴	دزفول	۵	۰/۴۹۸۶	۰/۵۹۴۴	۷
۵	مسجد سلیمان	۹	۰/۰۸۹۳	۰/۹۲۷۳	۲
۶	بندر ماهشهر	۶	۰/۴۵۰۲	۰/۶۳۸۳	۵
۷	اهواز	۷	۰/۲۴۸۱	۰/۷۹۸۲	۴
۸	اسلام آباد	۱	۱	۰/۱۸۶۷	۱۰
۹	سرپل ذهاب	۸	۰/۱۷۴۶	۰/۸۵۸	۳
۱۰	کرمانشاه	۲	۰/۹۶۵۹	۰/۲۱۴۲	۹
۱۱	دهلران	۱۴	۰/۱۱	۰/۱۶۳۲	۱۱
۱۲	ایلام	۱۳	۰/۱۴۰۷	۰/۱۲۳۴	۱۲
۱۳	الیگودرز	۱۱	۰/۱۷۳۲	۰/۱۲	۱۴
۱۴	خرم آباد	۱۲	۰/۱۶۲۳	۰/۱۱	۱۳



شکل ۷: نقشه نهائی پهنه‌بندی مناطق درگیر با فراوانی گرد و غبار، به دست آمده از داده‌های پیش‌بینی شده در جنوب غرب ایران بر اساس مدل TOPSIS



شکل ۸: نقشه نهائی پهنه‌بندی مناطق درگیر با فراوانی گرد و غبار، به دست آمده از داده‌های پیش‌بینی شده در جنوب غرب ایران بر اساس مدل SAW

نتیجه‌گیری

پدیده گرد و غبار هرساله خسارات جبران‌ناپذیر زیادی در بخش‌های مختلف زندگی موجودات زنده و محیطی به بار می‌آورد با توجه به اهمیت این مساله محققان این پژوهش را بر آن داشت تا این موضوع را در منطقه وسیع از ایران با تعداد ایستگاه‌های زیاد مورد بررسی قرار بگیرید. در پژوهش حاضر واکاوی و پیش‌بینی پدیده مخاطره‌ای گرد و غبار در غرب و جنوب غرب ایران در استان‌های خوزستان، ایلام، لرستان و کرمانشاه با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی هیبریدی و پانل انجام شد. نتیجه به دست آمده حاکی از آن است که در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه پدیده گرد و غبار در حال صعودی می‌باشد. برای خطا و اعتبار سنجی، داده‌های گرد و غبار برای پیش‌یابی از دو مدل شبکه عصبی تطبیقی ANFIS و شبکه عصبی هیبریدی استفاده شد که قدرت شبکه عصبی هیبریدی نسبت به شبکه عصبی تطبیقی ANFIS بیش‌تر بود. با توجه به مقایسه و ارزیابی صورت گرفته برای پیش‌بینی صورت گرفته میانگین فراوانی گرد وغبار بیش‌ترین مقدار آن در سه ایستگاه صورت سرپل ذهاب، مسجد سلیمان و آبادان به ترتیب با درصد (۲۹/۲۱، ۳۱/۴۴۷ و ۳۳/۴۶) نشان داد، با توجه به این که این سه ایستگاه در منطقه مرزی کشور ایران قرار دارد برای کاهش خسارت‌های گرد و غبار علاوه‌بر همکاری و برنامه‌ریزی سازمان‌های ذی‌ربط داخلی باید با انعقاد تفاهم‌نامه بین‌المللی با کشورهای همسایه موثر در ایجاد گرد و غبارهای داخلی هستند اقدام شود. ایستگاه‌های که در منطقه مورد مطالعه دارای پتانسیل بالا درگیری با پدیده گرد و غبار را، در سال‌های آتی دارند مسئولین مربوطه باید

در زمینه‌های مختلف مانند بهداشت، کشاورزی، بخش‌های مختلف دیگر که عوارض زیادی را در صورت مواجه با گرد و غبار را دارند با همکاری دقیق بین سازمانی و پیشگیری‌ها لازم را باید انجام داد تا در هنگام بروز پدیده گرد و غبار خساراتی به وجود نیاد یا در صورت بروز خسارت، زیاد یا قابل توجه نباشد. براساس دو مدل جدید تصمیم‌گیری چند متغیره TOPSIS و SAW؛ براساس مدل تاپسیس ایستگاه‌های که احتمال رخداد گرد و غبار در آینده در آن بیش‌تر است عبارتند از دو ایستگاه اسلام آباد غرب و کرمانشاه به ترتیب با درصد ۰/۹۹۷ و ۰/۹۶۵۹) می‌باشند و براساس مدل ساو دو ایستگاه آبادان و مسجد سلیمان به ترتیب با درصد(۰/۹۹۸ و ۰/۹۲) بیش‌ترین احتمال رخداد گرد و غبار را در پی خواهد داشت. با توجه با نتایج حاصل برای کاهش اثرات مخاطره‌ای گرد و غبار در منطقه مورد مطالعه سازمان‌های مربوطه با موضوع فوق تصمیمات جدی برای این کار اتخاذ کنند. واکاوی و پیش‌بینی پدیده گرد و غبار در جنوب غرب ایران در این پژوهش انجام شد، روش مورد استفاده در پژوهش حاضر در اکثر مطالعات که صورت گرفته، روش مناسبی در امر پایش، آنالیز و مقایسه عنوان شده است. از جمله: عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰: ردیابی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران؛ ناصرپور و همکاران، ۱۳۹۴: منشایابی توفان‌های گرد و غبار در جنوب غرب ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه های هوا کارایی قابل قبولی داشت؛ برومندی و همکاران، ۱۳۹۵: منشایابی ذرات گرد و غبار با بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن ها و مدل‌سازی عددی در شهرستان مسجد سلیمان؛ صحرایی و همکاران، ۱۳۹۶: ردیابی طوفان گرد و غبار (مطالعه موردی خوزستان) و صفریان زنگیر و همکاران، ۱۳۹۷: بررسی گرد و غبار و ارزیابی امکان پیش‌بینی آن در استان اردبیل با استفاده از مدل ANFIS، دقت قابل قبول مدل را تایید نمودند. با این حال با همه مقایسه صورت گرفته با مدل‌ها و شاخص‌های مختلف در تحقیق‌های مذکور، مدل‌های استفاده شده در پژوهش حاضر در واکاوی و پیش‌بینی پدیده گرد و غبار در جنوب غرب ایران کارایی قابل قبولی دارد.

منابع

احمدزاده قره‌گویزکاوه؛ میرلطفی مجید؛ محمدی کورش (۱۳۸۹). مقایسه سیستم‌های هوش مصنوعی در(ANN و ANFIS) در تخمین میزان تبخیر تعرق گیاه مرجع در مناطق بسیار خشک ایران، نشریه آب و خاک. دوره ۴، شماره ۵، صص ۶۸۹-۶۷۹.

بابایی‌فینی ام‌السمه؛ صفرراد طاهر؛ کریمی مصطفی (۱۳۹۵). تحلیل و شناسایی الگوهای همدیدی توفان‌های گرد و غبار غرب ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۵، شماره ۱۷، صص ۱۱۹ـ۱۰۵.

باقری زهرا؛ محمود حسینی صدیق (۱۳۹۵). تحلیل سینوپتیکی گرد و غبار در گسترده ۵۲ شهر جنوبی ایران، اولین کنفرانس بین‌المللی مخاطرات طبیعی و بحران‌های زیست محیطی ایران، راهکارها چالش‌ها، صص ۲۹ـ۲۶.

برومندی پریا (۱۳۹۵). منشایابی ذرات گرد و غبار با بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها و مدل‌سازی عددی در شهرستان مسجد سلیمان، سلامت و محیط زیست، دوره ۹، شماره ۴، صص ۵۲۶ـ۵۱۷.

توحیدی امیرحسین؛ زارع‌مهرجردی محمدرضا؛ مهرابی حسین؛ نظام‌آبادی‌پور حسین (۱۳۹۴). ارزیابی مدل هیبرید شبکه عصبی مصنوعی-پانل دیتا در پیش‌بینی قیمت صادرات خشکبار ایران، فصل‌نامه اقتصاد مقداری(بررسی‌های اقتصادی سابق)، دوره ۱۲، شماره ۳، صص ۱۱۶-۹۵.

خوش‌اخلاق فرامرز؛ نجفی محمدسعید؛ محمد زمان‌زاده؛ شیرازی محمدحسن؛ صمدی مهدی (۱۳۹۲). بررسی ترکیبات بار گرد و غبار در غرب و جنوب غربی ایران، جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۲، شماره ۶، صص ۳۶ـ۱۷.

خوش‌اخلاق فرامرز؛ نجفی محمدسعید؛ صمدی مهدی (۱۳۹۱). واکاوی همدید رخداد گرد و غبار بهاره در غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۴، شماره ۲، صص ۱۲۴ـ۹۹.

خوش‌کیش اسدالله؛ علیجانی بهلول؛ حجازی‌زاده، زهرا (۱۳۹۰). تحلیل سینوپتیکی سامانه‌های گرد و غبار در استان لرستان، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۱۸، شماره ۲۱، صص ۱۱۰ـ۹۱.

دستجردی جواد؛ موسوی حجت؛ کاشکی عبدالرضا (۱۳۹۰). تحلیل همدید طوفان‌های گرد و غبار ایلام، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۳، پیاپی ۴۶، شماره ۲، صص ۳۴ـ۱۵.

ذوالفقاری حسن؛ معصوم‌پور جعفر؛ شایگان‌مهر شاپور؛ احمدی محمد (۱۳۹۰). بررسی همدید توفان‌های گرد و غبار ایران طی سال‌های ۱۳۸۴ـ۱۳۸۸، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دوره ۲۲، شماره ۳، صص ۳۴ـ۱۷.

شمسی‌پور علی اکبر؛ طاهر صفرراد (۱۳۹۱). تحلیل ماهواره‌ای همدیدی پدیده گرد و غبار، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۴، شماره ۷۹، صص ۱۲۶ـ۱۱۱.

صحرایی جلیل؛ بهرامی مژگان؛ محمدی ناهید (۱۳۹۶). ردیابی طوفان گرد و غبار (مطالعه موردی خوزستان)، اولین همایش اندیشه‌ها و فناوری‌های نوین در علوم جغرافیا، صص ۱۶ـ۱۱.

صفریان‌زنگیر وحید؛ زینالی بتول؛ جعفری یوسف؛ جعفرزاده لیلا (۱۳۹۷). بررسی گرد و غبار و ارزیابی امکان پیش‌بینی آن در استان اردبیل با استفاده از مدل ANFIS، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ۵، شماره ۲، صص ۱۴۲-۱۲۵.

ظهوریان منیژه؛ جهانگیری لیلا (۱۳۹۳). تحلیل سینوپتیکی و آماری رخداد گرد و غبار در شهر اهواز، اولین کنفرانس ملی آسیب شناسی محیط زیست و آلودگی‌های شهری، صص ۶۹- ۶۷.

عزیزی قاسم؛ میری مرتضی؛ نبوی امید (۱۳۹۰). ردیابی پدیده گرد و غبار در نیمه غربی ایران، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال ۲، شماره ۷، صص ۸۱ـ۶۳.

عطایی شیما؛ محمدزاده علی؛ آبکار علی‌اکبر (۱۳۹۴). شناسایی گرد و غبار با استفاده از روش درخت تصمیم‌گیری از تصاویر سنجنده مادیس، علوم و فنون نقشه برداری، دوره ۴، شماره ۴، صص ۱۶۱ـ۱۵۱.

عمارلو جواد؛ جاوید حمیدرضا؛ شکاریان رضا؛ رضایی فاطمه؛ وحدانی احمد (۱۳۹۶). ذرات گرد و غبار و تاثیر آن بر کیفیت هوا، چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، صص ۴۱ـ۳۶.

فلاح محمد؛ وفایی‌نژاد، علیرضا؛ خیرخواه مسعود؛ احمدی فریبرز (۱۳۹۳). پایش و تحلیل سینوپتیکی پدیده گرد و غبار، اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۳، شماره ۹۱، ص ۸۰ـ۶۹.

کریمی مصطفی؛ شکوهی کامیار (۱۳۹۰). اندرکنش گردش جو و پوشش سطح زمین در سازوکار تشکیل و گسترش توفان‌های گرد و غبارتابستانه خاورمیانه، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۳، شماره ۷۸، صص ۱۳۰ـ۱۱۳.

کنارکوهی عذرا؛ سلیمان‌جاهی حوریه؛ فلاحی شهاب؛ ریاحی‌مدوار حسین؛ مشکات زهرا (۱۳۸۹). استفاده از سیستم جدید هوشمند استنتاج فازی–عصبی تطابقی(ANFIS) برای پیش‌بینی قدرت سرطان‌زایی ویروس پاپیلوهای انسانی. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اراک، دوره ۴، شماره ۲، صص ۱۰۵-۹۵.

گندمکار امیر؛ فنایی راضیه؛ دانشور فاطمه؛ کاردان حسین؛ احدی‌نژاد مریم؛ رضایی نجمه (۱۳۹۶). بررسی و ارتباط سنجی روند سری‌های دمایی و روزهای همراه با گرد و غبار استان همدان، جغرافیا، دوره ۱۵، شماره ۵۳، صص ۲۹۳ـ۲۷۷.

مکوندی رقیه؛ مقصودلوکمالی، بیژن؛ محمدفام، ایرج (۱۳۹۱). بهره‌مندی از مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره TOPSIS در ارزیابی پیامدهای محیط زیستی پالایشگاه‌های نفت(مطالعه موردی: پالایشگاه نفت فوق سنگین خوزستان)، پژوهش‌های محیط زیست، دوره ۳، شماره ۵، صص ۸۶-۷۷.

ناصرپور سمیه؛ علیجانی بهلول؛ ضیاییان پرویز (۱۳۹۴). منشا یابی توفان‌های گرد و غبار در جنوب غرب ایران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های هوا، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۱، صص ۳۶ـ۲۱.

نظم‌فر حسین؛ علی‌بخشی آمنه (۱۳۹۳). سنجش نابرابری فضایی در برخورداری از شاخص‌های آموزشی با استفاده از روش تاپسیس(مطالعه موردی: استان خورستان)، دو فصل‌نامه مطالعات برنامه‌ریزی آموزشی، دوره ۳، شماره ۶، صص ۱۳۴-۱۱۵.

هژبرپور قاسم؛ محمدی سیاوش؛ اکبرنیا علی؛ احدی مهیا (۱۳۹۴). تحلیل سینوپتیکی و آماری پدیده گرد و غبار شهر اردبیل، پنجمین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، صص ۱۷ـ۱۳.

Arnas, C; lrby, J; Celli, S; detemmerman, G; Addab, Y; couedel, L; grisolia, C; lin, Y; martin, C; pardanaud, C; pierson, S.,(2017), Characterization and origin of large size dust particles produced in the alcator _C mod tokamak, Nuchear materials and energy, 11,(12-19).

Baltagi, B.H.,(2005), Econometric Analysis of Panel Data. 3rd Edition, New York: John Wiley and Sons.

Cantarella, G.E., & Luca, S.D.E.,(2005), Multilayer Feedforward Networks for Transportation Mode Choice Analysis: An Analysis and a Comparison with Random Utility Models. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 13,(121-155).

Co, H.C., & Boosarawongse, R.,(2007), Forecasting Thailand's Rice Export: Statistical Techniques Vs. Artificial Neural Networks. Computers & industrial engineering, 4,(610-627).

Cuevas, E., Gomezplelaz, A.G., rodriguez, S., terradellas, E., basart, S., Garcia, R.D; Garcia, O.E., Alonso, S.,(2017), The pulsating nature of large scale Saharan dust transport, atmospheric environment, 167,(586-602).

Dansie, A. p., wigs, G.F.S., Thomas, D.S.G., Washington, R.,(2017), Measurements of windblown dust characteristics and ocean fertilization potential, Aeolian research, 29,(30-41).

Gujarati, D.N., (2003). Basic econometrics. 4th edition, New York: McGraw-Hill.

Jixia, H., qibin, Z., jing, T., depeng, Y., quansheng, G.,(2017), Association between forestry ecological engineering and dust weather in lnner Mongolia, physics and chemistry of the earth, parts A/B/C, 104,(76-83).

Kisi, O., Ozturk O.,(2007), Adaptive neurofuzzy computing technique for evapotranspiration estimation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. ASCE, 4,(368-379).

Liu, Z; wang, D; miloshevsky, G.,(2017), Simulation of dust grain charging under tokamak plasma conditions, nuclear materials and energy, 12,(530-535).

Nabavi, O., haimberger, L., samimi, C.,(2017), Sensitivity of WRF_ chem predictions to dust source function specification in west asia, Aeolian research, 24,(115-131).

Sahu, O., rao, D., gabbiye, N., engidayehu, A., teshale, F.,(2017), Sorption of phenol fram synthetic aqueous solution by activated saw dust, biochemistry and biophysics reports, 12,(46-53).

Shoji, M., kawamura, G., smirnov, R., pigarov, A., tanaka, Y., masuzaki, S., uesugi, y.,(2017), Simulation of impurity transport in the peripheral plasma due to the emission of dust in long pulse discharges on the large helical device, nuclear materials and energy, 12,(779-785).

Wang, Z., Pan, X., Uno, I., li, J., Wang, Z., Chen, X., Fu, P., Yang, T., Kobayashi, H., Shimizu, A., Sugimoto, N., Yamamotom, S.,(2017), Significant impacts of heterogeneous reactions on the chemical composition and mixing state of dust particles, atmospheric environment, 159,(83-91).

Willame, Y., Vandaele, A.C., depiesse, C., lefevre, F., letocart, V., Gillotay, D., montmessin, F.,(2017), Retrieving cloud dust and ozone abundances in the martion atmosphere SPICAM/UV nadir spectra, planetary and space science, 142,(9-25).

Wooldridge, J.M.,(2006), Introductory Econometrics: A Modern Approach. 3rd Edition, New York: South-Western.

Zalesna, E., grzonka, J., rubel, M., carrasco, A., widdowson, A., baron, A., ciupinski, L., contributors, J.,(2017), Studies of dust from JET with the ITER like wall: composition and internal structure, nuclear materials and energy, 12,(582-587).

Zielhofer, C., suchodoletz, H., fletcher, W., Schneider, B., dietze, E., schleget, M., schepanski, K., weninger, B., mischke, S., mikdad, A.,(2017), millennial scale fluctuations in Saharan dust supply across the decline of the African humid period, quatemary science reviews, 717,(119-135).

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۱۶

تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۱/۲۶

صفحات: ۲۱۲ - ۱۹۹

ارزیابی اثرات محیط زیستی و تعیین سطح پایداری معدن گرانیت بوگ با استفاده از مدل فیلیپس

غلامحسن کاخا[۱]*، سمیه طبسی[۲]، علیرضا دوچشمه گرگیج[۳]، محسن جامی[۴]

چکیده

توسعه پایدار نتیجه ایجاد تعادل بین سه اصل محیط زیست، اجتماع و اقتصاد است، به طوری که عدم توجه به هر کدام از این اصول موجب برهم خوردن تعادل و فاصله گرفتن از توسعه پایدار می‌شود. معدنکاری و صنایع وابسته به آن، نقش ارزشمند و مثبتی در توسعه اقتصادی و فرآیند صنعتی شدن هر کشوری دارد. هدف اصلی پایداری معادن؛ افزایش سود، کاهش ریسک عملیاتی و دستیابی به محیط زیستی ایده‌آل است. ارزیابی آثار محیط زیستی نقش مهمی در حفظ مسائل محیط زیستی دارد. در همین راستا به مطالعهٔ آثار محیط زیستی در معدن گرانیت بوگ واقع در استان سیستان و بلوچستان از طریق تعیین فاکتورهای مؤثر و مؤلفه‌های محیط زیستی پرداخته شده است. معدن گرانیت بوگ یکی از مهم‌ترین معادن سنگ ساختمانی ایران به شمار می‌رود که به صورت روباز استخراج می‌شود و بر اقتصاد، فرهنگ و محیط زیست اطراف خود تأثیر قابل توجهی دارد. در این مطالعه مدل کمّی ارزیابی آثار محیط زیستی با استفاده از روش ماتریس بکار گرفته شد. نتایج حاصل از مطالعهٔ اثار مذکور نشان دهندهٔ این مورد است که مؤلفه‌های کیفیت هوا، سلامتی و ایمنی انسان و اکولوژی به ترتیب با امتیازهای ۳۳/۶۳، ۲۸/۲۶ و ۲۸/۰۹ درصد، دارای بیشترین آسیب محیط زیستی از فعالیت‌های معدنکاری منطقه هستند. در نهایت، ارزیابی پایداری این مجموعه با استفاده از مدل ریاضی فیلیپس انجام شد. مجموعه محاسبات با در نظر گرفتن این که تاثیر پارامترهای محیط زیستی بیشتر از پارامترهای انسانی است نشان داد که فعالیت‌های معدنکاری مورد مطالعه پایدار بوده ولی سطح پایداری این مجموعه ضعیف است. بنابراین تمهیدات مناسب جهت انجام فعالیت‌های معدنی در منطقه با الویت محیط زیست باید صورت گیرد.

واژگان کلیدی: توسعه پایدار، ارزیابی آثار محیط زیستی، مدل فیلیپس، فاکتورهای مؤثر، مؤلفه‌های محیط زیستی، معدن گرانیت بوگ.

[۱]- استادیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده صنعت و معدن خاش (نویسنده مسئول) g.kakha@eng.usb.ac.ir

[۲]- استادیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده صنعت و معدن خاش somayehtabasi@eng.usb.ac.ir

[۳]- استادیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده صنعت و معدن خاش gorgij.a.d@eng.usb.ac.ir

[۴]- استادیار گروه مهندسی معدن، دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده صنعت و معدن خاش M.jami@eng.usb.ac.ir

مقدمه

توسعه، پدیده‌ای مرکب از جنبه‌های کمی و کیفی بسیار می‌باشد. مفهوم توسعه علاوه بر آنکه شامل رشد کیفی می‌باشد، ابعاد کیفی دیگر نظیر تغییرات بنیان‌های اقتصادی، اجتماعی، سیاسی، علمی و فرهنگی را نیز در بر می‌گیرد (Jirvand, 1994). راهبرد تقدم رشد، در دهه‌های ۱۹۵۰ و ۱۹۶۰ مورد توجه اغلب کشورهای در حال توسعه قرار گرفت. اما در دهه ۱۹۷۰، شاخص‌های کیفی توسعه نظیر کاهش فقر، توزیع برابر درآمد و تامین نیازهای اولیه مردم مورد تاکید قرار گرفت (Parvin, 1994). اصطلاح توسعه پایدار یا پایا[1] در اوایل سال‌های دهه ۱۹۷۰ درباره محیط و توسعه بکار رفت. توسعه پایدار، فرآیندی است برای بدست آوردن پایداری در هر فعالیتی که نیاز به منابع و جایگزینی سریع و یکپارچه آن وجود دارد. توسعه پایدار در کنار رشد اقتصادی و توسعه بشری مستمر، با توجه به پایداری منابع تجدیدناپذیر، آینده‌ای مطلوب را برای جوامع بشری متصور می‌شود (غفاری و همکاران، ۱۳۹۵). کمیسیون جهانی محیط زیست و توسعه در سال ۱۹۸۷ در گزارشی موسوم به " آینده مشترک ما"، توسعه پایدار را به صورت رفع نیازهای نسل امروز بدون به خطر انداختن توانایی‌های نسل‌های آینده برای برآوردن نیازهایشان تعریف می‌کند (WCED, 1987). توسعه پایدار برآیند ایجاد تعادل بین سه مولفه اصلی اقتصاد، اجتماع و محیط زیست است. به گونه‌ای که عدم توجه به هرکدام از این مولفه‌های سه‌گانه موجب برهم خوردن تعادل و دور شدن از اهداف توسعه پایدار می‌شود.

امروزه، توسعه اقتصادی در بیشتر موارد از توسعه فرهنگی پیشی گرفته و این امر سبب شده است تا محیط زیست به مخاطره افتد. بعد محیط زیستی توسعه پایدار به حفاظت و تقویت منابع فیزیکی، بیولوژیکی و اکوسیستم‌ها مرتبط است و به رابطه بین انسان و طبیعت می‌پردازد (Tavakol et al., 2012). نگرانی‌های شدیدی که در رابطه با محیط زیست وجود دارد موجب شده است که بنیادهای بین‌المللی، دستیابی به توسعه پایدار را مستلزم حفاظت از محیط زیست بدانند.

از جمله صنایع تاثیرگذار در فرآیند صنعتی شدن هر کشور و دستیابی به توسعه اقتصادی، صنعت معدنکاری و صنایع وابسته به آن است که می‌توان با مدیریت و استفاده از منابع باارزش معدنی در کنار نیروی کار متخصص، سرعت توسعه پایدار در کشور را از طریق ایجاد سرمایه و دارایی، ایجاد اشتغال، توسعه مدنیت و تعدیل اثرات مخرب بر محیط زیست افزایش داد (پورمیرزایی، ۱۳۹۵). فعالیت‌های معدنکاری آثار محیط زیستی بسیار گسترده‌ای بر منابع آب، خاک، هوا و موجودات زنده دارند (Giannopoulou and Panias, 2006). استخراج منابع معدنی، با تخریب زمین، محیط زیست و نابودی منابع تجدید نشدنی و فرآوری مواد معدنی با ایجاد پساب‌های سمی، چالش‌های مهم محیط زیستی را ایجاد نموده‌اند. به منظور حفاظت از محیط زیست، کنترل تبعات اجتماعی فعالیت‌های معدنکاری و ایجاد اقتصادی پویا، توجه به جنبه‌های توسعه پایدار صنعت معدنکاری امری ضروری است. دستورالعمل‌های جامع محیط زیستی در رابطه با فعالیت‌های معدنکاری و توسعه پایدار، به دنبال حداکثر کردن رفاه نسل کنونی، با توزیع یکنواخت

1- Sustainable development

هزینه‌ها و منافع و حفظ پتانسیل ذخایر برای نسل‌های آینده می‌باشند (IIED and WBCSD, 2002). در این راستا پیشنهاداتی چون اکتشاف مداوم، نوآوری در فناوری و احیای محیط زیست صورت گرفته است (Von Below, 1993). اما باید در نظر گرفت که مهم‌ترین جزء اجرای مفاهیم توسعه پایدار، دولت است که باید به فعالیت هایی مانند آموزش و توسعه استانداردهای اندازه‌گیری و استخراج صحیح معادن توجه کند (Von Below, 1993; Basu and Kumar, 2004).

هدف اصلی معدنکاری پایدار، افزایش سود، کاهش ریسک عملیاتی و تامین شرایط ایده‌آل محیط زیستی است. ارزیابی آثار محیط زیستی[1] (EIA) جهت جلوگیری و کنترل مشکلات محیط زیستی حاصل از صنایع مختلف، امری ضروری است. هدف از برنامه EIA، شناسایی اثرات مضر فعالیت‌های معدنی و تعیین تمام بخش‌های تاثیرپذیر از این اثرات و تلاش در جهت کاهش اثرات بلند مدت آن است (Sereshki and Saffari, 2016). روش‌های مختلف EIA شامل ماتریس‌ها، شبکه‌ها، چک لیست‌ها، آنالیزهای ورودی- خروجی، مجموعه‌های فازی و ... می‌باشد (Folchi, 2003). ایلخانی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از مدل ریاضی فیلیپس به بررسی شاخص‌های توسعه پایدار معدن روباز سنگ آهن سنگان خواف پرداختند (ایلخانی و همکاران، ۱۳۹۵). عطائی و همکاران (۲۰۱۶) با کمی سازی نظرات کیفی، اثرات محیط زیستی معادن زغال‌سنگ البرز شرقی را مورد ارزیابی قرار دادند (Ataei et al., 2016). صفاری و سرشکی (۲۰۱۶) اثرات محیط زیستی مجموعه سیمان شاهرود را بررسی و با استفاده از مدل ریاضی فیلیپس سطح پایداری را تعیین نمودند (Sereshki and Saffari, 2016). تحولات اخیر و بهبود در روش‌های EIA، موجب تعیین آثار عملیات معدنکاری بر محیط زیست با دقت بیشتر شده است (Yu et al., 2005). هدف و نتیجه اصلی تمام این مطالعات، جلوگیری از اثرات مخرب فعالیت‌های معدنی و صنعتی و افزایش کیفیت محیط زیست، دستیابی به استانداردهای محیط زیستی در تمام مراحل معدنکاری، ایجاد دانش و آگاهی درباره جنبه‌های محیط زیستی در مدیریت پروژه، ارائه پیشنهاداتی جهت کاهش آلودگی منابع طبیعی و اجرای طرح‌های مناسب می‌باشد (Jarvis and Younger, 2000).

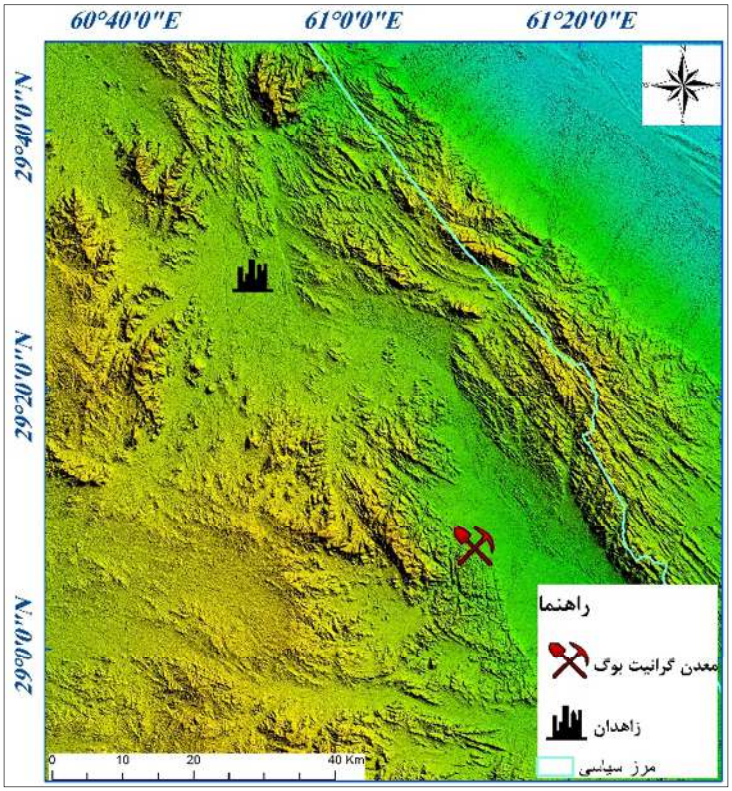
جهت ارزیابی آثار محیط زیستی معدن گرانیت بوگ واقع در استان سیستان و بلوچستان پس از مطالعات میدانی و جمع‌آوری اطلاعات لازم، فاکتورهای مؤثر محیط زیستی که در طول فعالیت معدنکاری باعث تغییر شرایط محیط زیستی موجود می‌شوند انتخاب شدند. سپس بخش‌هایی از محیط زیست که تحت تأثیر فاکتورهای مؤثر قرار می‌گیرند و بیشترین تأثیر را بر تولید ناشی از استخراج معادن دارند، به عنوان مؤلفه‌های محیط زیستی معدنکاری انتخاب گردیدند. امتیازهای مربوط به هر کدام از این فاکتورها و مؤلفه‌ها توسط افراد خبره تعیین و میزان تأثیر هر فاکتور مؤثر بر هر مؤلفه محیط زیستی مشخص شد. در نهایت با کاربرد مدل ریاضی فیلیپس، به تعیین سطح و ماهیت توسعه پایدار معدن مورد مطالعه با استفاده از نتایج ارزیابی آثار محیط زیستی (EIA) به عنوان ورودی مدل پرداخته شد.

[1] - Environmental Impacts' Assessment

داده‌ها و روش‌ها

الف- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در جنوب شرق ایران و در استان سیستان و بلوچستان واقع شده است (شکل ۱). معادن گرانیت سفید بوگ در ۸۵ کیلومتری جنوب شرق زاهدان واقع شده‌اند و ذخیره‌ای بالغ بر دو میلیون و چهارصد تن دارند. این معادن با استخراج سالانه ۷۰ هزار تن، بزرگ ترین معادن گرانیت کشور هستند. این محدوده بخش کوچکی از نوار گرانیتی نصرت آباد - سراوان است. در این منطقه چندین معدن گرانیت سفید وجود دارد که در بین آن‌ها مجتمع معادن بوگ از لحاظ رنگ، روشن‌ترین و از لحاظ نقش و دانه‌بندی، دارای بالاترین کفیت سنگ گرانیت است (شکل ۲). این گرانیت از جمله سفیدترین و روشن‌ترین گرانیت‌های دنیا شناخته شده و کارنامه بسیار خوبی در زمینه صادرات دارد. این نوع سنگ، از لحاظ رنگ در گروه سنگ‌های سفید قرار دارد و دانه‌هایی سیاه مایل به قهوه ای به صورت یکنواخت در سطح آن پراکنده شده که به همین دلیل به آن، گرانیت دانه فلفلی می‌گویند (آقانباتی، ۱۳۸۳).



شکل ۱: نقشه توپوگرافی منطقه به همراه موقعیت معدن گرانیت بوگ و شهر زاهدان



شکل ۲: نمایی از معدن گرانیت بوگ

ب- الگوریتم ارزیابی آثار محیط زیستی (EIA)

بررسی، تجزیه و تحلیل و ارزیابی میزان تأثیر یک فعالیت برنامه‌ریزی شده بر محیط زیست و اکوسیستم‌ها را ارزیابی آثار محیط زیستی می‌نامند. مراحل زیر، فرآیند اجرای الگوریتم EIA را در مطالعه حاضر با توجه به مطالعات ایلخانی و همکاران (۱۳۹۵)، عطایی و همکاران (۲۰۱۶) و سرشکی و صفاری (۲۰۱۶) بیان می‌کند:

۱- فاکتورهای مؤثر و مؤلفه‌های محیط زیستی

فاکتورهای مؤثر، عواملی هستند که در طول فعالیت معدنکاری باعث تغییر شرایط محیط زیستی موجود می‌شوند. در جدول ۱، توضیحات و رده امتیاز تعداد ۱۵ فاکتور مؤثر محیط زیستی در معدن مورد مطالعه با توجه به مطالعات قبلی و بسته به شرایط منطقه انتخاب و ارائه شده است. امتیاز صفر، نشان‌دهنده بی اثر بودن فاکتور مدنظر و امتیاز ۱۰ نشان‌دهنده وضعیت بحرانی است. فاکتورهایی نظیر فاکتورهای اقتصادی و فرهنگی مقادیری بین ۱۰- تا ۱۰ می‌گیرند که علامت منفی نشان‌دهنده تاثیر مثبت این فاکتورهاست.

جدول ۱: فاکتورهای مؤثر، محدوده و مقدار امتیاز هر یک

ردیف	فاکتور مؤثر	توضیحات	بازه امتیازدهی	امتیاز
۱	تغییر در کاربری منطقه	استفاده از زمین‌های مذکور قبل از فعالیت‌های معدنکاری	۱۰-۰	۱/۲۱
۲	وضعیت رؤیت محدوده معدنکاری	چشم‌انداز محدوده مذکور	۱۰-۰	۳/۶
۳	تداخل با آب‌های سطحی	ارتباط بین فعالیت‌های معدنکاری و آب‌های سطحی	۱۰-۰	۳/۴۱
۴	تداخل با آب‌های زیرزمینی	ارتباط بین فعالیت‌های معدنکاری و آب‌های زیرزمینی	۱۰-۰	۴/۲
۵	افزایش در ترافیک منطقه	تأثیر معدن بر وضعیت ترافیک این منطقه	۱۰-۰	۵/۶
۶	انتشار گرد و غبار	گرد و غبار ایجاد شده توسط ماشین‌های حفاری، انفجار، حمل و نقل و باد	۱۰-۰	۵/۲
۷	انتشار آلاینده‌های سمی در هوا	غلظت آلاینده‌های سمی در معدن	۱۰-۰	۸/۳
۸	آلودگی صوتی	سر و صدای ایجاد شده توسط دستگاه‌ها، انفجار و ترابری	۱۰-۰	۵/۱
۹	لرزش زمین	شدت ارتعاش توسط دستگاه‌ها، انفجار و ترابری	۱۰-۰	۳/۱
۱۰	ناپایداری فضاهای ایجاد شده	ناپایداری موجود در دیواره و فضاهای ایجاد شده	۱۰-۰	۳/۲
۱۱	روشنایی	مقدار نور در منطقه مذکور	۱۰-۰	۲/۱
۱۲	میزان اشتغالزایی بومی	میزان اشتغالزایی ایجاد شده در منطقه	۱۰ تا ۱۰-	-۷/۴
۱۳	کنترل جمعیت	تأثیر احداث معدن بر جمعیت منطقه	۱۰ تا ۱۰-	-۳/۱
۱۴	توسعه فرهنگی و اجتماعی	تغییر شرایط فرهنگی و اجتماعی بعد از احداث معدن به لحاظ آموزشی، تفریحی، فرهنگی و اقتصادی	۱۰ تا ۱۰-	-۱/۱
۱۵	تمهیدات محیط زیستی	ساخت فضای سبز، جمع‌آوری راهنماهای بهداشتی، امنیتی و محیط زیست. واحد کنترل گرد و غبار، کاهش میزان نویز.	۱۰ تا ۱۰-	-۰/۳

بخش‌هایی از محیط زیست که تحت تاثیر فاکتورهای مؤثر قرار می‌گیرند و بیشترین تأثیر را بر تولید ناشی از استخراج معادن دارند، مؤلفه‌های محیط زیستی معدن‌کاری نامیده می‌شوند که بر اساس مطالعات قبلی به دو گروه مؤلفه‌های محیطی (E) و مؤلفه‌های انسانی (H_{NI}) تقسیم‌بندی شده و در جدول ۲ ارائه شده‌اند.

جدول ۲: مؤلفه‌های محیط‌زیستی معدنکاری (Sereshki and Saffari, 2016; Ataei et al., 2016)

مؤلفه‌های محیطی (E)	اتمسفر	کیفیت هوا (A1) آرامش صوتی (A2)
	بیوسفر	اکولوژی (B1)
	هیدروسفر	آب‌های سطحی (H1) آب‌های زیرزمینی (H2)
	لیتوسفر	کاربری منطقه (L1) تاسیسات سطحی (L2) چشم‌انداز منطقه (L3) خاک منطقه (L4)
مؤلفه‌های انسانی (H_{NI})		سلامتی و ایمنی انسان (H_{NI1}) مسائل اجتماعی (H_{NI2}) مسائل اقتصادی (H_{NI3})

۲- امتیاز فاکتورهای مؤثر

در این مرحله نیاز است تا با استفاده از نظر کارشناسان و افراد خبره امتیاز فاکتورهای مؤثر تعیین شود. برای این منظور فاکتورهای مؤثر و مجموعه عوامل تأثیرگذار بر آنها به صورت جداول جداگانه تهیه و هر بخش در اختیار کارشناسان و افراد خبره شاغل در فعالیت‌های معدنکاری و آشنا با مسائل اجتماعی و فرهنگی قرار گرفت. امتیاز نهایی فاکتورهای مؤثر در معدن مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

۳- ماتریس وزنی

بررسی‌های محیط زیستی معمولاً توسط روش‌های ماتریسی انجام می‌شوند که یک بعد ماتریس را فاکتورهای مؤثر و بعد دیگر را مؤلفه‌های محیط زیستی که تحت تأثیر فاکتورهای مؤثر می‌باشند، تشکیل می‌دهند. تأثیر هر فاکتور مؤثر بر هر مؤلفه محیط زیستی توسط شش رده بیان شده در جدول ۳، توسط افراد خبره امتیازدهی شده است که در جدول ۴ ارائه گردیده است.

جدول ۳: تأثیر هر فاکتور مؤثر بر هر مؤلفه محیط زیستی (Sereshki and Saffari, 2016; Ataei et al., 2016)

طبقه‌بندی	بی‌تأثیر (Non)	تأثیر بسیار کم (Very Low)	تأثیر کم (Low)	تأثیر متوسط (Medium)	تأثیر زیاد (High)	تأثیر بسیار زیاد (Very High)
مقدار	۰	۱	۲	۳	۴	۵

۴-نرمال‌سازی

بردار نرمال، از تقسیم هر کدام از عناصر بر مجموع عناصر بردار ستونی حاصل می‌شود. به دلیل محدوده در نظر گرفته شده برای مقادیر فاکتورهای مؤثر، مقادیر حاصل در ۱۰ ضرب شده‌اند که نتایج در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴: مقادیر وزنی اثر هر فاکتور مؤثر بر هر مؤلفه محیط‌زیستی در معدن گرانیت بوگ

مولفه‌های محیط‌زیستی / فاکتور مؤثر	کیفیت هوا	آرامش صوتی	اکولوژی	آب‌های سطحی	آب‌های زیرزمینی	کاربری منطقه	تاسیسات سطحی	چشم انداز منطقه	خاک منطقه	سلامتی و ایمنی انسان	مسائل اجتماعی	مسائل اقتصادی
تغییر در کاربری منطقه	H	H	M	VL	VL	L	L	L	L	M	M	L
	۲,۲۲	۲,۱	۰,۹۷	۰,۸۳	۱,۱۱	۰,۶۷	۰,۸۳	۰,۵۶	۱,۵۴	۰,۶۳	۰,۸۶	۰,۳۵
وضعیت رؤیت محدوده معدنکاری	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۱,۳۹	۰	۰	۰	۰
تداخل با آب‌های سطحی	N	N	H	L	VL	L	N	L	L	M	L	L
	۰	۰	۱,۲۹	۱,۶۷	۱,۱۱	۰,۶۷	۰	۰,۵۶	۱,۵۴	۰,۶۳	۰,۵۷	۰,۵۳
تداخل با آب‌های زیرزمینی	N	N	VH	VL	L	L	L	L	VL	H	L	L
	۰	۰	۱,۶۱	۰,۸۳	۲,۲۲	۰,۶۷	۰,۸۳	۰,۵۶	۰,۷۷	۰,۸۳	۰,۵۷	۰,۵۳
افزایش در ترافیک منطقه	M	H	VL	VL	N	M	VL	L	VL	H	M	L
	۱,۶۷	۲,۱۱	۰,۳۲	۰,۸۳	۰	۱,۰۰	۰,۴۲	۰,۵۶	۰,۷۷	۰,۸۳	۰,۸۶	۰,۵۳
انتشار گردوغبار	H	N	VH	L	N	L	L	L	VL	H	L	L
	۲,۲۲	۰	۱,۶۱	۱,۶۷	۰	۰,۶۷	۰,۸۳	۰,۵۶	۰,۷۷	۰,۸۳	۰,۵۷	۰,۵۳
انتشار آلاینده‌های سمی در هوا	M	N	N	N	VL	L	N	N	N	H	L	L
	۱,۶۷	۰	۰	۰	۱,۱۱	۰,۶۷	۰	۰	۰	۰,۸۳	۰,۵۷	۰,۵۳
آلودگی صوتی	N	VH	H	N	N	N	N	N	N	H	N	N
	۰	۲,۶۳	۱,۲۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۸۳	۰	۰
لرزش زمین	N	N	M	N	N	N	M	L	VL	M	VL	N
	۰	۰	۰,۹۷	۰	۰	۰	۱,۲۵	۰,۵۶	۰,۷۷	۰,۶۳	۰,۲۹	۰
میزان اشتغالزایی بومی	N	L	VL	VL	VL	M	H	M	VL	L	M	H
	۰	۱,۰۵	۰,۳۲	۰,۸۳	۱,۱۱	۱,۰۰	۱,۶۷	۰,۸۳	۰,۷۷	۰,۴۲	۰,۸۶	۱,۰۵
کنترل جمعیت	L	L	VL	VL	VL	H	L	M	VL	L	H	VH
	۱,۱۱	۱,۰۵	۰,۳۲	۰,۸۳	۱,۱۱	۱,۳۳	۰,۸۳	۰,۸۳	۰,۷۷	۰,۴۲	۱,۱۴	۱,۳۲
توسعه فرهنگی و اجتماعی	N	VL	VL	N	N	M	L	M	N	L	VH	VH
	۰	۰,۵۳	۰,۳۲	۰	۰	۱,۰۰	۰,۸۳	۰,۸۳	۰	۰,۴۲	۱,۴۳	۱,۳۲
ناپایداری فضاهای ایجاد شده	N	N	N	N	N	L	L	M	VL	H	L	H
	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۶۷	۰,۸۳	۰,۸۳	۰,۷۷	۰,۸۳	۰,۵۷	۱,۰۵
تمهیدات محیط زیستی	L	VL	M	M	L	M	L	M	L	H	M	H
	۱,۱۱	۰,۵۳	۰,۹۷	۲,۵۰	۲,۲۲	۱,۰۰	۰,۸۳	۰,۸۳	۱,۵۴	۰,۸۳	۰,۸۶	۱,۰۵
روشنایی	N	N	N	N	N	L	L	H	N	VH	M	H
	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۶۷	۰,۸۳	۱,۱۱	۰	۱,۰۴	۰,۸۶	۱,۰۵
جمع	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰

یافته های تحقیق

به منظور محاسبه میزان تأثیر هر فاکتور مؤثر بر هریک از مؤلفه‌های محیط زیستی باید مقدار به دست آمده برای هر فاکتور مؤثر را در ردیف مربوط به آن در ماتریس مقادیر وزنی ضرب کرد. مطابق نتایج جدول ۵ در ماتریس حاصل، مجموع اعداد هر ستون بیانگر درصد آسیب محیط زیستی برای هر مؤلفه محیط زیستی است.

مطابق جدول شماره ۵، مؤلفه‌های کیفیت هوا، سلامتی و ایمنی انسان و اکولوژی به ترتیب با امتیازهای ۳۳/۶۳، ۲۸/۲۶ و ۲۸/۰۹ درصد بیش از سایر مؤلفه‌ها دچار آسیب شده‌اند. بنابراین ملاحظات محیط زیستی به منظور کاهش آسیب این مؤلفه‌ها باید با دقت بیشتر صورت گیرد. از سوی دیگر، تأسیسات سطحی و مسائل اقتصادی کم اهمیت-ترین مؤلفه در ارزیابی آثار محیط زیستی معدن بوگ است.

با توجه به نتایج ارزیابی آثار محیط زیستی در معدن گرانیت بوگ می‌توان پایداری در این معدن را با استفاده از یک مدل ریاضی ارزیابی کرد. که در ادامه به شرح آن پرداخته خواهد شد.

الف- مدل‌سازی ریاضی

در سال ۲۰۱۳ یک مدل ریاضی که پارامترها و محدودیت‌های مؤلفه‌های کلیدی و همچنین شرایطی که تحت آن پایداری و یا ناپایداری می‌تواند رخ دهد، مطابق مراحل زیر توسط فیلیپس و همکاران توسعه داده شد (Phillips, 2012a and b).

۱-اجرای EIA

نتایج آخرین سطر جدول ۵، داده‌های اصلی جهت بررسی سطح پایداری توسط مدل فیلیپس می‌باشد.

۲-تعیین تمام مؤلفه‌های انسانی و محیط زیستی و بیشترین مقدار امتیاز هر کدام از این مؤلفه‌ها

مؤلفه‌های انسانی (H_{NI}) و محیط زیستی (E) که در جدول ۲ معرفی شده‌اند و مجموع بیشترین امتیاز این مؤلفه‌ها به ترتیب در جدول ۶ نمایش داده شده‌اند. مقدار بیشینه برای هر مولفه محیطی و انسانی ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شده است.

۳-محاسبه E برای اجزاء پروژه با استفاده از رابطه ۱

$$E = \frac{(\sum A_{max} - (A_1 + A_2)) + (\sum B_{max} - (B_1)) + (\sum H_{max} - (H_1 + H_2)) + (\sum L_{max} - (L_1 + L_2 + L_3 + L_4)}{\sum A_{max} + \sum B_{max} + \sum H_{max} + \sum L_{max}} \quad (۱)$$

در رابطه فوق A_{max} ماکزیمم مقدار اتمسفر که از جمع مقادیر حداکثر مولفه‌های کیفیت هوا و آرامش صوتی بدست می‌آید، B_{max} مقدار حداکثر اکولوژی، H_{max} مقدار حداکثر هیدروسفر است که از جمع ماکزیمم مقدار آب‌های

زیرزمینی و آب‌های سطحی بدست می‌آید، L_{max} مقدار ماکزیمم لیتوسفر که از جمع مقادیر حداکثر کاربری منطقه، تاسیسات سطحی، چشم‌انداز منطقه و خاک منطقه به دست می‌آید.

جدول ۵: تأثیرات کلی فاکتورهای مؤثر بر مؤلفه‌های محیط‌زیستی در معدن گرانیت بوگ

مؤلفه‌های محیط زیستی / فاکتورهای مؤثر	کیفیت هوا	آرامش صوتی	اکولوژی	آب‌های سطحی	آب‌های زیرزمینی	کاربری منطقه	تاسیسات سطحی	چشم انداز منطقه	خاک منطقه	سلامتی و ایمنی انسان	مسائل اجتماعی	مسائل اقتصادی
تغییر در کاربری منطقه	۲,۶۹	۲,۵۵	۱,۱۷	۱,۰۱	۱,۳۴	۰,۸۱	۱,۰۱	۰,۶۷	۱,۸۶	۰,۷۶	۱,۰۴	۰,۶۴
وضعیت رؤیت محدوده معدنکاری	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۵,۰۰	۰	۰	۰	۰
تداخل با آب‌های سطحی	۰	۰	۴,۴۰	۵,۶۸	۳,۷۹	۲,۲۷	۰	۱,۸۹	۵,۲۵	۲,۱۳	۱,۹۵	۱,۷۹
تداخل با آب‌های زیرزمینی	۰	۰	۶,۷۷	۳,۵۰	۹,۳۳	۲,۸۰	۳,۵۰	۲,۳۳	۳,۲۳	۳,۵۰	۲,۴۰	۲,۲۱
افزایش در ترافیک منطقه	۹,۳۳	۱۱,۷۹	۱,۸۱	۴,۶۷	۰	۵,۶۰	۲,۳۳	۳,۱۱	۴,۳۱	۴,۶۷	۴,۸۰	۲,۹۵
انتشار گرد و غبار	۱۱,۵۶		۸,۳۹	۸,۶۷	۰	۳,۴۷	۴,۳۳	۲,۸۹	۴	۴,۳۳	۲,۹۷	۲,۷۴
انتشار آلاینده‌های سمی در هوا	۱۳,۸۳	۰	۰	۰	۹,۲۲	۵,۵۳	۰	۰	۰	۶,۹۲	۴,۷۴	۴,۳۷
آلودگی صوتی	۰	۱۳,۴۲	۶,۵۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴,۲۵	۰	۰
لرزش زمین	۰	۰	۳,۰۰	۰	۰	۰	۳,۸۸	۱,۷۲	۲,۳۸	۱,۹۴	۰,۸۹	۰
میزان اشتغالزایی بومی (-)	۰	۷,۷۹	۲,۳۹	۶,۱۷	۸,۲۲	۷,۴۰	۱۲,۳۳	۶,۱۷	۵,۶۹	۳,۰۸	۶,۳۴	۷,۷۹
کنترل جمعیت (-)	۳,۴۴	۳,۲۶	۱,۰۰	۲,۵۸	۳,۴۴	۴,۱۳	۲,۵۸	۲,۵۸	۲,۳۸	۱,۲۹	۳,۵۴	۴,۰۸
توسعه فرهنگی و اجتماعی(-)	۰	۰,۵۸	۰,۳۵	۰	۰	۱,۱۰	۰,۹۲	۰,۹۲	۰	۰,۴۶	۱,۵۷	۱,۴۵
ناپایداری فضاهای ایجاد شده	۰	۰	۰	۰	۰	۲,۱۳	۲,۶۷	۲,۶۷	۲,۴۶	۲,۶۷	۱,۸۳	۳,۳۷
تمهیدات محیط زیستی (-)	۰,۳۳	۰,۱۶	۰,۲۹	۰,۷۵	۰,۶۷	۰,۳۰	۰,۲۵	۰,۲۵	۰,۴۶	۰,۲۵	۰,۲۶	۰,۳۲
روشنایی	۰	۰	۰	۰	۰	۱,۴۰	۱,۷۵	۲,۲۳	۰	۲,۱۹	۱,۸۰	۲,۲۱
جمع	۳۳/۶۳	۱۵/۹۷	۲۸/۰۹	۱۴/۰۳	۱۱/۳۶	۱۱/۰۸	۳/۳۸	۱۲/۷۱	۱۴/۹۵	۲۸/۲۶	۱۰/۷۰	۶/۶۴

جدول ۶: بیشینه مقدار اجزاء E و H_{NI}

اجزاء E و H_{NI}	مقدار
A_{max}	۲۰۰
B_{max}	۱۰۰
H_{max}	۲۰۰
L_{max}	۴۰۰
H_{NImax}	۳۰۰

۴-محاسبه H_{NI} برای اجزاء پروژه با استفاده از رابطه ۲

$$H_{NI} = \frac{(H_{NI1} + H_{NI2}) + (H_{NI3max} - H_{NI3})}{\sum H_{NImax}} \quad (۲)$$

H_{NI} معرف مؤلفه‌های انسانی و H_{NImax} مقدار ماکزیمم H_{NI} است که از جمع مقادیر حداکثر مؤلفه‌های سلامتی و ایمنی انسان (H_{NI1}) ، مسائل اجتماعی (H_{NI2}) و مسائل اقتصادی (H_{NI3}) به دست می‌آید.

۵-بررسی پایداری پروژه

به منظور بررسی پایداری یک پروژه از روابط زیر استفاده می‌شود به این ترتیب که اگر مقدار مؤلفه‌های محیطی (E) بزرگتر از مؤلفه انسانی (H_{NI}) باشد پروژه پایدار و اگر کوچک‌تر یا مساوی باشد، پروژه ناپایدار خواهد بود.

$$E > H_{NI} \leftrightarrow S > 0 \quad (۳)$$

$$E \leq H_{NI} \leftrightarrow S \leq 0 \quad (۴)$$

در نهایت اگر پروژه پایدار باشد، با توجه به مقدار S که از رابطه ۵ محاسبه می‌شود و دامنه تعریف شده در جدول ۷ برای S، می‌توان سطح و ماهیت پایداری پروژه را مشخص کرد.

$$S = E - H_{NI} \quad (۵)$$

جدول ۷: تعیین میزان پایداری (Phillips, 2012a and b)

پایداری	بازه S
خیلی ضعیف	۰/۰۰۱ تا ۰/۲۵
ضعیف	۰/۲۵۱ تا ۰/۵
قوی	۰/۵۰۱ تا ۰/۷۵۰
خیلی قوی	۰/۷۵۱ تا ۱

نتایج و بحث

توسعه پایدار یک چارچوب مطمئن برای دستیابی به یک جامعه سالم، محیط زیست پاک و اقتصاد قوی است. برای رسیدن به توسعه پایدار می بایست به رابطه‌ای پایدار و تغییر ناپذیر بین اقتصاد، اجتماع و محیط زیست دست یافت و هیچ یک از سه مولفهٔ توسعه پایدار را جایگزین دیگری نکرد. صنعت معدنکاری برای پایداری خود و نقش آفرینی در توسعه کشور باید فعالیت‌های بخش‌های مختلف خود را هماهنگ با مولفه‌های توسعه پایدار برنامه ریزی کند و در جهت رسیدن به نقطه تعادل سوق دهد. با توجه روابط ریاضی، نتایج جدول ۵ و همچنین ماتریس تأثیر فاکتورهای مؤثر بر مؤلفه‌های محیط زیستی در معدن گرانیت بوگ به بررسی پایداری این معدن پرداخته می‌شود.

$$\frac{\big(200-(33.63+15.97)\big)+(100-28.09)+\big(200-(14.03+11.36)\big)+\big(400-(11.08+3.38+12.71+14.95)\big)}{200+100+200+400}$$

$$\ggg \quad E=0.84$$

$$H_{NI}=\frac{(28.26+10.70)+(100-6.64)}{300}$$

$$\ggg \quad H_{NI}=0.44$$

با توجه به محاسبات انجام شده مشاهده می‌شود که $E>H_{NI}$، بنابراین پروژه مذکور پایدار ارزیابی می‌شود.

$$E>H_{NI}\leftrightarrow S>0$$

$$S=E-H_{NI}=0.40$$

در نهایت با به کارگیری رابطه ۵ میزان پایداری برای معدن گرانیت بوگ برابر با مقدار ۰/۴ محاسبه شده است که با توجه به جدول ۷، پایداری معدن مذکور در کلاس ضعیف قرار دارد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که کمترین آسیب‌پذیری متعلق به تاسیسات سطحی و بیشترین آن متعلق به کیفیت هوا است. دلیل این امر را می‌توان بدین صورت توجیه نمود که تاسیسات سطحی منطقه مورد مطالعه محدود به سایت استخراج بوده و طبیعی است که سازه‌های سطحی دیگر در منطقه مورد آسیب‌پذیری واقع نمی‌شوند؛ اما کیفیت هوا به علت استخراج گرانیت و برش آن در محل استخراج و پودر سنگ حاصله در کنار کار ماشین آلات برش، بارگیری و حمل و نقل منجر به آسیب-پذیری بالای هوا در محدوده استخراج و مناطق اطراف آن می‌شود.

نتیجه‌گیری

معدن گرانیت بوگ یکی از مهم‌ترین معادن سنگ ساختمانی ایران به شمار می‌رود که به صورت روباز استخراج می‌شود و بر اقتصاد، فرهنگ و محیط زیست اطراف خود تأثیر قابل توجهی دارد. در این مطالعه مدل کمّی ارزیابی

آثار محیط زیستی با استفاده از روش ماتریس بکار گرفته شد. نتایج حاصل از این ارزیابی، درصد آسیب بالای مؤلفه-های کیفیت هوا، سلامت و ایمنی انسان و اکولوژی مجموعه را نشان می‌دهد که با توجه به ارزیابی آثار محیط زیستی به ترتیب دارای مقادیر ۳۳/۶۳، ۲۸/۲۶ و ۲۸/۰۹ درصد می‌باشند. در ادامه، با استفاده از نتایج ارزیابی آثار محیط زیستی معدن مذکور و با بهره‌گیری از مدل ریاضی فیلیپس، پایداری این مجموعه مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به محاسبات انجام شده و از آنجا که مقدار مؤلفه محیط زیستی بزرگ‌تر از مؤلفه‌های انسانی می‌باشد، پروژه مورد از نظر پایداری در کلاس ضعیف قرار گرفته است که تمهیدات لازم جهت هدایت فعالیت‌های معدنی در منطقه مذکور در چارچوب ایجاد تعادل بین مؤلفه‌های توسعه پایدار و به ویژه رعایت مسائل محیط زیستی باید در نظر گرفته شود. بدان جهت که مؤلفه‌های کیفیت هوا، سلامت و ایمنی انسان و اکولوژی دارای بیشترین درصد آسیب‌پذیری نسبت به سایر مؤلفه‌ها می‌باشند، این تمهیدات باید به پایش دقیق تاثیرات اکولوژیکی برداشت معدن بر محیط زیست منطقه پرداخته و همچنین برای جلوگیری از آلودگی هوا باید نسبت به بهبود روش های استخراج که آلودگی محیطی کمتری ایجاد نماید اقدام ورزید. تمهیدات لازم در زمینه سلامتی و ایمنی انسان از دو منظر قابل بررسی است. نخست تمهیدات لازم برای افرادی که در حوزه معدنکاری به فعالیت می‌پردازند که شامل افزایش ایمنی کارگاه استخراج و حمل و نقل و بارگیری است و در وهله بعد باید تمهیداتی در خصوص حفظ سلامتی و ایمنی ساکنین منطقه اندیشید که به پیشگیری از آلودگی هوا و محیط زیست و منابع آب زیرزمینی منطقه می‌توان اشاره نمود.

منابع

آقانباتی، سید علی. (۱۳۸۳). زمین شناسی ایران، تهران: انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور. ۶۴۰ ص.

ایلخانی الیاس، عطایی محمد، خالوکاکایی رضا (۱۳۹۵) ارزیابی اثرات زیست محیطی در معدن روباز سنگ آهن سنگان خواف، نشریه مهندسی معدن. انجمن مهندسی معدن ایران، ۱۳۹۵، دوره یازدهم، شماره ۳۳، صص ۸۱-۹۳.

پورمیرزائی، راشد (۱۳۹۵) بررسی نقش صنعت معدنکاری و منابع معدنی در توسعه پایدار کشور، نشریه مهندسی منابع معدنی. دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، ۱۳۹۶، دوره دوم، شماره ۳، صص ۸۱-۹۲.

Ataei, M., Tajvidi Asr, E., Khalokakaie, R., Ghanbari, K. and Tavakoli Mohammadi, M. R. (2015), Semi- quantitative environmental impact assessment and sustainability level determination of coal mining using a mathematical model, Journal of Mining and Environment 7(2), 185-193.

Basu AJ, Kumar U (2004), Innovation and technology driven sustainability performance management framework (ITSPM) for the mining and minerals sector, International Journal of Surface Mining 18:135-149

Folchi, R. (2003), «Environmental impact statement for mining with explosives: a quantitative method» In: Proceedings of the annual conference on explosives and blasting technique, 2003. ISEE; 1999, 285-296.

Giannopoulou, I. P., & Panias, D. (2006), Sustainable development of mining and metallurgy in relation, Acta Metallurgica Slovaca, 12.

IIED and WBCSD, (2002), Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development, Final Report on the Mining, Minerals and Sustainable Development Project (MMSD). Publ by Earthscan for the International Inst for Environment and Development (IIED) and World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), London.

Jarvis AP, Younger PL., (2000), Broadening the scope of mine water environmental impact assessment: a UK perspective, Environmental Impact Assessment Review, 20, 85-96.

Jirvand, A. (1994), Ideas of economic development, Tehran, Sahand Publication.

Parvin, S., (1994), Trend of poverty in some employments, Tehran, Economic affairs ministry.

Phillips, J. (2012a), The level and nature of sustainability for clusters of abandoned limestone quarries in the southern PalestinianWest Bank, Israel, Appl. Geogr. 32, 376-392.

Phillips, J. (2012b), Using a mathematical model to assess the sustainability of proposed bauxite mining in Andhra Pradesh, India from a quantitative-based environmental impact assessment, Environ. Earth Sci. 67: 1587-1603.
Sereshki, F., Saffari, A. (2016), Environmental impact assessment and sustainability level determination in cement plants (Case study: Shahrood cement plant), Iranian Journal of Earth Sciences 8, 90-101.
Tavakol, M., Nozari, H., and Hamzeh. A. (2012), Analysis of the economic, social and environmental Parsian gas friendly industry in rural areas (the case of rural areas October city in Fars province, Sicial studies and research in Iran, 1(4), 29- 48.
Yu J, Yao S, Chen R, Zhu K, Yu L (2005), A quantitative integrated evaluation of sustainable development of mineral resources of a mining city: a case study of Huangshi, Eastern China, Resources Policy 30,7-19.
Von Below, M., (1993), Sustainable mining development hampered by low mineral prices, RESOURCES POLICY, 177-183.
WCED (World Commission on Environment and Development), (1987), Our Common Future (Brundlandt Report), World Commission on Environment and Development, Oxford, Oxford University Press.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره بیست و دوم، زمستان ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۱۹

تاریخ بازنگری اولیه مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۲۵

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۱۲

صفحات: ۲۲۸ - ۲۱۳

پایش ماهواره‌ای تغییرات لایه‌ی اُزون در اتمسفر ایران

کوهزاد رئیس پور[۱*]، حسین عساکره[۲]

چکیده

با توجه به اهمیت حیاتی لایه‌ی اُزون و سیر صعودی افزایش عوامل تخریب کننده‌ی آن طی دهه‌های اخیر، ضرورت مطالعه‌ی لایه‌ی اُزون به منظور آگاهی از وضعیت آن در اتمسفر ایران، بیش از گذشته معلوم می‌گردد. طی سالهای اخیر تکنیکها و روشهای متعددی جهت پایش این گاز حیاتی در اتمسفر کره زمین به کار گرفته شده‌است. اما در این میان، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای به دلیل در دسترس بودن و دارا بودن قابلیت‌هایی از قبیل قدرت تفکیک مکانی، زمانی و طیفی بالا، کاربرد گسترده‌ای پیدا نموده‌است. در این مطالعه نیز از داده‌های اُزون جمع‌آوری شده توسط سنجنده‌ی AIRS مستقر بر روی ماهواره‌ی AQUA که امکان بررسی روند تغییرات اُزون را در اتمسفر تمامی نقاط دنیا از جمله ایران فراهم نموده استفاده شده‌است. داده‌های مربوطه با فرمت NetCDF و با گامهای زمانی یک روزه و مکانی ۱° x 1° طی دوره‌ی آماری ۱۵ ساله (۲۰۱۷ – ۲۰۰۳) از وبگاه مربوطه استخراج و با استفاده از نرم‌افزارهای ArcGIS و Grads پردازش، بارزسازی، تجزیه و تحلیل گردید. نتایج حاصله بیانگر افت سالانه‌ی اُزون در اتمسفر ایران بوده‌است. در میان فصول، بیشترین و کمترین میزان اُزون به ترتیب در فصول بهار و پاییز و به لحاظ ماهانه بیشترین و کمترین میزان اُزون به ترتیب در ماههای مارس و اکتبر اتفاق افتاده‌است. به لحاظ مکانی نیز با حرکت از جنوب به سمت شمال، تقریباً به طور یکنواخت بر میزان اُزون افزوده می‌گردد. به‌طوری که بیشترین مقدار میانگین اُزون کلی ستونی (TOC) در دشت پارس‌آباد (۳۱۸ دابسون) وکمترین مقدار آن در ناحیه‌ی به هم پیوسته‌ای از استانهای هرمزگان، کرمان و فارس و بخشی از جنوب‌شرق ایران (۲۸۳ دابسون) مشاهده‌شد. حداکثر تراکم اُزون (اُزونسفر) نیز در ارتفاع ۲۷ تا ۴۰ کیلومتری اتمسفر آشکار گردید.

واژگان کلیدی: پایش ماهواره‌ای، لایه‌ی اُزون، AIRS، اتمسفر، ایران

[۱]- استادیار، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان (نویسنده مسئول) Raispour@znu.ac.ir

[۲]- استاد، گروه جغرافیا، دانشگاه زنجان asakereh@znu.ac.ir

مقدمه

اُزون[1] کلمه‌ی یونانی است که به معنی بو و بالاخص به بوی تند اطلاق می شود. اُزون (O3) مولـکولی با سه اتم اکسیژن (O) و مولکول اکسیژن (O2) دارای دو اتم اکسیژن می باشد. اما اختلاف یک اتم اکسیژن در میان این دو مولکول تفاوتهای اساسی را در بین آنها به وجود آورده‌است (فیولیتو و همکاران، ۲۰۰۲). در اســـتراتوسفر مولکول‌های تازه‌ی اُزون مدام با واکنشهای شیمیایی و دریافت انرژی لازم از پرتــوهای خورشید، به مولکول و اتم اکسیژن تجزیه می‌شوند. این اتمهای اکسیژن که بسیار فعالند، طی مدت زمـــان کوتاهی یعنی کمتر از کسر ثانیه، از هم جدا و به مولکول‌های اکسیژن متصل می شوند و تشکیل مولکول‌های سه اتـــــمی اکسیژن، یعنی اُزون را می‌دهند (گالیانی و همکاران، ۲۰۰۲). غیر از این چرخه‌ی طبیعی، طی واکنشهایی با ازت و هیدروژن و کلر تولید شده در سطح و رها شده به اتمسفر، از بین می‌رود. گرچه اُزون یکی از گازهای مهم جوی بوده ولی مقدار کمی از این گاز در جو وجود دارد به طوری که اگر تمام مولکول‌های اُزون موجود در اتمسفر را فشرده نمائیم تنها لایه‌ای به ضخامت ۳ میلی متر از اُزون را تشکیل خواهد داد که معادل ۳۰۰ واحد دابسون است (لالونگو، ۲۰۰۸). فراوانی اُزون در بالای سطح زمین در هر محلی با کل ستون اُزون[2] اندازه‌گیری می‌شود. کل ستون اُزون[3] اغلب به صورت عمقی که تنها اُزون در دما و فشار شرایط استاندارد[4] یعنی فشار ۱ اتمسفر و دمای صفر درجه سانتیگراد اشغال می‌کند بیان می‌شود (کاسم، ۲۰۰۹). این عمق بر اساس واحد دابسون[5] ارائه می‌شود. بنابراین واحد دابسون (سنجش از دور) روش استاندارد برای بیان کردن مقادیر گاز اُزون در اتمسفر بوده و هر واحد DU برابر با ۱۰۱۶ × ۲/۷ مولکول اُزون در هر سانتیمتر مربع می باشد (چیر، ۲۰۰۵). با این وجود توزیع اُزون در تمامی اتمسفر یکنواخت نمی‌باشد. در حدود ۹۰ درصد از اُزون جو در لایه‌ی استراتوسفر (پوش سپهر) قرار دارد که به اُزونسفر معروف است (کودیش و همکاران، ۲۰۰۵). این لایه حدود ۱۰ تا ۵۰ کیلومتر ضخامت داشته و در بالای سطح زمین قرار گرفته‌است (کُنسیدن، ۲۰۰۴). اندازه‌گیریهایی که بر روی زمین و یا توسط بالون و یا از طریق فضا (سنجش از دور) صورت گرفته، نشان می‌دهد که بیشترین غلظت اُزون در ارتفاعی بین ۱۹ تا ۴۸ کیلومتری اتمسفر قراردارد (کازادزیس و همکاران، ۲۰۰۹). ۱۰ درصد باقیمانده اُزون در لایه‌ی زیر آن یعنی تروپوسفر (وردسپهر) که پایین‌ترین لایه درجو است قرار دارد. این لایه جایی است که تمامی تغییرات و پدیده‌های جوی در آن اتفاق می‌افتد (جاکوبسون، ۲۰۰۲). گرچه غلظت اُزون بسیار کم بوده و معمولاً مقدار آن چند مولکول به ازای یک میلیون مولکول هوا می‌باشد، ولی همین مقدار اندک برای تداوم زندگی اهمیتی حیاتی دارد (موریلو و همکاران، ۲۰۰۳). این لایه با جذب اشعه‌ی فرابنفش (UV) که برای محیط زیست بسیار خطرناک بوده و از خورشید به زمین می‌تابد، مانع از رسیدن آن به سطح زمین می‌شود. اشعه‌ی فرابنفش که دارای طول موج کوتاه و انرژی زیاد بوده و برای چشم انسان نامـــــرئی است، در طـــــیـــــف الکترومغناطیسی، بین اشعه‌ی ایکس و نور مرئی قرار دارد (مازروت و همکاران، ۲۰۰۲). وجود این اشعه در نور

1 - Ozone
2 - Total Ozone Column
3 - TOC
4 - STP
5 - Dobson unit

خورشید باعث آفتاب سوختگی پوست بدن می‌شود. این اشعه طول موجی بین ۱۰۰ تا ۴۰۰ نانومتر و به ۳ دسته با طول موج‌های مختلف شامل UVA (315-400 nm)، UVB (280-315 nm) و UVC (100-280 nm) تقسیم‌بندی می‌شود (آنتون و همکاران، ۲۰۰۹). حدود ۹۵ درصد از این اشعه که به سطح زمین می‌رسد از نوع UVA می‌باشد و تقریباً تمامی UVC و حدود ۹۰ درصد UVBقبل از رسیدن به سطح زمین توسط لایه‌ی اُزون، دی‌اکسیدکربن، اکسیژن و بخار آب در اتمسفر جذب می‌گردد (آنتون و همکاران، ۲۰۰۸). در سال‌های اخیر ایجاد آلودگی‌های صنعتی و تولید گازهای گلخانه‌ای سبب کاهش ضخامت لایه‌ی اُزون گردیده‌اند، در نتیجه میزان بیشتری از UVB و UVC از جو زمین عبور نموده و به سطح زمین می‌رسند (سینفیلد و پاندیس، ۲۰۰۶). از آنجائیکه قسمت اعظم اُزون جو در استراتوسفر قرار دارد، این ناحیه از اُزون، ناحیه اُزون استراتوسفری نامیده می‌شود. در مقابل این لایه‌ی اُزون مفید، اُزون تروپوسفری یک آلودگی به حساب آمده و در ردیف گازهای سمی به عنوان مؤلفه‌ی اصلی مه‌دود فتوشیمیایی شناخته می‌شود (سبزی پرور و همکاران، ۱۳۹۲؛ کریمی و همکاران، ۱۳۹۲). اتومبیل‌ها از منابع عمده تولید مه‌دود فتوشیمیایی هستند که مقادیر عظیمی از هیدروکربن‌های سوخته نشده و اکسیدهای نیتروژن، مونواکسیدکربن و گازهای آلی فرار را به عنوان پیش‌سازه‌های اُزون در وردسپهر آزاد می‌نمایند (بالیز و همکاران، ۲۰۰۶). چون اُزون نقش صافی برای پرتوهای فرابنفش خورشیدی را دارد، کاهش در تراکم آن سبب رسیدن مقدار بیشتری از پرتوهای فرابنفش به زمین می‌شود (کروتزن، ۱۹۹۰). شاید بدترین اثر اُزون در تندرستی انسان به علت پرتوهای فرابنفش که سبب سرطان پوستی می‌شود، باشد (کادلی، ۱۹۷۰). همچنین امکان دارد که کاهش اُزون در اثر یک رشته رویدادهای پیچیده، دمای کلی زمین را تغییر دهد (زینگ و همکاران، ۲۰۱۴؛ دوهیرتی و همکاران، ۲۰۱۳). تخریب و سوراخ شدن لایه‌ی اُزون باعث عبور غیر قابل کنترل تابش فرابنفش خورشیدی گردیده (تامپسون و همکاران، ۲۰۱۱؛ آنتون و همکاران، ۲۰۰۷) و سبب افزایش دمای زمین (بوردی و همکاران ۲۰۱۵)، ذوب یخهای قطبی، افزایش سطح آب دریاها و در نهایت به زیر آب رفتن خشکیها می‌انجامد (مک کنز، ۲۰۱۱). این شرایط همچنین موجب سوختگی پوست، ابتلا به سرطان پوست، بیماریهای چشمی، همچنین وارد آمدن خسارت عمده به جانوران و گیاهان شده و در نهایت باعث به مخاطره افتادن حیات کل موجودات زنده در سطح سیاره‌ی زمین می‌شود (ادواردز، ۲۰۰۳). طی سالهای اخیر مطالعات متعددی با استفاده از داده‌های ایستگاههای اُزون‌سنجی و ماهواره‌ای در گستره‌ی ایران انجام شده‌است. آروین (۱۳۹۱) در مطالعه‌ای به بررسی اثر عوامل اقلیمی بر تغییرات اُزون کلی در ایستگاه اصفهان پرداخته است. نامبرده بخشی از نوسانات روزانه‌ی اُزون را به الگوهای گردشی جو در سطوح فوقانی و میانی جو مرتبط دانسته و اظهار داشته‌است که فعالیت پویشی جو در فصل سرد، تغییر و نوسان زیاد اُزون کلی را باعث گردیده و پایداری جو در فصل گرم سال، تثبیت مقدار اُزون کلی را در پی دارد. همچنین آروین (۱۳۹۲) در تحقیقی دیگر، به مطالعه‌ی اثر شاخص‌های اقلیمی بر نوسان مقادیر اُزون کلی در ایستگاه اصفهان با استفاده از آمار ماهانه‌ی اُزون کلی ایستگاه اُزون‌سنجی اصفهان و نیز داده‌های بازکاوی شده‌ی پایگاه اقلیمی NCEP/NCAR پرداخت که نتایج نشان داده‌است ارتباط بین شاخص‌های AO و NAO با مقادیر اُزون در ماههای سرد سال منفی و در ماههای گرم سال مثبت می‌باشد. آروین (۱۳۹۳) سپس با بررسی نوسانات اُزون کلی در گستره‌ی ایران در ارتباط با پدیده ENSO نشان داد که تغییرات مقدار اُزون کلی توسط مدل و شاخص SOI در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه در تمام گستره‌ی ایران

به جز ناحیه‌ی کوچکی در شمالغرب ایران معکوس، قوی و معنادار می‌باشد. براساس نظر وی قویترین ضرایب همبستگی در ناحیه‌ی مرکزی، جنوبی و جنوب‌شرقی کشور و ضعیف‌ترین روابط در شمال و شمال‌غرب کشور می‌باشد. همچین میزان اُزون کلی از جنوب به شمال بیشتر می‌باشد که شیب خط در زمان وقوع النینو بیشتر می‌باشد. در پژوهشی دیگر که توسط نامبرده صورت پذیرفت، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای طیف‌سنجی اُزون کلی (TOMS)، نوسانات مجموع اُزون در گستره‌ی ایران در ارتباط با دمای آب سطح دریا در اقیانوس آرام (SST) مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مقدار اُزون در زمانی که شاخص‌های دمای سطح آب دریا در اقیانوس آرام (SST) مثبت/منفی باشد مقدار اُزون کلی نیز افزایش/کاهش‌می یابد (آروین، ۱۳۹۴). عزتیان و همکاران (۱۳۹۰) نیز براساس مدل‌های آماری (طیف وسیعی از مدل‌های رگرسیونی خطی چندمتغیره) مبتنی بر مقادیر متغیرهای هواشناختی و آلاینده‌های جوّی به پیش‌بینی تغییرات غلظت اُزون وِردسپهری در اصفهان در مقیاس‌های زمانی ساعتی و روزانه پرداخته‌اند. نتایج روشن ساخت که بین تغییرات اُزون و متغیرهای هواشناختی و آلاینده‌های جوّی هم‌بستگی‌های معنی‌دار وجود دارد. لیکن هیچ‌یک از مدل‌ها توانایی تبیین سهم بزرگی از واریانس مقادیر اندازه‌گیری شده اُزون وِردسپهری در اصفهان را نداشتند. همچنین آنها با استفاده از داده‌هایی که در ایستگاه هواشناسی همدیدی و آلودگی‌سنجی اصفهان اندازه‌گیری می‌شوند اقدام به برآورد اُزون سطحی نموده‌اند. بررسی‌های صورت گرفته در این پژوهش نیز نشان داد معادله‌ای که شامل دو فراسنج توان دوم تابش آفتاب و توان دوم غلظت گاز منوکسیدکربن می‌باشد قادر است ۳۵درصد تغییرات غلظت اُزون سطحی در طول روز را توجیه نماید (عزتیان و همکاران، ۱۳۹۱). جهت مطالعه بیشتر در خصوص مکانیسم تولید و تخریب اُزون (شیمی اُزون) و سازوکارهای حاکم بر این فرایند، می‌توان به مطالعات متعددی که توسط محققین مختلفی از جمله (چاپمن، ۱۹۳۰؛ کروتزن، ۱۹۷۰؛ جانستون ۱۹۷۱؛ مولینا و رولند، ۱۹۷۴؛ فلورز و همکاران، ۲۰۰۰؛ فینلاسیون و پیتز، ۲۰۰۰؛ باست و همکاران، ۲۰۰۷؛ سوزان و همکاران، ۲۰۱۱ و آرنس، ۱۳۹۱) انجام شده است مراجعه نمود.

پایش ماهواره‌ای اُزون

برای آشکارسازی تغییرات لایه‌ی اُزون با استفاده ازتصاویرماهواره‌ای نیاز است که با چگونگی سنجش گاز اُزون با بکارگیری تکنیک‌های سنجش‌از دور آشنا شویم. تجهیزات ماهواره‌ای و یا تجهیزات مستقر بر روی زمین به فاصله‌ی بسیار دور از اُزون استراتوسفری قرار دارند، در حالیکه بالن‌هایی که در ارتفاع بالا پرواز می‌کنند و همچنین هواپیماها معمولاً در داخل خود استراتوسفر قرار می‌گیرند. در هر سکوی ماهواره‌ای از یک یا چند مورد از این تکنیکها استفاده می‌شود. در سنجش از دور مقدار اُزون به طور غیرمستقیم و از طریق تغییرات در میزان انرژی تابشی جو که ناشی از حضور اُزون است، به دست می‌آید (آتیکسون و همکاران، ۲۰۰۶). بدین معنی که تجهیزات سنجش از دور، تغییرات میزان انرژی تابشی موجود در جو در ناحیه‌ی حرارتی (IR)، ناحیه‌ی مرئی (VIS)، فرابنفش(UV) و ماکروویو (MW) که ناشی از حضور مولکول‌های اُزون است را تشخیص می‌دهد (فیستر و همکاران، ۲۰۱۵). سنجنده‌های سنجش از دور بدون توجه به سکویی که بر روی آن قرار گرفته‌اند، اُزون را به طور مستقیم اندازه‌گیری نمی‌کنند. بلکه به جای آن چگونگی تغییرات میزان انرژی تابشی خورشیدی عبوری در باندهای مختلف از جو را اندازه‌گیری و با مقدار واقعی

آن در جو استاندارد مقایسه می‌کند (آگاروال و همکاران، ۲۰۱۳). نکته‌ای که قابل توجه است این است که داده‌های اندازه‌گیری شده توسط این سنجنده‌ها با استفاده از یک الگوریتم مخصوص تبدیل به داده‌های مربوط به اُزون می‌شوند (ریول و همکاران، ۲۰۱۵). به این معنا که داده‌های این سنجنده‌ها برهمکنش اُزون با اشعه عبوری را نشان داده و مستقیماً خود مشخصه اُزون را اندازه گیری نمی‌کنند. این الگوریتم ها اندازه‌گیریهای تابشی را تبدیل به مشخصه‌های جوی می‌کنند. برای بررسی و برآورد تغییرات مکانی و زمانی اُزون از تکنیک‌ها و تجهیزات زمینی و ماهواره‌ای متنوعی استفاده می‌گردد (کازورلا و همکاران، ۲۰۱۰؛ دی لات و همکاران، ۲۰۰۵). هر یک از تجهیزات یاد شده مزایا و کاستی‌های متفاوتی دارند، اما برای تجهیزات زمینی بزرگترین کاستی، منطقه‌ای بودن و عدم پوشش جهانی داده‌های آنها می‌باشد (کاندو و همکاران، ۲۰۰۶). داده‌های ماهواره‌ای با پوشش جهانی و در دسترس بودن خود، باعث گردیده‌اند تا در سال‌های اخیر از کاربردهای فراوانی در مطالعه بیوسفر، لیتوسفر و اتمسفر برخوردار گردند. بررسی و مطالعه‌ی اُزون با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در حقیقت از سال ۱۹۷۶میلادی آغاز گردیده و از آن زمان تاکنون ماهواه‌های متعددی در چرخه‌ی تولید داده‌های ماهواره‌ای اُزون در مدار قرار گرفته‌اند (مباشری، ۱۳۸۶). بنابراین با توجه به استفاده‌ی روزافزون از داده‌های تجهیزات ماهواره‌ای در پایش تغییرات آب و هوا و بسیاری از کاربردهای دیگر، داشتن درک صحیح از چگونگی تولید این داده‌ها و فنون به کار رفته در استخراج اطلاعات مفید از آنها بسیار حائز اهمیت است. طی سال‌های اخیر مطالعات متعددی در خصوص پایش لایه‌ی اُزون در سطح جهان از داده‌های جمع‌آوری شده توسط سنجنده‌های مختلف که به دفعات جو زمین را پوشش داده و داده‌های اُزون کلی جمع‌آوری شده توسط آنها، امکان بررسی روند تغییرات اُزون در جو تمامی نقاط دنیا ازجمله ایران را میسر ساخته است انجام شده‌است (مباشری، ۱۳۸۴). از جمله‌ی این سنجنده‌ها می توان به طیف‌سنج کامل نقشه‌برداری اُزون (TOMS)یکی از کارآمدترین ابزارها برای سنجش اُزون اشاره کرد (زیمک و همکاران، ۲۰۰۵). این سنجنده از سال ۱۹۷۹ بر روی ماهواره‌ی Nimbus7 (N7) نصب گردید و عملیات سنجش را تا سال ۱۹۹۴ میلادی ادامه داد. پس از آن در سال ۱۹۹۶میلادی بر روی ماهواره‌ی Earth Probe (EP) نصب گردید. همچنین داده‌های سنجنده OMI (نصب برروی ماهواره AURA و از سال ۲۰۰۴ تاکنون)، سنجنده MODIS (نصب بر روی ماهواره‌های TERRA و AQUA و از سال ۲۰۰۲ تاکنون) و همچنین سنجنده AIRS (Atmospheric Infrared Sounder) که در سال ۲۰۰۲ بر روی ماهواره AQUA نصب گردیده و از آن زمان تاکنون به طور مستمر و به صورت روزانه داده‌های جمع آوری شده در خصوص اُزون را در اختیار محققین قرار می‌دهد.

داده‌ها و روش شناسی

سنجنده‌ی AIRS، یکی از ابزارهایی می‌باشد که با هدف کمک به محققین تغییراقلیم و بهبود پیش‌بینی هوا ساخته شده‌است. سنجنده‌ی AIRS یکی از شش سنجنده‌ی ماهواره‌ی AQUA است که در سال ۲۰۰۲ در مدار زمین قرار گرفت. این سنجنده دارای بازه‌ی طیفی بسیار گسترده‌ای بوده و قدرت تفکیک آن دهها برابر بیشتر از ابزارهای مشابه قبل از خود می‌باشد. سنجنده‌ی AIRS می‌تواند با دقت زیادی نمایه‌های قائم دما و رطوبت جو را اندازه‌گیری نموده و

همچنین گازهای گلخانه‌ای همانند اُزون، منواکسیدکربن، دی‌اکسیدکربن و متان را پایش نماید (هاگان و همکاران، ۲۰۰۴) داده‌های این سنجنده کاربرد فراوانی نیز در مطالعه‌ی دمای سطح زمین و سطح دریا، پوشش ابر، نوع ابر و دمای بالای ابر، تابش طول موج بلند، پایش اُزون و طول موج زمینی اشعه‌ی فرابنفش و ... دارند. در این تحقیق نیز از داده‌های این سنجنده (IRS/Aqua L3 Monthly Standard Physical Retrieval (AIRS-only) degree 1° degree 1° V006 که مشخصات آن در جدول شماره ۱ آمده است و از وبگاه Earth data با استفاده از لینک https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/AIRS3STM_006 قابل دریافت می‌باشد استفاده شده‌است. داده‌های استخراج شده با فرمت NetCDF پس از کنترل کیفی و پیش‌پردازش، توسط دو نرم افزار کاربردی ArcGIS و Grads مورد پردازش قرار گرفته‌است. NetCDF یا فرمت nc فرمتی از داده‌ها برای نگهداری داده‌های چندبُعدی می‌باشد که با استفاده از امکاناتی که نرم‌افزار ArcGISدر اختیار کاربر قرار می‌دهد با استفاده از ماژول Make NetCDF Raster Layer و همچنین قابلیتهای گسترده‌ی نرم افزار Grads برای ساخت لایه‌های رستری، وکتوری و جداول اطلاعاتی کاربرد دارند. از طرفی می‌توان نحوه‌ی نمایش این داده‌ها را با انتخاب نوع متغیر یا یکی از ابعاد چهارگانه تغییر داد. داده‌های استخراجی اُزون نیز دارای چهار بُعد است. ابعاد این داده‌ها شامل، طول‌جغرافیایی یا Lon، عرض جغرافیایی یا lat، تراز یا سطح جوی یا lev که شامل هر یک از ۱۴ سطح فوقانی جو (۱۰۰۰ تا ۰/۱ هکتوپاسکال) و بُعد زمان یا time است. هدف از انجام این تحقیق نیز تحلیل مبتنی بر پایش ماهواره‌ای تغییرات لایه‌ی اُزون در اتمسفر ایران با استفاده از داده‌های اُزون سنجنده‌ی AIRS طی دوره‌ی آماری پانزده ساله (۲۰۱۷ – ۲۰۰۳) می‌باشد که سعی شده است جهت درک هرچه بهترِ رفتار زمانی ـ مکانی لایه‌ی اُزون در اتمسفر ایران، نتایج به صورت تصاویر، گراف، نمودار و پروفیل قائم ارائه شود.

جدول ۱: مشخصات فنی و رزولوشن داده‌های سنجنده‌ی AIRS – منبع disc.gsfc.nasa.gov

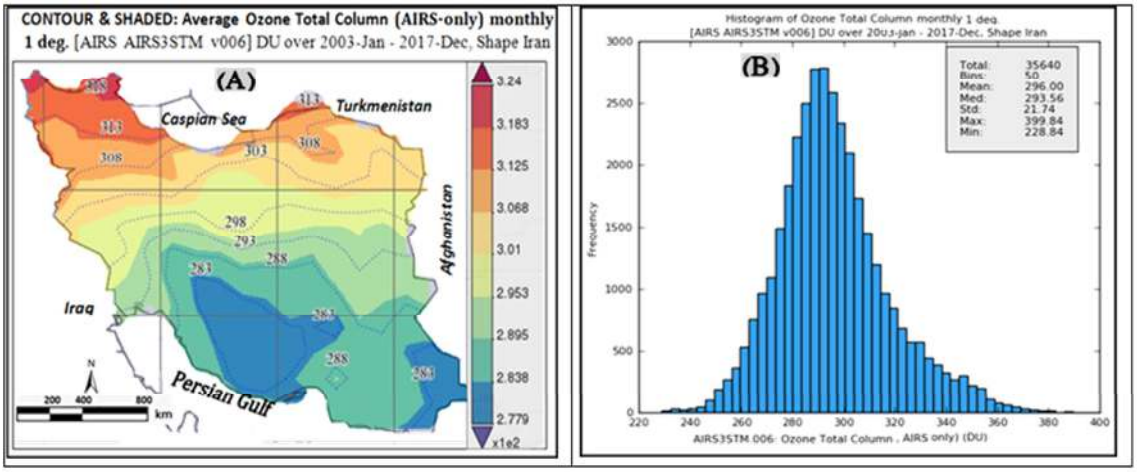
Short name	AIRS3STM
Version	006
Format	- HDF-EOSNetCDF
DOI	10.5067/Aqua/AIRS/DATA321
Spatial Coverage	-180.0,-90.0,180.0,90.0
Temporal Coverage	2002-09-01 to Present
Data Resolution Spatial	1 ° x 1 °
Data Resolution Temporal	Daily and Monthly

نتایج و بحث

توزیع مکانی (جغرافیایی) اُزون

شکل شماره‌ی ۲ پارامترهای آمار توصیفی متغیر اُزون را در طول دوره‌ی آماری ۲۰۱۷ – ۲۰۰۳ برای کشور ایران نشان می‌دهد. براساس این شکل، میانگین توزیع اُزون کلی ستونی در اتمسفر ایران از جنوب به شمال افزایش می‌یابد. به طوری که کمترین ضخامت اُزون کلی ستون جو در عرضهای جنوبی (سواحل خلیج‌فارس و دریای عمان)

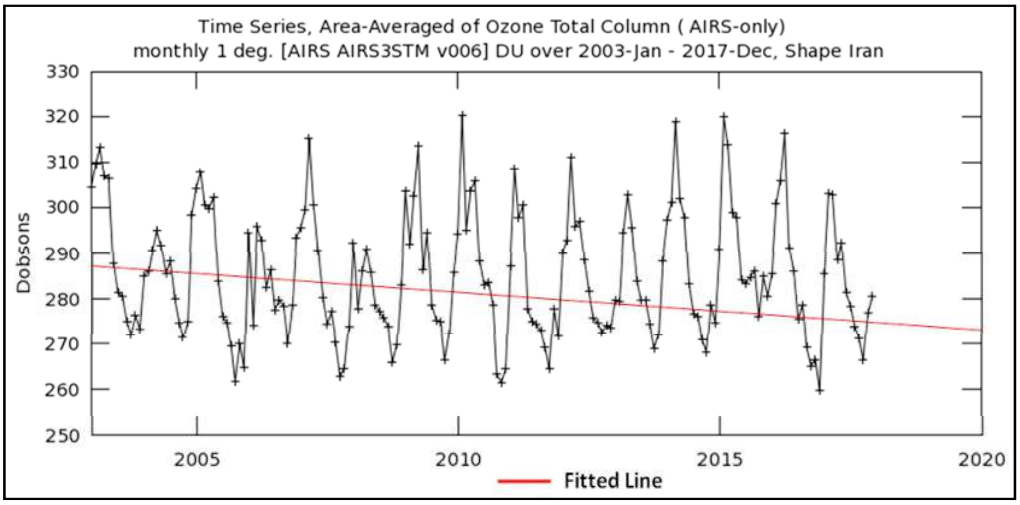
و بیشترین توزیع آن در شمال‌غرب ایران (در ناحیه پارس‌آباد و بیله‌سوار در مرز آذربایجان) مشاهده می‌شود. براساس این شکل کمترین میانگین اُزون کلی ستونی به میزان کمتر از ۲۸۳ دابسون در دو ناحیه از ایران که یکی به صورت ناحیه‌ی پیوسته‌ای نیمه‌ی غربی استان هرمزگان، شرق استان فارس و جنوب استان کرمان را در برمی‌گیرد و دیگری در جنوب‌شرق ایران (سیستان‌وبلوچستان) حاکم می باشد. همچنین بیشینه‌ی اُزون کلی ستونی در اتمسفر ایران به میزان بیش از ۳۱۸ دابسون در ناحیه‌ی پارس‌آباد و بیله‌سوار مشهود می‌باشد. (شکل۲:A). همچنین در این دوره‌ی آماری میانگین اُزون کلی ستونی در اتمسفر ایران ۲۹۶ دابسون، بیشینه‌ی اُزون کلی ستونی ۳۹۹/۸ دابسون و کمینه‌ی آن ۲۲۸/۸ دابسون و انحراف معیار ۲۱/۷ بوده‌است (شکل۲:B).



شکل ۲: توزیع اُزون کلی ستونی بر فراز ایران (A) ـ توصیف آماری توزیع اُزون کلی ستونی بر فراز ایران (۲۰۱۷ – ۲۰۰۳)

بررسی روند تغییرات اُزون

شکل ۳ نمودار تغییرات سری زمانی اُزون را از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷م با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای AIRS نشان می‌دهد. بـر اسـاس ایـن نمودار، میزان اُزون دارای روند کاهشی در طول دوره‌ی آماری بوده‌است و میانگین اُزون در ستون قائم اتمسفر ایران از ۲۸۸ دابسون در سال ۲۰۰۳ به ۲۸۲ دابسون در سال ۲۰۱۷ رسیده‌است. بدین مفهوم که از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۷م ۶ دابسون از میزان اُزون کلی ستونی در اتمسفر ایران کاسته شده‌است. میانگین سالانه‌ی اُزون دارای افت‌وخیزهایی می‌باشد که توجیه آن را در گردش جو و فعالیتهای صنعتی می‌توان یافت.



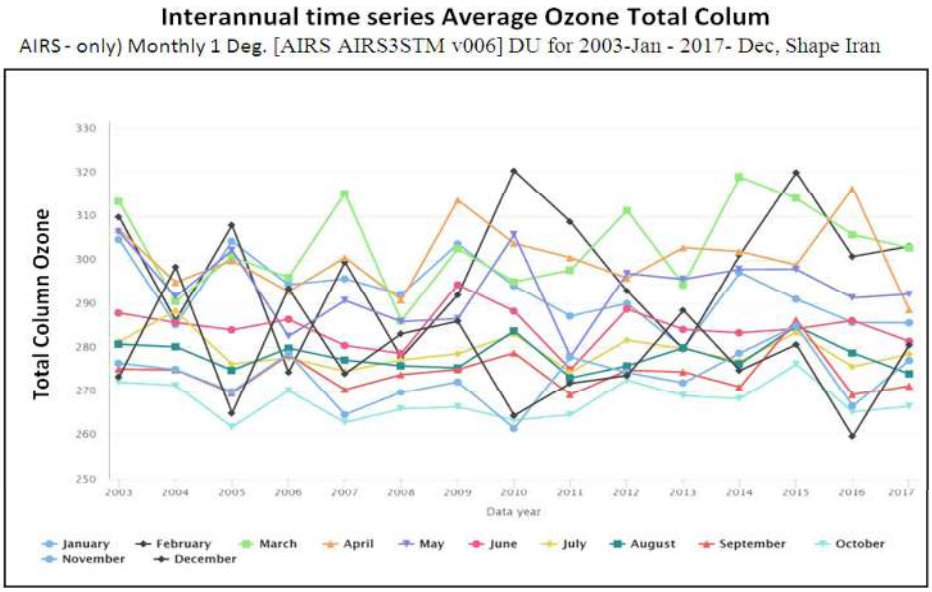
شکل ۳: تغییرات سالانه‌ی اُزون کلی ستونی و روند آن بر حسب میانگین ماهانه بر فراز کشور ایران (۲۰۱۷ – ۲۰۰۳)

بررسی تغییرات ماهانه و فصلی اُزون

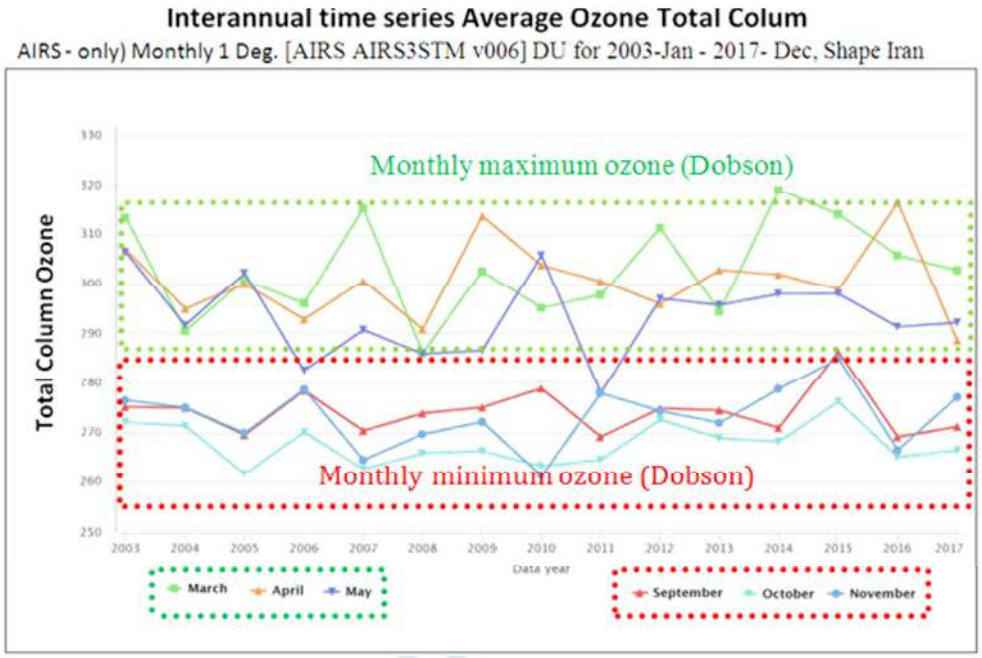
براساس نتایج به دست آمده از آنالیز آماری داده‌های ماهانه‌ی اُزون همان‌طوری که گرافهای ماهانه‌ی اُزون کلی ستونی اتمسفر ایران در اَشکال شماره‌ی ۴ و ۵ نشان می‌دهد، بیشترین میزان اُزون به ترتیب شامل ماههای مارس، آوریل و می و کمترین میزان آن در ماههای سپتامبر، اکتبر و نوامبر مشاهده شده‌است. براساس این اَشکال میزان اُزون در دیگر ماههای سال از قبیل ژوئن، ژولای، اوت، دسامبر، ژانویه و فوریه در حدفاصل ماههای بیشینه (مارس، آوریل و می) و ماههای کمینه (سپتامبر، اکتبر و نوامبر) بوده‌است. در این میان می‌توان به مقادیر بیشینه‌ی اُزون در آوریل ۲۰۰۶ (۳۱۶ دابسون)، مارس ۲۰۰۷ (۳۱۶ دابسون) و مارس ۲۰۱۴ حدود ۳۱۹ دابسون اشاره کرد. از سویی دیگر کمینه‌ی اُزون در اکتبر ۲۰۰۵ به میزان ۲۶۲ دابسون و در اکتبر ۲۰۱۰ به ۲۶۱ دابسون اُفت پیدا کرده‌است.

همچنین آنالیز حاصل از میزان اُزون کلی ستون جو در فصول چهارگانه ایران بیانگر بیشترین میزان اُزون کلی جو در فصل بهار (ماههای مارس، آوریل و می) و کمترین میزان آن مربوط به فصل پاییز (ماههای سپتامبر، اکتبر و نوامبر) بوده‌است (شکل ۶). البته نکته قابل تأمل در این خصوص، اُفت قابل ملاحظه میزان اُزون در فصول پاییز و تابستان در اتمسفر ایران می‌باشد که همزمانی این فصول با بیشینه‌ی تابش ورودی خطرناک فرا بنفش، شرایط حاکم را هشدار دهنده می‌نماید. این نتایج با بیشینه و کمینه‌ی اُزون فصلی در پهنه‌ی جهانی کاملاً منطبق می‌باشد. اَشکال شماره‌ی ۷ و ۸ میزان اُزون را برای فصول بهار (MAM)، تابستان (JJA)، پاییز (SON) و زمستان(DFJ) نشان می‌دهد. براساس این اَشکال میزان اُزون کلی ستون جو به ترتیب از بیشترین به کمترین میزان فصلی شامل فصل بهار (MAM)، زمستان (DFJ)، تابستان (JJA) و پاییز (SON) می باشد. در مناطقی همچون شمالغرب (آذربایجان غربی)، دامنه‌ی جنوبی رشته‌کوههای البرز (تهران) و جنوب ایران (استانهای هرمزگان، کرمان و فارس) آنومالی‌هایی (تمرکز بیشینه‌ای) در توزیع اُزون دیده می‌شود که توجیه آن را در الگوهای گردشی جو و فعالیت‌های صنعتی می‌توان یافت.

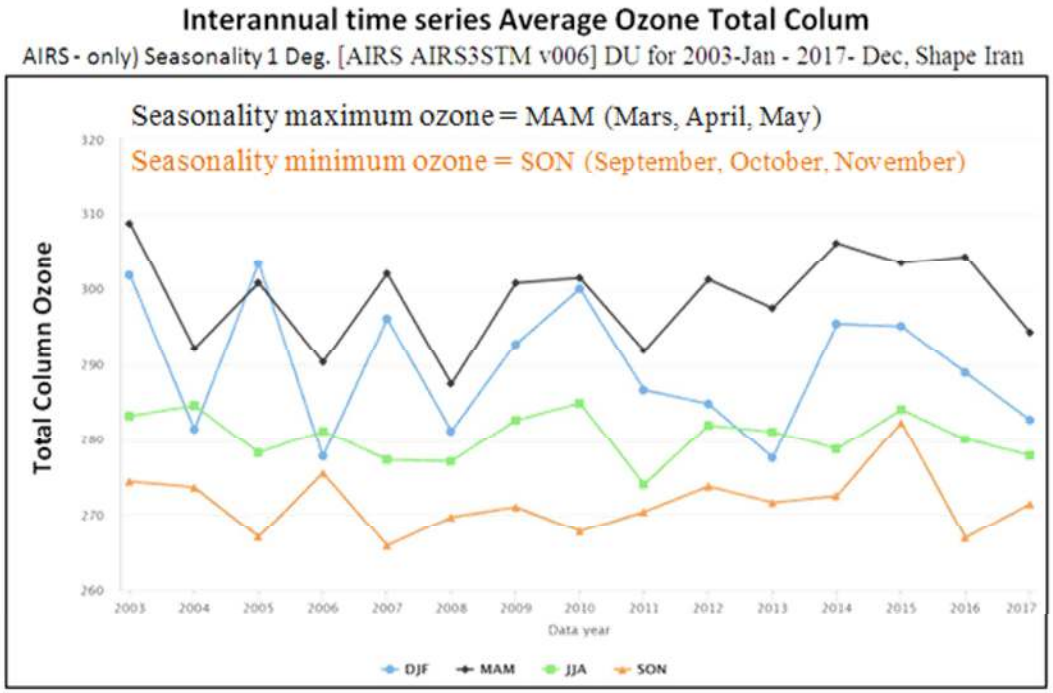
البته در فصول تابستان و پاییز توزیع اُزون از شرایط یکنواخت‌تری برخوردار بوده و میزان آن از دیگر فصول کمتر می‌باشد. بنابراین میزان اشعه‌ی ماورای بنفش در این دو فصل به طور چشمگیری افزایش می‌یابد.



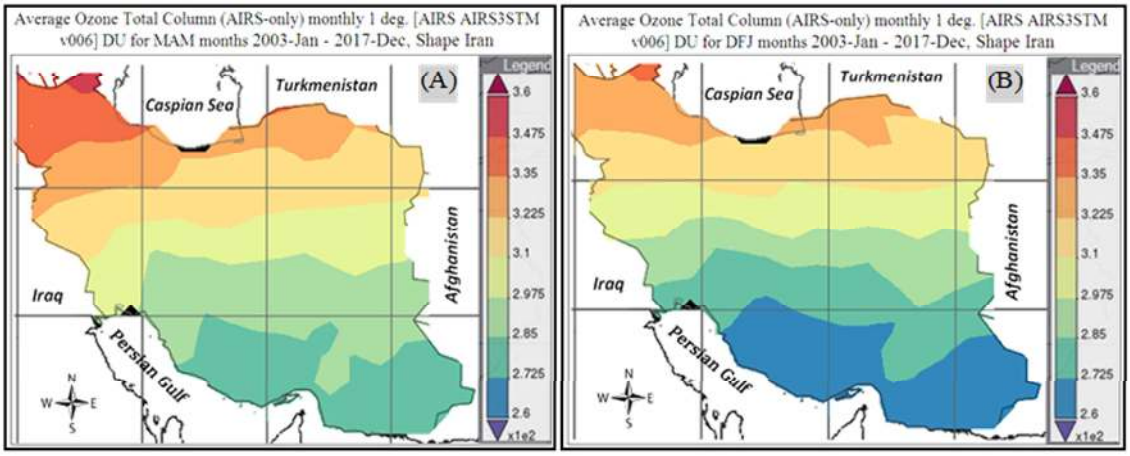
شکل ۴: میانگین ماهانه اُزون کلی ستونی اتمسفر بر فراز ایران (۲۰۱۷ – ۲۰۰۳)



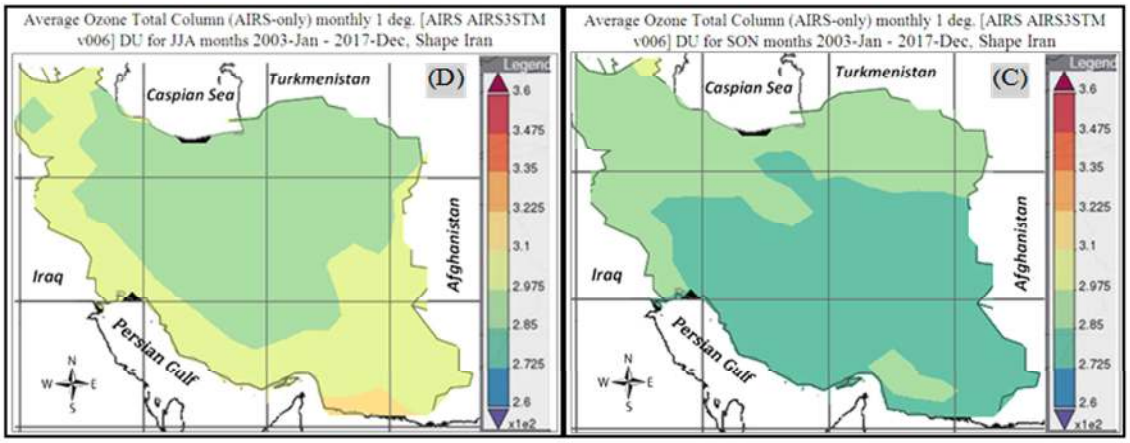
شکل ۵: سری زمانی توزیع اُزون کلی ستونی در ماههای بیشینه و کمینه بر فراز ایران (۲۰۱۷ – ۲۰۰۳)



شکل ۶: سری زمانی تغییرات فصلی اُزون کلی ستونی بر فراز ایران (۲۰۱۷ – ۲۰۰۳)



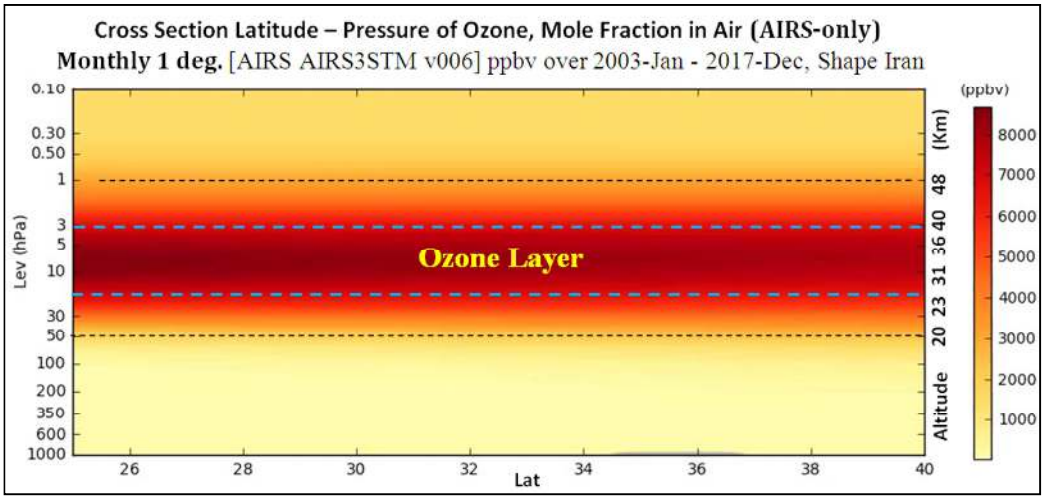
شکل ۷: توزیع اُزون کلی ستونی در فصل زمستان بر فراز ایران (B) ـ توزیع اُزون کلی ستونی در فصل بهار بر فراز ایران (A)



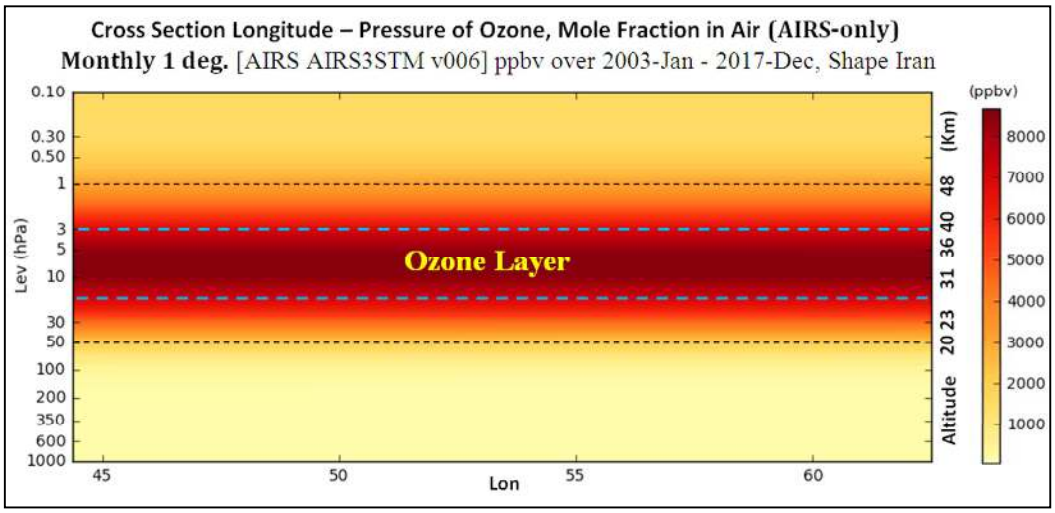
شکل ۸: توزیع اُزون کلی ستونی در فصل پاییز بر فراز ایران (C) ـ توزیع اُزون کلی ستونی در فصل تابستان بر فراز ایران(D)

ارزیابی توزیع قائم اُزون

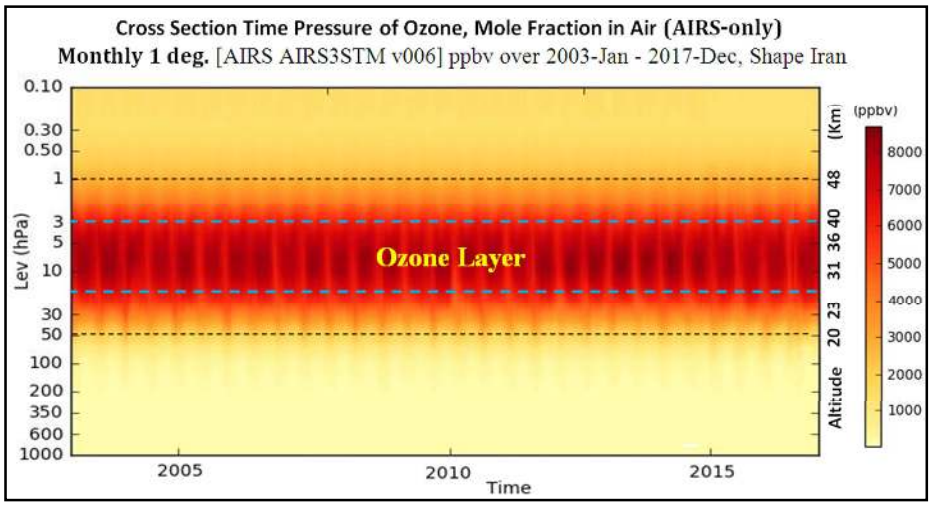
اندازه‌گیری اُزون قائم جو که در واقع توزیع عمودی اُزون موجود در جو را مشخص می‌کند با استفاده از پروفیل‌های قائم در راستای طول و عرض جغرافیایی مشخص می‌گردد. نتایج حاصل از پیمایش‌های قائم (پروفیل طولی و عرضی) جوی که تغییرات قائم اُزون را در راستای طول و عرض جغرافیایی طی دوره‌ی آماری پانزده ساله (۲۰۱۷ – ۲۰۱۳) نشان می‌دهد به خوبی توزیع قائم اُزون کلی ستون جو را در اتمسفر ایران نشان می‌دهند. شکل شماره‌ی ۹ که بیانگر توزیع قائم اُزون در امتداد عرض جغرافیایی و در راستای ترازهای ۱۴ گانه فشار بر حسب هکتوپاسکال (تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال تا ۰/۱ هکتوپاسکال) می‌باشد. براساس این شکل، لایه‌ی اُزون در اتمسفر ایران از تراز ۵۰ هکتوپاسکال در ارتفاع ۲۰ کیلومتری اتمسفر شروع شده و تا تراز ۱ هکتوپاسکالی در ارتفاع ۴۸ کیلومتری (محدوده بین خطوط مشکی منقطع) امتداد می‌یابد. در این پروفیل حداکثر تراکم گاز اُزون (لایه‌ی اصلی اُزون) از ارتفاع ۲۷ کیلومتری تا ارتفاع ۴۰ کیلومتری جو (محدوده‌ی بین خطوط آبی منقطع بین تراز ۲۰ تا ۳ هکتوپاسکال) مستقر شده‌است. این محدوده تماماً در لایه‌ی استراتوسفر (پوش سپهر) قرار داشته که در جلوگیری از اثرات مرگبارِ تابش‌های شدید فرابنفش بسیار مؤثر است. توزیع عمودی اُزون موجود در اتمسفر ایران در راستای طول جغرافیایی نیز بیانگر تراکم اُزون از تراز ۵۰ تا ۱ هکتوپاسکال (ارتفاع ۲۰ تا ۴۸ کیلومتری جو در محدوده‌ی بین خطوط مشکی منقطع) می‌باشد که شرایط مشابهی را با توزیع اُزون اتمسقر ایران در امتداد عرض جغرافیایی نشان می‌دهد. در این میان نیز بیشینه‌ی چگالی اُزون به ضخامت حدود ۱۳ کیلومتر (لایه‌ی اصلی اُزون) از ارتفاع ۴۰ – ۲۷ کیلومتری اتمسفر مستقر می‌باشد که با خطوط آبی منقطع از تراز ۲۰ تا ۳ هکتوپاسکال گسترش یافته‌است (شکل ۱۰). پیمایش قائم لایه‌ی اُزون طی دوره‌ی آماری مورد مطالعه نیز به خوبی از گسترش لایه‌ی اُزون از ارتفاع ۲۰ تا ۴۸ کیلومتری به ضخامت حدود ۲۸ کیلومتر در محدوده بین خطوط مشکی منقطع حکایت دارد ولی به طور خاص بیشترین چگالی لایه‌ی اُزون (اُزونسفر) در فاصله‌ی ۲۷ تا ۴۰ کیلومتری اتمسفر به ضخامت ۱۳ کیلومتر مشهود می‌باشد (شکل ۱۱ و۱۲:B).



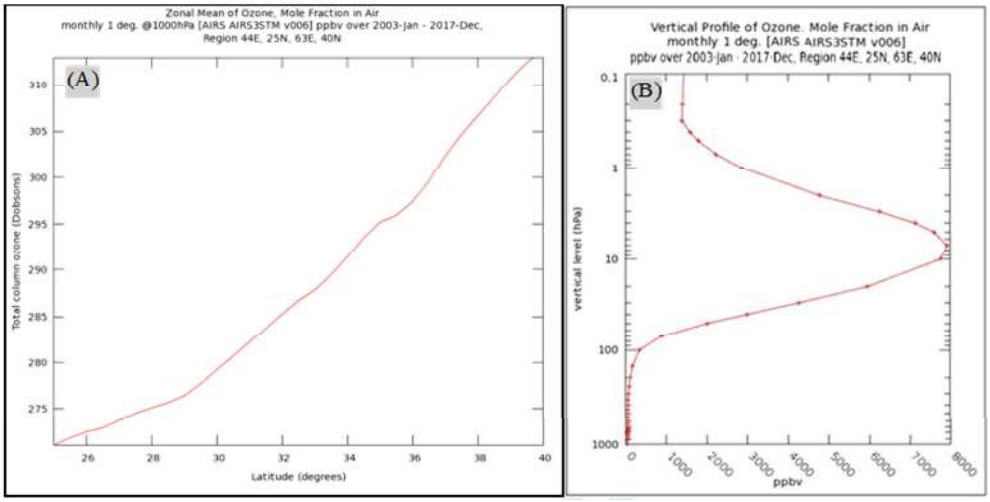
شکل ۹: نمایه‌ی قائم توزیع اُزون کلی ستونی در امتداد عرض جغرافیایی بر حسب تراز ارتفاع ژئوپتانسیل بر فراز ایران (۲۰۱۷ – ۲۰۰۳)



شکل ۱۰: نمایه‌ی قائم توزیع اُزون کلی ستونی در امتداد طول جغرافیایی بر حسب تراز ارتفاع ژئوپتانسیل بر فراز ایران (۲۰۱۷ – ۲۰۰۳)



شکل ۱۱: نمایه‌ی قائم توزیع اُزون کلی ستونی بر حسب تراز ارتفاع ژئوپتانسیل بر فراز ایران (۲۰۱۷ – ۲۰۰۳)



شکل ۱۲: پروفیل قائم توزیع اُزون کلی ستونی در امتداد تراز عمودی ارتفاع ژئوپتانسیل بر فراز ایران (B) ـ میانگین مداری توزیع اُزون کلی ستونی بر فراز ایران (A) طی دوره آماری (۲۰۱۷ – ۲۰۰۳)

نتیجه‌گیری

مطالعه‌ی فوق که بر مبنای اندازه‌گیریهای سنجنده‌ی AIRS مستقر بر ماهواره‌ی AQUA که در مطالعات جوی کاربرد فراوانی داشته و از جمله سنجنده های پُرطیفی (Hyper spectral) قابل استفاده در مطالعات اتمسفری بوده و برای آشکارسازی تغییرات اُزون اتمسفری نیز طراحی گردیده انجام پذیرفته است. نتایج حاصله به خوبی درک روشنی از وضعیت اُزون کلی ستونی (TOC) در اتمسفر ایران را نشان می‌دهد. براساس نتایج به دست آمده از داده‌های

روزانه‌ی اُزون جمع‌آوری شده طی دوره‌ی آماری ۱۵ ساله (۲۰۱۷ – ۲۰۰۳) در گستره‌ی جغرافیایی کشور ایران، اُزون کلی از حدود ۲۸۳ دابسون (سواحل خلیج‌فارس و دریای عمان) در جنوب تا ۳۱۸ دابسون در شمالی‌ترین نقطه‌ی ایران (در ناحیه‌ی پارس‌آباد و بیله‌سوار در مرز آذربایجان) تغییر می‌نماید. نتایج حاصل از تحقیق آروین (۱۳۹۳) که بیانگر افزایش میزان اُزون کلی از جنوب به شمال می باشد به خوبی با بخشی از نتایج این تحقیق منطبق می‌باشد. همچنین مباشری (۱۳۹۱) نیز به افزایش میزان اُزون کلی در اتمسفر ایران از جنوب به شمال اشاره نموده و کمترین میزان اُزون کلی فصلی در اتمسفر ایران را به فصول پاییز و تابستان مربوط دانسته‌است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. در این دوره‌ی آماری میانگین اُزون کلی ستونی در اتمسفر ایران ۲۹۶ دابسون (۴ دابسون کمتر از میانگین اُزون جهانی)، بیشینه‌ی اُزون کلی ستونی ۳۹۹/۸ دابسون و کمینه‌ی آن ۲۲۸/۸ دابسون و انحراف معیار ۲۱/۷ بوده‌است. میانگین ماهانه‌ی اُزون کلی در اتمسفر ایران از تفاوتهای چشمگیری برخوردار می‌باشد به طوری که در میان ماههای دوازده گانه، بیشترین میزان اُزون به ترتیب در ماههای مارس، آوریل و می (MAM) و کمترین میزان آن به ترتیب در ماههای اکتبر، نوامبر و دسامبر (ONS) مشاهده شده‌است. به لحاظ فصلی نیز بیشترین میزان اُزون فصلی در فصل بهار (شامل ماههای مارس، آوریل و می) و کمترین میزان فصلی در ماه پاییز (ماههای سپتامبر، اکتبر و نوامبر) اتفاق افتاده‌است. از سویی دیگر پایین بودن میزان اُزون و همچنین گرایش کاهشی آن در فصل تابستان که همزمان با ورود بیشترین تابش ورودی اشعه‌ی فرابنفش (UV) نیز می‌باشد کاملاً هشدار دهنده است. نمایش سه بعدی (نمایه قائم) تغییرات اُزون کلی در اتمسفر ایران در راستای طول و عرض جغرافیایی نشان دهنده‌ی حداکثر تراکم اُزون در لایه‌ی استراتوسفر می‌باشد به طوری که لایه اُزون در اتمسفر ایران از ارتفاع ۲۰ تا ۴۸ کیلومتری به ضخامت حدود ۲۸ کیلومتر گسترش یافته‌است ولی به طور خاص بیشترین چگالی لایه‌ی اُزون (اُزونسفر) در فاصله‌ی ۲۷ تا ۴۰ کیلومتری اتمسفر به ضخامت ۱۳ کیلومتر مشهود می باشد. ارتفاع مذکور در پوش‌سپهر قرار داشته و تأثیر چندانی از خصوصیات فیزیکی سطح زمین و لایه‌ی مرزی سیاره‌ای نمی‌پذیرد. هرچند بدون شک نتایج مطالعه فوق با حداقلی از میزان خطا همراه می‌باشد ولی به طور نسبی می توان آنها را پذیرفته و مسئله‌ی تغییرات لایه‌ی اُزون در اتمسفر ایران که به لحاظ زمانی و مکانی بخشهای وسیعی از آن در وضعیت هشدار دهنده می‌باشد جدی گرفته شود.

منابع

آرنس دونالد (۱۳۹۱)، هواشناسی نوین ـ مقدمه‌ای بر هوا، اقلیم و محیط، ترجمه‌ی محمدرضا بابایی، نشر آییژ، جلد یکم، تهران، ۷۳۶ ص.

آروین، عباسعلی (۱۳۹۱)، ارتباط الگوهای گردشی جو با تغییرات اُزون کلی در اصفهان، فصلنامه جغرافیا و توسعه، دوره ۱۰، شماره پیاپی ۲۹، صص ۱۴ -۱.

آروین، عباسعلی (۱۳۹۲)، ارتباط الگوهای پیوند از دور با میزان اُزون کلی در اصفهان، فصلنامه پژوهشهای جغرافیای طبیعی، سال ۴۵، شماره ۱، صص ۵۲ -۳۹.

آروین، عباسعلی (۱۳۹۳)، ارتباط پدیده النینو – نوسان جنوبی با تغییرات اُزون کلی در ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۳۷، صص ۱۸۰ -۱۶۵.

آروین، عباسعلی (۱۳۹۴)، ارتباط بین دمای سطح آب در اقیانوس آرام و تغییرات مجموع اُزون در گستره ایران، فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۱۹، شماره ۵۲، صص ۴۲ -۲۵.

عزتیان، ویکتوریا و اسعدی اسکویی ابراهیم (۱۳۹۰)، بررسی نوسانات اُزون سطحی در شهر اصفهان، مجله علمی و فنی نیوار، دوره ۳۵، صص ۷۴-۶۷.

عزتیان، ویکتوریا و اسعدی اسکویی ابراهیم (۱۳۹۱)، کاربرد روش‌های آماری در تحلیل نوسان‌های اُزون وِردسپهری، مجله ژئوفیزیک، دوره ۶، شماره ۱، صص ۶۰-۴۲.

کریمی صادق؛ نگارش حسین؛ طاوسی تقی و علیجانی بهلول (۱۳۹۲)، تحلیل سیستماتیک چرخه‌ی اُزون تروپوسفری در سیستم سیبرنتیک آب و هوا (مورد: کلانشهر تهران)، فصلنامه‌ی علمی ـ پژوهشی انجمن جغرافیای ایران، سال یازدهم، شماره‌ی ۳۷، صص۲۱۵ - ۱۸۹.

لازاریدیس میهالیس (۱۳۹۲)، اصول اولیه هواشناسی و آلودگی هوا، ترجمه‌ی علی اکبر سبزی پرور و جلیل هلالی، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، پاییز ۱۳۹۲.

مباشری محمدرضا (۱۳۸۴)، امکان‌سنجی پایش (مانیتورینگ) تغییرات لایه‌ی اُزون در جو ایران با استفاده از اندازه‌گیریهای مکانی و تصاویر MODIS، گزارش طرح پژوهشی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.

مباشری محمدرضا.(۱۳۸۶)، مطالعه تغییرات لایه‌ی اُزون در جو ایران با استفاده از داده‌های سنجنده‌TOMS، مجله‌ی محیط شناسی، شمارۀ۴۴، زمستان ۸۶، صص ۵۴-۴۳.

Aggarwal, A., Kumari, R., Mehla, N., Deepali, Singh., R.P., Bhatnagar, S., Sharma, K., Sharma, K., Vashishtha, A., Rathi, B., (2013), Depletion of the ozone layer and its consequences: A review. Am. J. Plant. Sci. 4: 1990–1997.

Antón, M., Cancillo, A., Serrano, J.M., Vaquero, J.A., (2007), García, Ozone mini-hole over South-Western Spain during January 2004: Influence over ultraviolet radiation, Geophys. Res. Lett. 10: 320 -331.

Anton, M., Serrano, A., Cancillo, M.L., Garcia, J.A., (2008), Total ozone and solar erythemal irradiance in Southwestern Spain: day-to-day variability and extreme episodes. Geophysical Research Letters. 21: 35-50.

Anton, M., Serrano, A., Cancillo, M.L., Garcia, J.A., (2009), An empirical model to estimate ultraviolet erythemal transmissivity. Annales Geophysical .27:120-136.

Atkinson-Palombo, C.M., Miller, J.A., Balling, Jr., (2006), Quantifying the Ozone ‘‘Weekend Effect’’ at Various Locations in Phoenix, Arizona. Atmos. Environ. 40: 7644–7658.

Balis, D., Brinksma, E., Kroon, M., Amiridis, V., Zerefos, C., (2006), Validation of OMI total ozone using ground-based Brewer observations. Atmospheric Science Conference, European Space Agency, ESA SP-628, ESRIN, Frascati, Italy.

Basset, H.A., Korany, M.H., (2007), the global and UVB radiation over Egypt. Atmosphere. 20:41-52.

Bordi, I., Berrilli, F., Pietropaolo, E., (2015), Long-term response of stratospheric ozone and temperature to solar variability. Ann. Geophys. 33: 267–277.

Cadle, R.D., Allen, E.R., (1970), Atmospheric Chemistry, Science. 167: 243-249.

Cazorla, M., Brune W. H., (2010), Measurement of Ozone Production Sensor. Atmos. Meas. Tech. 3: 345-555.

Chair, J.B., (2005), Understanding the factors that affect surface ultraviolet radiation. Optical Engineering. 44:260 – 272.

Chapman, S., (1930), A theory of upper atmosphere ozone, Mem. Roy.Meteorol. 3:103-110.

Considine, D. B., (2004), Simulating ozone in the near-tropopause region with a new combined model of the stratosphere and troposphere, paper presented at Quadrennial Ozone Symposium, Int. Ozone Comm., Kos, Greece, June.25: 19 -27.

Crutzen, P.J., (1990), the influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 96:320-325.

De Laat, A. T. J., Aben, I., Roelofs, G. J., (2005), A model perspective on total tropospheric O3 column variability and implications for satellite observations, J. Geophys. Res.110: 1220 -1232.

Doherty, R.M., Wild, O., Shindell, D.T., Zeng, G., MacKenzie, I.A., Collins, W.J., Fiore, A.M., Stevenson, D.S., Dentener, F.J., Schultz, M.G., (2013), Impacts of climate change on surface ozone and intercontinental ozone pollution: A multi-model study. J. Geophys. Res. Atmos. 118: 3744–3763.

Edwards, D. P., (2003), Tropospheric ozone over the tropical Atlantic: A satellite perspective, J. Geophys. Res. 108: 4237-4245.

Feister, U., Cabrol, N., Häder, D. P., (2015), UV irradiance enhancements by scattering of solar radiation from clouds. Atmosphere. 5: 1211–1228.
Fioletov, V.E., Cherr, J.B., Wardle, D.I., Krotkov, N., Herman, J.R., (2002), Comparison of Brewer ultraviolet irradiance measurements with total ozone mapping spectrometer satellite retrievals. Optical Engineering. 41: 305-317.
Flores, J. C., Montecinos, S., (2000), Chapman's model for ozone concentration: earth`s slowing rotation effect in the atmospheric past, SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS).70: 250-262.
Galliani, A., Siani, A.M., Casale, G.R., (2002), An investigation on a low ozone episode at the end of November 2000 and its effect on ultraviolet radiation.Optical Engineering. 41:308-320.
Ialongo, I., Casale, G. R., Siani, A.M., (2008), Comparison of total ozone and erythemal UV data from OMI with ground-based measurements at Rome station. Atmospheric Chemistry and Physics. 8: 328-336.
Jacobson, M.Z., (2002), Atmospheric Pollution: History, science, and regulation Cambridge University Press.
Johnston, H. S., (1971), Reduction of stratospheric ozone by nitrogen oxide catalysts from supersonic transport exhaust, Science. 173:517-522.
Kassem, K.O., (2009), Variability of Surface and Total Column Ozone in Qena and Cairo (Egypt). PhD Thesis, South Valley University, Egypt. Pp:76 -90.
Kazadzis, S., Bais, A., Arola, A., Krotkov, N., Kouremeti, N., Meleti, C., (2009), Ozone monitoring instrument spectral UV irradiance products: comparison with ground-based measurements at an urban environment. Atmospheric Chemistry and Physics. 9: 58-70.
Kondo, A., Inoue, Y., (2006), Ground Level Ozone Concentrations and Its Association with NOx and Meteorological Parameters in Kathmandu Valley, Nepal. Atmos. Environ. 40: 8081–8087.
Kudish, A.I., Lyubansky, V., Evseev, E.G., Ianetz, A., (2005), Intercomparison of the solar UVB, UVA and global radiation clearness and UV indices for Beer Sheva and Neve Zohar (Dead Sea). 30: 162-175.
Lelieveld, J., Roelofs, G. J., Ganzeveld, L., Feichter, J., Rodhe, H., (1997), Terrestrial sources and distribution of atmospheric sulphur, Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. 352: 149-158.
Masserot, D., Lenoble, J., Brogniez, C., Houet, M., Krotkov, N., McPeters, R., (2002), Retrieval of ozone column from global irradiance measurements and comparison with TOMS data, A year of data in the Alps. Geophysical Research Letters 29, art. 1309:520 -528.
McKenzie. R. L., Aucamp, P.J., Bais, A. F., Madronic, S., (2011), effects of ozone depletion and its interactions with climate change Cover, journal of Photochemical & Photobiological Sciences. 20:36-49.
Molina, Mario J., Rowland, F. S., (1974), stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalyzed destruction of ozone. Nature. 249:810-812.
Murillo, W., Canada, J., Pedros, G., (2003), Correlation between global ultraviolet (290-385 nm) and global irradiation in Valencia and Cordoba (Spain). Renewable Energy. 28:485-502.
Revell, L.E., Tummon, F., Stenke, A., Sukhodoloy, T., Coulon, A., Rozanov, E., Garny, H., Grewe, V., Peter, T., (2015), Drivers of the tropospheric ozone budget throughout the 21st century under the medium-high climate scenario RCP 6.0. Atmos. Chem. Phys. 15: 5887–5902.
Seinfeld, J.H., Pandis, S.N., (2006), Atmospheric Chemistry and Physics from Air Pollution to Climate Change. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York: John Wiley &Sons.17:70-84.
Susan, S.J., James .B., Burkholder., (1994), Ozone depletion and global warming potentials of CF3I: JGR: Atmospheres Research Journal. 42:35-50.
Thompson, D.WJ., Solomon.S., Kushner, PJ., (2011), Signatures of the Antarctic ozone hole in Southern Hemisphere surface climate change, Nature Geosciences. 4: 741–749.
Zhang, H., Wu, S., Huang, I., Wang, I., (2014), Effects of stratospheric ozone recovery on photochemistry and ozone air quality in the troposphere. Atmos. Chem. Phys. 14: 4079–4086.
Ziemke, J. R., Chandra, S., Bhartia, P. K., (2005), A 25-year data record of atmospheric ozone in the Pacific from Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) cloud slicing: Implications for ozone trends in the stratosphere and troposphere, Journal Geophysics Research. 10:1029-1038.

English

Abstracts

Research Article

The Zoning of the danger of landslide by using the Fuzzy Region (case study: the Watershed in Cham Gordlan dam in Ilam)

Zabihollah Rostami[1], Seyed Ali Almodaresi*[2], Ali Akbar Jamali[3]

Received: 07-09-2016 Revised: 17-05-2017 Accepted: 06-07-2019

Abstract

Geographically, the studied region in Ilam dam watershed is between 46°16'36" to 46°38'32" eastern longitude and 33°23'27" to 33°38'54" northern latitude. The area of case study is 476.5km2 with the highest and lowest height as 2400 m and 640m above sea level. In this study, in order to map the landslide hazard zonation of Ilam Cham Gordalan dam basin by weighting the main criteria and using fuzzy membership functions in Arc GIS and establishing the best relationship functions between the presence and absence of landslides, a set of parameters is used. Then, each of the factors affecting landslides in the under-study area such as slope, slope direction, elevation, geology, land use, distance from roads, distance from drainage network, distance from the fault, and rainfall map has been digitized in the software environment of ArcGIS and are used in the fuzzy analysis. Landslide hazard in the under-study area has been zoned using fuzzy operators (Gamma, Product, Sum, Or, And). After the fuzzy fiction phase, the effective measures in the landslide occurrences in the area have been prepared using the above-mentioned method through Gamma fuzzy operators with Lambda 0.2،0.5،0.8and 0.9and by comparing final maps, the ideal model for the landslide hazard zonation in the area has been selected. The results show that among the above-mentioned operators, the Gamma operator with Lambda 0.9 is considered to be the most appropriate method for zoning the landslides in this area due to its fine fuzzy fiction of each criterion based on the distribution maps of occurred landslides and the way of separating risk classes.

Keywords: fuzzy logic, fuzzy operators, membership function, Geographic Information Systems, Ilam Cham Gordalan dam.

[1]- Graduate Student, Remote sensing and GIS Yazd branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran

[2]*- Associate professor, Department of RS and GIS, Yazd branch, Islamic Azad University, Yazd, Iran

Email: almodaresi@iauyazd.ac.ir

[3]- Associate professor, Department of GIS and Watershed MGT, Maybod Branch, Islamic Azad University, Maybod, Iran

References

References (in Persian)

AshqaliFarahani,A. (2001),Estimating the Instability of Natural Slopes in Rudbar Region Using Fuzzy Theory, Master's Thesis for Engineering Geology, Tarbiat Moallem University. [In Persian]

Bagherian,R.,Goodarzi,M., & Ghaiorian, J. (2005), Investigation of Economic-Social Damage to Landslide (Case Study: Imamzadeh Ali-Haraz and Barikan Taleghan Landslides), Scientific and Research Journal of Water and Watershed, No. 2. [In Persian]

Ghayumian, J, Fatemi Agda, S,M., Ashgholi Farahani, A., & Teshneh Lab, M. (2002), Land risk zoning by using Fuzzy Multi-Definition Decision Making (Case Study: Rudbar Gilan), Research and Development, 57-56: 80- 67. [In Persian]

Jafari M, Sh. (1374), Landslide (the basics and principles of natural slope stability). Sazeh Publication. [In Persian]

Jamali, A, A., Abdolkhani, A. (2009), Application of GIS and Analytical Hierarchy Process in Risk Ranging of Slipping and Comparing the Preference of Factors Influencing Slipping Case Study: Manishad Watershed, Yazd, Geomatics Conference 2009. [In Persian]

Karam, A. (2001), Quantitative Modeling and Landslide Risk Assessment in Finished Zagros (Case Study: Sarkhoun Watershed - Chaharmahal va Bakhtiari Province), PhD dissertation of Natural Geography, Tarbiat Modares University, 354 p. [In Persian]

Koorepzan Dezfuli,A. (2005), The Principles of the Theory of Fuzzy Collections and Its Applications in Modeling Water Engineering Issues, Amirkabir Industrial University Jihad Publication, First Edition, 261 p. [In Persian]

Refahi, H. (2003), Water erosion and its control, Tehran University Press. [In Persian]

Sefidgari, R. (2002), Evaluation of landslide hazard zonation methods in scale 1: 50000 (Case study: Damavand watershed), Master thesis for engineering geology, Tarbiat Modares University, 159 p. [In Persian]

Safari, A.,Akhdar, A. (1392), Comparison of the Frequency Ratio Model and Fuzzy Membership Functions in Landslide Risk Density (Case Study: Marivan Communication Sanandaj Road), Journal of Geography and Environmental Hazards, No. 4, pp. 79-96. [In Persian]

Suri,S, G, Sh,., Ghafouri,M., & Farhadinejad, T. (2013), Prioritizing the Factors Influencing Landslide and Preparing Its Risk Map Using Analytical Hierarchy Process Model (Case Study: National Basin). Journal of Engineering Geology, 6 (1 -2): 1-12. [In Persian]

References (in English)

Alaiee Taleghani, M., Rahimzadeh, Z., Amini, A., 2011. Mass Zoning the Skirts Sensitivity to Instability (Slippage) at Javanrood Catchment Area by the Use of Two Variables Statistical Model of Surface Compaction. Geography and Development. No 22, 57-72. (In Pe).

Bonham-Carter, G. F. (1991). Geographic Information System for Geoscientists: Modeling with GIS, Pergamon, Ontario, PP. 291-300.Bui DT, Pradhan B, Lofman O, Revhaug I, Dick OB. 2012. Spatial prediction of landslide hazards in Hoa Binh province (Vietnam): A comparative assessment of the efficacy of evidential belief functions and fuzzy logic models. CATENA, 96: 28-40.

Champati-Ray, P.K., Dimri, S., Lakhera, R.C., and Sati, S. 2007. Fuzzy-based method for landslide hazard assessment in an active seismic zone of Himalaya Landslides, 4: 101-111.

Ercanoglu, M., and Gokceoglu, C. 2004. Use of fuzzy relations to producelandslide susceptibility map of a landslide-prone area (West Black Sea Region, Turkey), Engineering Geology, 75: 229–250.

Fallah-Ghalhary, G.A., M. Mousavi-Baygi, M. & Habibi Nokhandan, M., 2009, "Annual rainfall forecasting by using Mamdani fuzzy inference system",Res. J. Env. Sci., Vol. 3: 400-41.

Gorsevski, P.V., Jankowski, P., and Gessler, P.E. 2006. Heuristic approach for mapping landslide hazard integrating fuzzy logic with analytic hierarchy process, Control and Cybernetics, 35: 1-26.

Lee, S., Abdul Talib, J.2005. Probabilistic landslide susceptibility and factoreffect analysis, Environmental Geology,47:982-990

Lee, S. 2007. Application and verification of fuzzy algebraic operators to landslide susceptibility mapping, Environmental Geology, 52: 615-623.17.

Moradi, H. R., Pourghasemi, H. R., Mohammadi, M., Mahdavifar, M. R., 2010. Landslide Hazard Zoning using Gamma Fuzzy Operator, with a Case Study of Haraz Watershed. Environmental Sciences. Vol 7, No 4, 129-142.

Pourghasemi, H R., Moradi, H.R., and Mohammadi, M., 2008. Application of fuzzy and GIS in identify and slopes instability zonation and environmental management, 1st Conference on Environmental Systems Planning and Management Engineering, 1-2Jan. 2008at University Tehran, Iran...

Tangestani, M.H.2003. Landslide susceptibility mapping using fuzzy gamma operation in GIS, Kakan catchment area, Iran, Proceedings of the Map India 2003, Conference, copyright GIS Development.net

Wong W-D, Xie C-M, Du X-G. Landslide susceptibility mapping in Guizhou province based on fuzzy theory. Mining Science and Technology (China), 19(3):399-404

Zadeh, L.A.1965. Fuzzy sets, Information and Control,8,338-352.

Zhu A-X, Wang R, Qiao J, Qin C-Z, Chen Y, Liu J, Du F, Lin Y, Zhu T. 2014. An expert knowledge-based approach to landslide susceptibility mapping using GIS and fuzzy logic. Geomorphology, 214: 128-138.

Zhu, A.X., Wang, R.X., Qiao, J.P., Chen, Y.B., Cai, Q.G., Zhou, C.H.2004. Mapping landslide susceptibility in the three gorges area, China using GIS, expert knowledge and fuzzy logic. GIS and Remote Sensing in Hydrology, Water Resources and Environment (Proceedings of ICGRHWE held at the Three Gorges Dam, China, and September2003). IAHS Publ.289,2004,385-391.

Research Article

Investigating the Effects of Climate Change on Food Security of Iran

Soroush Kiani Ghalehsard[1], Javad Shahraki*[2], Ahmad Akbari[3], Ali Sardar Shahraki[4]

Received: 26-02-2018 Revised: 09-04-2018 Accepted: 02-06-2018

Abstract

Climate change affects agricultural production and, consequently, agricultural factors such as food security and economic well-being. In this study, by distinguishing between different aspects of climate change, the effects of four climate change assumptions, climate variability, climate change, variability and climate change on food security and economic well-being during the years of 2001-2016 were investigated and by using the cost and production information of three products of food security index in Iran (wheat, rice and potatoes), using the positive mathematical programming (PMP) method was used. The results of this study showed a sharp decrease in farm incomes and a surplus of economic welfare as well as an increase in the price of the product under the fourfold assumptions. In four assumptions examined, the average of total income 43979.4, 127241.9, 157960.1 and 272367.1 million Tomans was reduced, the price of the desired product 332.95, 343.7, 565.18, and 1160.86 one thousand Tomans was increased, and the total of economic welfare surplus decreased 927884.4, 1542416, 2016383 and 2356754 million Tomans, respectively. Reducing the effects of climate change can be achieved by changing the pattern of cultivation, using modern irrigation methods and desertification.

Keywords: climate variability, climate change, food security, Iran.

[1]- PhD student in Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Iran.

[2]*- Associate Professor, Department of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Iran.

Email: j.shahraki@eco.usb.ac.ir

[3]- Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Iran.

[4]- Assistant Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Iran.

References

References (in Persian)

Amirnejad, H., & Asadpour Kordi, M. (2017). Effects of climate change on wheat production in Iran. Journal of Agricultural Economics Research, 9 (35), 163-182. [In Persian]

Adavi, Z., & Tadayon, M. (2017). The effect of climate change on potato (Solanum tuberosum L.) production in Feridonshahr Region of Isfahan, I: Growth and development. Agroecology, 9 (4), 1117-1135. [In Persian]

Bakhshi, A., Moghaddsi, R., & Daneshvar Kakhki, M. (2011). An application of positive mathematical programming model to analyze the effects of alternative policies to water pricing in Mashhad Plain. Agricultural Economics & Development, 25 (3), 284-294. [In Persian]

Hoseini, S., Nazari, M., & Araghinejad, S. (2013). Investigating the impacts of climate on agricultural sector with emphasis on the role of adaptation strategies in this sector. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 44 (1), 1-16. [In Persian]

Ibrahimi, Z., Khosfi, M., Vali, A., & Rezaei, A. (2013). Impacts of climate change on agriculture and food security. Proceedings of 1st International Conference on Ecology of Iran. Isfahan: Isfahan University of Technology. [In Persian]

Momeni, S., & Zibaei, M. (2013). The potential impacts of climate change on the agricultural sector of Fars Province. Agricultural Economics & Development, 27 (3), 169-179. [In Persian]

Torkaman, M., & Koucheki, A. (2015). A study on the effect of warming and future climate change on the agronomic traits and production of potato in Iran (Ph.D. Dissertation). Mashhad, Iran: Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian]

References (in English)

Ahmed, S.A., Diffenbaugh, N.S., Hertel, T.W., Lobell, D.B., Ramankutty, N., Rios, A.R., Rowhani, P., (2011), Climate volatility and poverty vulnerability in Tanzania. Glob. Environ. Change Part A: Human Policy Dimens. Vol. 21, pp 46–55.

Banzhaf, H.S., (2010), Consumer surplus with apology: a historical perspective on nonmarket valuation and recreation demand. Annual Review of Resource Economics, Vol. 2, pp 183-207.

Butler, C., and McFarlane R., (2018), Climate Change, Food Security, and Population Health in the Anthropocene., Encyclopedia of the Anthropocene, Vol. 2, pp 453-459.

Campbell, B.M, Vermeulen, S.J., Aggarwal, P.K., Corner-Dolloff, C., Girvetz, E., Loboguerrero, A.M., Villegas, J.R., Rosenstock. T., Sebastian, L., Thornton, P.K., Wollenberg, E., (2016), Global Food Security,risks to food security from climate change, Vol 11, pp 34-43.

Devaux, A., Kromann, P., Ortiz, O. (2014), Potatoes for sustainable global food security. Potato Research. (Netherlands). Vol 57, No 3, pp 185-199.

Ferreira, F.H.G., Fruttero, A., Leite, P.G., Lucchetti, L.R., (2013). Rising food prices and household welfare: evidence from Brazil in 2008. J. Agric. Econ. Vol 64, pp 151–176.

Ford, J.D., (2012). Indigenous health and climate change. Am. J. Public Health, Vol 102, No 7, pp 1260 – 1266.

Gohar, A.A., Cashman, A., (2016). A methodology to assess the impact of climate variability and change on water resources, food security and economic welfare., Agricultural Systems. Vol 147, pp 51-64.

Guillermo, N., Jaramillo, V., Larsen, J., (2018). Food security and climate change: the case of rainfed maize production in Mexico, Agricultural and Forest Meteorology. Volumes 253–254, pp 124-131.

H.J. Dowsett., Robinson, M.M., (2013), Paleoceanography, Biological Proxies Planktic Foraminifera, Earth Systems and Environmental Sciences, Encyclopedia of Quaternary Science (Second Edition), pp 745-754.

Katz, R.W., Brown, B.G., (1992). Extreme events in a changing climate variability is more important than averages. Clim. Chang. Vol 21, pp 289–302.

Li, Yu, Liu, Yuan, Ye, Wangting, Xu Lingmei, Zhu, Gengrui, Zhang, Xinzhong, Zhang, Chengqi (2018), A new assessment of modern climate change, China An approach based on paleo-climate, Earth-Science Reviews, Vol 177, pp 458–477.

Liu, C., Hofstra, N., Franz, E., (2013). Impacts of climate change on the microbial safety of pre-harvest leafy green vegetables as indicated by Escherichia coli O157 and Salmonella spp. Int. J. Food Microbiol. Vol 163, pp 119– 128.

Lobell, D.B., Schlenker, W., Costa-Roberts, J., (2011). Climate trends and global crop production since 1980. Science, Vol 333, pp 616-620.

Meehl, G.A., Stocker, T.F., Collins, W.D., Friedlingstein, P., Gaye, A.T., Gregory, J.M., Kitoh, A., Knutti, R., Murphy, J.M., Noda, A., Raper, S.C.B., Watterson, I.G., Weaver, A,J., Zhao, Z.C. (2007). Global Climate Projections. In: Climate Change,The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Millner, A., (2013). On welfare frameworks and catastrophic climate risks, Journal of Environmental Economics and Management, Vol 65, No 2, pp 310-325.

Stern, N., Dietz, S.(2008), Why economic analysis supports strong action on climate change: a response to the Stern review's critics, Review of Environmental Economics and Policy, Vol 2, No 1, pp 94–113.

Tirado, M.C., Clarke, R., Jaykus, L.A., McQuatters-Gollop, A., Franke, J.,M., (2010). Climate change and food safety: a review. Food Res. Vol 43, pp 1745 –1765.Wheeler, T., von Braun, J., (2013), Climate change impacts on global food security. Science 341, 508–513.

UNFCCC,(2007), Climate Change Secretariat. Climate Change: Impacts, Vulnerabilities and Adaptation In Developing Countries, UNFCCC Secretariat. Bonn, Germany.

Uyttendaele, M., Liu, C., Hofstra, N., (2014). Special issue on the impacts of climate change on food safety. Food Res. Int. Vol 68, pp 1 – 6.

Weitzman, M.L., (2009), On modeling and interpreting the economics of catastrophic climate change, Review of Economics and Statistics, Vol 91, No 1, pp 1–19.

Wheeler, T., von Braun, J., (2013), Climate change impacts on global food security. Science, Vol 341, pp 508–513.

Wossen, T., Berger, T., Haile, M.G. & Troost, C. (2017), Impacts of climate variability and food price volatility on household income and food security of farm households in East and West Africa. Agricultural Systems.

Zalasiewicz, J.,Williams, M,. (2016), Climate Change, Second Edition: Observed Impacts on Planet Earth, University of Leicester, Leicester, UK.

Research Article

The Effect of climate Change on Almond Phenology in Chaharmahal and Bakhtiari province

Maryam Seyyed Abdolahi[1], Bohloul Alijani*[2], Ghasem Azizi[3], Farideh Asadian[4]

Received: 06-03-2018 Revised: 23-09-2018 Accepted: 27-10-2018

Abstract

The purpose of this study is analyzing the climate changing effects on almond phenology in a region with severe temperature fluctuation in Chaharahal and Bakhtiari province. For this purpose in this study, small-scale model SDSM and large-scale data of atmospheric general circulation canESM2 were used. Daily minimum, maximum temperature data, and precipitation in the statistical period of 30 years (1985-2015) for 4 stations were used as a basic data. And with using the SDSM model and general circulation under 2 scenario RCP4.5 and 8.5 from 2020-2050 compared with current amounts and its changes was evaluated. The results showed that the height factor had an important role in changing climatic elements and consequently temporal changes of almond phonological stages in the study region. Analyzing the reviewed scenarios showed that by affecting the climate changing, almond cultural calendar change and dates of crop phonological stages will happen sooner. Also the growth period will decrease; due to warming up of the region and early completion degree of required growth days. Special pattern of phonological stages changing showed that in both scenarios changes rates are more in the southern parts of the province and amounts changes decrease to the north. As regards in the forecasting period, the flowering stage occurs sooner and it coincides with the late spring frost of an almond tree. And because this stage is sensitive to cold, care proceedings should be increased. The results showed that in the regions where phonological stages occur sooner, the Impressionability of almond cultivation phonological stages is more than climate changing. In the province's southern regions the phonological stages occur sooner than other parts. And these regions have a greater impact from climate change.

Keywords: Almond, Phenology, Scenario, The relation of almond cultivation withClimate, Chaharmahal va Bakhtiari.

[1]- Ph.d Student of Climatology, Department of Natural Geography, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Iran

[2]*- Professor, Department of Natural Geography, Kharazmi University of Tehran, Iran Email: alijani@khu.ac.ir

[3]- Associate professor, Department of Natural Geography, University of Tehran, Iran

[4]- Assistant Professor, Department of Natural Geography, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, Iran

References

References (in Persian)

Ahmadi, M., Falahi Khoshji, M., mafakheri, O (1396). Forecasting changes of barely cultivation calendar-(Hordeum vulgare L) in the years of 2011-2030 of Lorestan province with using micro-scaling model-LARS-WG and general circulation HadCM3, Journal of Agricultural ecology, 9-(2), pp 475-489. [In Persian[

Barati, G.R (1378). System relations emigration high pressure and Iran's spring frosts, Journal of Geographical researches, 55, pp 132-150. [In Persian[

Esmaieli, R., Gandomkar, A., Ghayor, H (1390). The zoning of climate changing values from agricultural perspective in the future climatic period, Case study: Khorasan Razavi province, Journal of Geography and environmental planning, 22, pp35-52. [In Persian[

Eyvazian, M., Vaghefi, A (2008). Fundamentals of probability and engineering statistic, Termeh publishing, Tehran. [In Persian[

Jafari Moghadam, M., Hajizadeh, H., Soltani, A., Zeinali, E (1386). Prediction of the impact of global climate changing on the future climate of Khorasan, Second national conference of agriculture and Iran's ecology,Tehran. [In Persian[

Javadi, Z., Fallah ghalehri, G.A., Entezari, A (2014). The role of climate parameter on almond yield. Case study: Sabzevar, Journal of Climatology research, 5(17), pp 125-141.

Aligani, B., Roshani, A., Parak, F., Heidari, R (2012). The trend of variability of temperature by using climate change indices in Iran, Journal of Geography and environmental hazards, 1, 17, pp 2-23. [In Persian[

Karimi, S., Negaresh, H., Tavoosi, T., Alijani, B (2012). Synoptic analysis of Iran's pervasive cold waves, Journal of Geography and development, 76, pp 29-55. [In Persian[

Koochaki, A., Kamali, G.A (2010). Climate change and dry land wheat production in iran, journal of agricultural research, 8, pp 508-520. [In Persian[

Koochaki, A., Sharifi, H.R., Zand, E (1998). climate change ecological consequences, first published, Jihad publishing,Ferdowsi university, Mashhad. [In Persian[

Mohseni, A (2011) the condition of pregnant winds in Iran, Second national almond conference, Tehran, Iran. [In Persian[

Moradi, R., Koochaki, A., Mahalati Nasiri, M (2013). the impact of climate change on corn production and changing assessment of the date of cultivation as compatibility approach in Mashhad weather conditions, Journal of Agricultural knowledge and sustainable production, 23(4), pp 111-130. [In Persian[

Momeni, M (2003). climate change and its impact on Iran's instability ecological, third climate change regional conference, Tehran. [In Persian[

MirAbbasi Najaf Abadi, Z., Movahedi, S., Baratian, A (2015) climate impact on Almond phenology in Najaf Abad county at active temperature, Applied climatology, 2(1):1-16.

Hashemi Nasab Khasibi, F., Mosaves Baygi, M., Bakhtiari, B., Davari, K (2013) the forecast of precipitation changing in 20 future years at Kerman province with using micro scaling model LARS-WG and general circulation HADCM3, journal of irrigation and water, 3, 12, pp 43-57. [In Persian[

Yazdan panah, H.A., Soleimani tabar, M (2013). Analyzing the impact of climate change on apple phonological stages in north east of Iran, first climatology national conference, University of advanced technology and industrial graduate, Kerman. [In Persian]

References (in English)

Camille, P., Gary, Y (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems, Journal of Nature volume 421, pp 37– 42.

Carroll, E., Sparks, T., Donnelly, A., Cooney, T (2009). Irish phenological observations from the early20th century reveal a strong response to temperature, Journal of Biology and Environment, volume 109, pp 116-126.

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

Crepinsek, Z., Kajfez-Bogataj, L., Bergant, K (2006). Modeling of weather variability effect on phytophenology, Journal of Ecological Modelling, volume 194, pp 256-265.

David, W (2008). Effects of climate change on phenology, frost damage, and floral abundance of montane wildflowers, Journal of Ecology, volume 89, No 2, pp 353–362

Fengmei, Y., Yinglong, X., Erda, L., Masayuki, Y., Jiahua, Z (2007). Assessing the impacts of climate change on rice yields in the main rice areas of China, Journal of Climatic Change, Volume 80, pp 395-409.

Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., Ritchie, J.T (2003). The DSSAT cropping system model, Journal of Europe Agronomy, volume 18, pp 235-265.

Laura, V., Ingrida, S., Aruna, B (2010). The modeling of climate change influence on plant flowering shift in Lithuania. Zemdirbyste, Journal of Agriculture, volume 97, pp 41-48.

Orlandi, F., Ruga, L., Romano, B., Fprnaciari, M (2005). Olive flowering as an indicator of local climate changes. Journal of Theoretical and Applied Climatology, volume 81, pp 169-176.

Reidsma, P, Evert, F., Lansink, A.O (2007). Analysis of farm performance in Europe under different climatic and management conditions to improve understanding of adaptive capacity, Climate Change, volume 84, pp 403-422.

Sakalauskiene, S., Brazathe ityte, A., Sakalauskaite, J (2008). Complex influence of different humidity and temperature regime on PEA photosynthetic indices in VI-VII organogenesis stages, pp.106the.the Abstracts of International Scientific Conference, actualities in plant physiology, 12-13 June Lithuanian University of Agriculture, Babtai.

Smith, D.W., van, W., Michael, C., John, W (2010). An analysis of climate change impacts on irrigated crop water requirement in the SA MDB region. CRC for irrigation future, Technical 10. report No 15.10. and CSIRO land and water science, report No 05.

Tatsumi, K., Oizumi, T., Yamashiki, Y (2013). Introduction of daily minimum and maximum temperature change signals in the Shikoku region using the statistical downscaling method by GCMs, Journal of Hydrological Research Letters, Volume 7, No 3, pp 48-53.

Wiel, Golaski, FE (1999). Starting dates and basic temperatures in phenological observation ons of plants. International Journal of Biometeorology, Volume 42, pp 158-168.

Wilby, R.L., Tomlinson, O.J., Dawson, C.W (2007). Multi-site simulation of precipitation by condition resampling, Journal of Climate Research, Volume 23, pp 183-194.

Research Article

Forecast of Heavy Rainfall in West of Iran According to Weather Radar Estimates Using the Z-R method

Farshad Safarpour[1], Javad Khoshhal Dastjerdi*[2], Abolfazl Masoodian[3]

Received: 03-05-2018 Revised: 13-10-2018 Accepted: 15-12-2018

Abstract

The amount of precipitation measured by the radar is different from the amount of precipitation received on the ground. The difference has many causes, some of which are related to the nature of the radar and others to the climate of each region. As a result, radar data needs to be corrected and defined based on terrestrial data to determine the amount of ground-level rainfall received from the radar data. Weather radar used for estimation of rain in the large areas. The relationship between rain and reflectivity radar is exponential $Z = aR^b$. Radar estimated rainfall amount is incorrect if the coefficients of this model are wrong. Drop size and distribution of rainfall is effective on the coefficient of this model. The change in the coefficients of this model is very high. In this study, to calibrate radar data, rain from 2 to 3 December 2016 and 11 to 13 February 2018 at the stations, Kermanshah, Eslamabad, Sarpol, Ghasre Shirin, Harsin, Javanroud, Tazabad, Songhor, Ravansar, Ghilan Gharb and Soumar at distance of 30 to 100 kilometers from Kermanshah's radar are investigated. In the first rain, using soft Rainbow for each of the stations and radar beam elevation angle optimization and correction factors relating to the extraction station, respectively. With this relationship, the radar rainfall estimates from 31 percent to 96 percent Increased and the average total rainfall from 8.9 to 32.4 millimeter increased an average radar rainfall estimated only 1 millimeter less than actual rain by gauge. In the second rain, using data from all stations, only one equation and correction factors were obtained. The results rainfall radar will be accepted at this stage, good approximation, and the average estimate rainfall radar from 9.6 to 23.5 millimeter increased those 4 millimeters less than the actual amount by gauge. If radar coefficients are corrected correctly for different areas, precipitation can be predicted and prevented from occurring unexpected events.

Keywords: Weather Radar, rainfall estimation, calibration, West of Iran.

[1]- Ph.D student of Climatology, Isfahan University, Isfahan, Iran

[2]*- Associate Professor of Climatology, Isfahan University, Isfahan, Iran Email: j.khoshhal@geo.ui.ac.ir

[3]- Professor of Climatology, Isfahan University, Isfahan, Iran

References

References (in Persian)

Ghalhari Fallah, G., Kadkhoda, E., (2017), The Evaluation of the Spatial Structure of Mashhad Plain Precipitation in the Last Half-Century, Hydrogeomorphology, 3(11). 39-57. [In Persian]
Makvandi, H., (2010), Meteorological radar calibration using automatic rain gauge data to evaluate the precision of radar rainfall estimation, Master's Thesis, Supervisor: Dr. Mohammad Mousavi, Water Engineering, Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian]
Mohammadiha, A., Meamarian, M., Reyhani Parvari, M., (2013), Estimation of Tehran weather radar of precipitation quantity by Z-R method for three precipitation events of 2010 and 2011, Journal of Physics of Earth and Space, 3(2), 187-204. [In Persian]
Scolin, M. (2013), Introduction to radar system, Translation by Soheilifard, Mohammad Reza and Aghababaei Majid, Adabestan Publishing (Third edition). [In Persian]
Tufaninejad, Z., Kamali, G., Alizadeh, M., (2009), Application of X-ray meteorological radars in estimating rainfall in small basins, Water and Soil Journal, 23 (1), 67-57. [In Persian]

References (in English)

Amitai, E., Wolff, D.B., Marks, D.A., Silberstein, D.S., (2002), Radar rainfall estimation; lessons learned from the NASA / TRMM validation program, Proceedings of ERAD publication series, 1, 255-260.
Battan, L.J., (1973), Radar observation of the atmosphere. The University of Chicago Press, Chicago, pp. 324.
Christodoulous. C. MichaelidesS M. G., (2004), Prediction of rainfall rate based on weather radar measurements. International Joint Conference on Neural Networks, (IEEE Cat. No.04CH37541).
Gunn, R. and Kinzer, G.D., (1949), The terminal velocity of fall forwater droplets in stagnant air. J. Meteorol., 6, 243–248.
Hagen, M., Yuter, S., (2002), Relations between radar reflectivity, Liquid-water content, and rainfall rate during the MAP SOP, J.R Meteoral, Sol, 129, 477-493.
Lee, G., Seed, A.W., Zawadzki, I., (2007), Modeling the variability of drop size distributions in space and time. Journal of Climate and AppliedMeteorology, 46 (6), 742–756.
Lee, G., Zawadzki, I., (2005), Variability of drop size distributions: time-scale dependence of the variability and its effects on rain estimation. Journal of Applied Meteorology, 44(2), 241–255.
Lee.G.W., Zawadazki. I., (2004), Variability of drop size distribution: Noise and Noise filtering in disdrometric data; Journal of applied meteorology, 44, 634-652.
Marshall, J.S., Hitschfeld, W. and Gunn, K.L.S., (1955), Advancesin radar weather. Adv. Geophys., 2, 1–56.
Overeem, A. Buishand, T. A. and Holleman, I., (2009), Extreme rainfall analysis and estimation of depth-duration-frequency using weather radar, Water Resources Research, 45, 1-15.
Overeem, A., Holleman, I., Buishand, A., (2008), Derivation of a 10-Year Radar-Based Climatology of Rainfall, Journal of Applied Meteorology and Climatology. 48, 1448-1463.
Pedersen, l., Jensen, N.E., Madsen, H., (2010), Calibration of Local Area Weather Radar—Identifying significant factors affecting the calibration; Atmospheric Research, 97,129–143.
Smith, J.A., Krajewski, W.F., (2002), Radar hydrology: rainfall estimation. Advance in Water Resources, 25, 1387-1394.
Tokay, A., Hartmann. P, Battaglia. A., (2008), A Field Study of Reflectivity and Z–R Relations Using Vertically Pointing Radars and Disdrometers, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 26,1120-1134.
Uijlenhoet, R., (2001), Raindrop size and radar reflectivity-rain rate relationships for radar hydrology, Hydrology and Earth SystemSciences, 5 (4), 615–627.
Uijlenhoet, R., Stricker, J. N. M., (1999), Dependence of rainfall on drop size, J. ofHydrology, 217, 157-163.
Wang G., Liu L., Ding Y., (2012), Improvement of Radar Quantitative Precipitation Estimation Based on Real-Time Adjustments to Z-R Relationships and Inverse Distance Weighting Correction Schemes, Advances in Atmospheric, 29(3), 575-584.

Research Article

Investigating the Performance of BADI Index: An Improved Approach to Detect Dust Storms using MODIS Imagery in West of Middle East

Seyed Abdolhossein Arami[1], Majid Ownegh[2], Ali Mohammadian Behbahani*[3], Mehri Akbari[4], -Alireza Zarasvandi[5]

Received: 01-06-2018 Revised: 26-09-2018 Accepted: 05-12-2018

Abstract

Dust is one of the atmospheric events of arid and semi-arid regions of the world that has had a notable increase in a recent year and negative effects in different parts. MODIS imagery provides an acceptable data source for accurate and timely monitoring of dust storms. However, there are useful dust indices based on MODIS imagery. In this study, the following are used: an improved brightness temperature adjusted dust index by Compound the brightness temperatures of three thermal infrared MODIS bands including band 20, band 31 and band 32 to monitor six representative dust storms over the West of Middle East between 2000 and 2016. When the dust storm indices of MODIS including the brightness temperature difference index in bands 32 and 31 (BTD32-31) and the normalized difference dust index (NDDI) and BADI are compared together, the BADI index more accurately estimated the spatial density of dust storms in our study area. The regression analysis has been showing significant correlations between the BADI index and MODIS Deep Blue Aerosol Optical Depth values. For the Five dust storms, the determination coefficients (R2) of the regression between the BADI index and MODIS Deep Blue AOD values were 0.44, 0.48, 0.67, 0.53 and 0.45 ($P < 0.01$), respectively. Considering that BTD 32-31 and NDDI are two widely used indices to detect dust storm, we compared the results obtained using the BTD 32-31, NDDI and BADI for detection of a dust-storm event that occurred on 17 Jul 2016 in order to illustrate the advantages of the BADI. The BADI index with the standard density index of MODIS Deep Blue Aerosol Optical Depth had the statistically significant relationship at $P \leq 0.01$.

Keywords: Dust storms, Dust Storm, MODIS, BTD, AOD, West of Middle East.

[1]- Ph.D. Student, Watershed and Arid Zone Management Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

[2]- Professor, Watershed and Arid Zone Management Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran.

[3]*- Assistant Professor, Watershed and Arid Zone Management Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran. Email: mohammadian@gau.ac.ir

[4]- Assistant Professor, Geographical Science Department, Kharazmi University, Iran.

[5]- Professor, Geology Department, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran.

References

References (in Persian)

Arami, SeyedAbdolhossein. Ownegh, Majid. MohammadianBehbahani, Ali. Akbari, Mehri. Zarasvandi, Alireza. (2018). The analysis of dust hazard studies in southwest region of Iran in 22 years (1996-2017). Jsaeh; 5(1):39-66. URL: http://jsaeh.khu.ac.ir/article-1-2729-fa.html. [In Persian]

Darvishseffat, Aliasghar. Pirbavaghar, Mahtab. Rajabpurrahmati, Manijeh. (2005). Remote sensing for GIS managers. Tehran University.710pp .[In Persian]

Fallah Zazuli, Mohammad. Vafaeinezhad, Alireza. Kheirkhah Zarkesh, Mir Masoud. Ahmadi Dehka, Fariborz. (2014). Monitoring and Synoptic Analysis of Dust Haze Phenomenon using Remote Sensing and GIS (Case study: June 18, 2012 Dust haze). Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR), 23(91), 69-80. doi: 10.22131/sepehr.2014.12863. [In Persian]

Jafari, Reza, Mansoureh Malekian, (2015). Comparison and evaluation of dust detection algorithms using MODIS Aqua/Terra Level 1B data and MODIS/OMI dust products in the Middle East. International Journal of Remote Sensing, 36(2): 597-617. [In Persian]

Karimi, Neamat, Ali Moridnejad, Saeed Golian, Jamal Mohammad Vali Samani, Danesh Karimi, Sara Javadi, (2012). Comparison of dust source identification techniques over land in the Middle East region using MODIS data." Canadian Journal of Remote Sensing 38 (5): 586-599. [In Persian]

Shamshiri, Siros. Jafari, Reza. Soltani, Saeed. Ramezani, Nafiseh. (2014). Dust Detection and Mapping in Kermanshah Province Using MODIS Satellite Imagery. ijae. 2014; 3 (8):29-42. URL: http://ijae.iut.ac.ir/article-1-516-fa.html. [In Persian]

References (in English)

Ackerman, Steven A, (1989). Using the radiative temperature difference at 3.7 and 11 μm to tract dust outbreaks. Remote Sensing of Environment 27(2): 129-133.

Ackerman, Steven A, (1997). Remote sensing aerosols using satellite infrared observations. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 102 (D14): 17069-17079.

Banks, J.R., Brindley, H.E., Flamant, C., Garay, M.J., Hsu, N.C., Kalashnikova, O.V., Klüser, L., Sayer, A.M, (2013). Inter comparison of satellite dust retrieval products over the West African Sahara during the Fennec campaign in June 2011. Remote Sens. Environ. 136, 99–116.

Bozlaker, Ayse, Joseph M. Prospero, Matthew P. Fraser, Shankararaman Chellam, (2013). Quantifying the contribution of long-range Saharan dust transport on particulate matter concentrations in Houston, Texas, using detailed elemental analysis. Environmental science & technology 47 (18): 10179-10187.

Bruzzone, Lorenzo, Diego F. Prieto, (2000). Automatic analysis of the difference image for unsupervised change detection. IEEE Transactions on Geoscience and Remote sensing 38 (3): 1171-1182.

Carreiras JM, Pereira JM, Campagnolo ML, Shimabukuro YE, (2006). Assessing the extent of agriculture/pasture and secondary succession forest in the Brazilian Legal Amazon using SPOT VEGETATION data. Remote Sensing of Environment, 101(3):283-98.

Choobari, O. Alizadeh, P. Zawar-Reza, A. Sturman, (2014). The global distribution of mineral dust and its impacts on the climate system: A review. Atmospheric Research 138: 152-165.

China meteorological administration (CMA), (2012). Sand-Dust Weather Almanac. China Meteorological Administration Press, Beijing.

El-Askary, Hesham, Ritesh Gautam, Menas Kafatos. (2004). Remote sensing of dust storms over the Indo-Gangetic basin. Journal of the Indian Society of Remote Sensing 32 (2): 121-124.

Good EJ, Kong X, Embury O, Merchant CJ, Remedios JJ, (2012). An infrared desert dust index for the Along-Track Scanning Radiometers. Remote sensing of environment, 116:159-76.

Gunaseelan, Indira, B. Vijay Bhaskar, K. Muthuchelian, (2014). The effect of aerosol optical depth on rainfall with reference to meteorology over metro cities in India. Environmental Science and Pollution Research 21 (13): 8188-8197.

Han, Lijian, Atsushi Tsunekawa, Mitsuru Tsubo, Weiqi Zhou, (2013). An enhanced dust index for Asian dust detection with MODIS images. International journal of remote sensing 34 (19): 6484-6495.

Hao, Xianjun, and John Jianhe Qu, (2007). Saharan dust storm detection using moderate resolution imaging spectroradiometer thermal infrared bands. Journal of Applied Remote Sensing 1 (1): 013510.

Hillger, Donald, Thomas Kopp, Thomas Lee, Daniel Lindsey, Curtis Seaman, Steven Miller, Jeremy Solbrig, (2013). First-light imagery from Suomi NPP VIIRS." Bulletin of the American Meteorological Society 94 (7): 1019-1029.

Holben, B.N., Eck, T.F., Slutsker, I., Tanre, D., Buis, J.P., Setzer, A., Vermote, E., Reagan, J.A., Kaufman, Y.J., Nakajima, T., Lavenu, F., Jankowiak, I., Smirnov, A., (1998). AERONET-A federated instrument network and data archive for aerosol characterization. Remote Sens. Environ. 66, 1–16.

Huang, Jianping, Jinming Ge, and Fuzhong Weng, (2007). Detection of Asia dust storms using multisensor satellite measurements. Remote Sensing of Environment 110 (2): 186-191.

Jafari, Reza, Mansoureh Malekian, (2015). Comparison and evaluation of dust detection algorithms using MODIS Aqua/Terra Level 1B data and MODIS/OMI dust products in the Middle East. International Journal of Remote Sensing, 36(2): 597-617.

Jensen, J.R, (2007). Thermal Infrared Remote Sensing, Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective, 2nd ed. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River (pp. 288).

Kaiser, Jocelyn, (2005). Mounting evidence indicts fine-particle pollution. Science 307 (5717): 1858.

Karimi, Neamat, Ali Moridnejad, Saeed Golian, Jamal Mohammad Vali Samani, Danesh Karimi, Sara Javadi, (2012). Comparison of dust source identification techniques over land in the Middle East region using MODIS data." Canadian Journal of Remote Sensing 38 (5): 586-599.

Kurosaki, Yasunori, Masato Shinoda, Masao Mikami, (2011). What caused a recent increase in dust outbreaks over East Asia? Geophysical Research Letters 38 (11).

Lee, Y. C., Xun Yang, Mark Wenig, (2010). Transport of dust from East Asian and non-East Asian sources to Hong Kong during dust storm-related events 1996–2007. Atmospheric Environment 44 (30): 3728-3738.

Qu, J.J., Hao, X.J., Kafatos, M., Wang, L.L, (2006). Asian dust storm monitoring combining terra and aqua MODIS SRB measurements. Geosci. Remote Sens. Lett. 3, 484–486.

Sanchez, d.l.C. Ana, Garcia-Salamanca, A., Solano, J., de la Rosa, J., Ramos, J.-L., (2013). Chemical and microbiological characterization of atmospheric particulate matter during an intense African dust event in Southern Spain. Environ. Sci. Technol. 47, 3630–3638.

Schepanski, K., I. Tegen, A. Macke, (2012). Comparison of satellite-based observations of Saharan dust source areas. Remote Sensing of Environment 123: 90-97.

Waggoner, Drexel G., and Sokolik, Irina N. (2010). Seasonal dynamics and regional features of MODIS-derived land surface characteristics in dust source regions of East Asia, Journal of Remote Sensing of Environment, No. 114, pp. 2126-2136.

World Meteorological Organization (WMO), United Nations Environment Programme (UNEP), (2011). Establishing a WMO Sand and Dust Storm Warning Advisory and Assessment System Regional Node for West Asia: Current Capabilities and Needs, pp. 1121 (Accessed on April 13, 2016).

Xiao, Xiangming, Chandrashekhar M. Biradar, Christina Czarnecki, Tunrayo Alabi, Michael Keller, (2009). A simple algorithm for large-scale mapping of evergreen forests in tropical America, Africa, and Asia. Remote Sensing 1 (3): 355-374.

Youlin, Yang, Victor Squires, Lu Qi, (2002). Global alarm: dust and sandstorms from the world's drylands. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD).

Zhao, Yuanyuan, Chunyang He, Qiaofeng Zhang, (2012). Monitoring vegetation dynamics by coupling linear trend analysis with change vector analysis: a case study in the Xilingol steppe in northern China. International journal of remote sensing 33(1): 287-308.

Research Article

Investigating Land Subsidence due to Groundwater over-Exploitation in Kerdi-Shirazi plain, Hormozgan Province

Seyedeh Mohaddeseh Mousavi[1], Hadi Jafari*[2], Ali Akbar Momeni[3], Jahangir Sepehri[4]

Received: 02-09-2018 Revised: 28-11-2018 Accepted: 02-06-2019

Abstract

Over-exploitation of the groundwater resources causes many environmental hazards among which land subsidence is more important. The main aim of this study is to evaluate the effect of groundwater level drawdown on land subsidence and fissure occurrence in the Kerdi- Shirazi plain, Hormozgan Province. For this reason, the groundwater level changes and distribution of the surface and subsurface sediments in the plain were investigated. Water level data from piezometers during the last 16 years from 1999 to 2015 indicate cumulative drawdown of about 40.6 m with an average annual declining rate of about 2.2 m. The groundwater level drawdown caused considerable stress loading on the aquifer forming sediments, resulted in compaction and settlement of aquifer materials. Consequently, a large fissure with a length of about 567.6 meters appeared at the northwest part of the plain in 1394. The results of this study indicate that two main factors including groundwater level drop down and changes in the thickness of the fine-grained clay layer caused unequal subsidence, creation of the tensile stress, and consequently occurrences of the fissure. Based on these factors, map of hazards of fissure occurrence due to land subsidence was prepared for the plain with three categories including the high, moderate and low hazard areas.

Keywords: Environmental hazards, Groundwater level drawdown, land subsidence, Kerdi- Shirazi.

[1]- Former MSc. Student of Hydrogeology, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Iran.

[2]*- Assistant Professor of Hydrogeology, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Iran.

Email: h_jafari@shahroodut.ac.ir

[3]- Assistant Professor of Engineering Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Iran.

[4]- Water Resources Expert in Hormozgan Regional Water Authority, Iran.

References

References (in Persian)

Ranjbar M., Jafari N., (2009), Investigating the effective factors on land subsidence in Eshtehard Plain, Scientific and Research Journal of Iranian Geography Association, 6th year. [In Persian]
Hormozgan Regional Water Authority, (2015), Justification report on restriction extension of Kerdi-Shirazi Plain. [In Persian]
Lashkaripour Gh.R., Ghafoori M., Rostami Barani H.R., (2008), Investigating the reasons of formation of fissures and land subsidence in the west of Kashmar Plain, Jornal of Geological Studies, 1:1. [In Persian]
Mousavi Maddah S.M., Ghafoori M., Lashkaripour Gh.R., Afshar S., (2013), An investigation on land subsidence and its effect on the rupture of water well casings in Mashhad City area, Journal of Irrigation and Water Engineering 14(13): 56-66. [In Persian]

References (in English)

Amighpey M., Arabi S., (2016), Studying land subsidence in Yazd province, Iran, by the integration of InSAR and leveling measurements, Remote Sensing Applications: Society and Environment, 4: 1-8.
Amin P., Ghalibaf M.A., Hosseini M., (2019), Land subsidence and soil cracks monitoring by surveying on the clayey plain soils in Central Iran (case study: Yazd City). Arabian Journal of Geosciences, 12(3), 84.
Chen C.T., Hu J.CH., Lu Y., Lee J.C., Chan Y.C., (2007), Thirty-year land elevation change from subsidence to uplift following the termination of groundwater pumping and its geological implications in the Metropolitan Taipei Basin, Northern Taiwan, Engineering Geology 95: 30-47.
Chen C.H., Wang C.H., Hsu Y.J., Yu S.B., Kuo L.C., (2010), Correlation between groundwater level and altitude variations in land subsidence area of the Choshuichi Alluvial Fan, Taiwan, Engineering Geology 115: 122–131.
Choudhury P., Gahalaut K., Dumka R., Gahalaut, V.K., Singh A.K., Kumar S., (2018), GPS measurement of land subsidence in Gandhinagar, Gujarat (Western India), due to groundwater depletion. Environmental Earth Sciences, 77(22), 770.
Dehghani M., Nikoo M.R., (2019), Monitoring and Management of Land Subsidence Induced by Over-exploitation of Groundwater. In Natural Hazards GIS-Based Spatial Modeling Using Data Mining Techniques (pp. 271-296). Springer, Cham.
Figueroa-Miranda S., Vargas J.T., Ramos-Leal J.A., Hernández-Madrigal V.M., Villaseñor-Reyes C.I., (2018), Land subsidence by groundwater over-exploitation from aquifers in tectonic valleys of Central Mexico: A review. Engineering Geology, 246: 91-106
Gambolation G., Gatto P., Freeze A., (1974), Predictive simulation of the subsidence of Venice, Science, 183: 849-851.
Hongdong F., Kazhong D., Chengyu J., Chuanguang Z., Jiqun X., (2011), Land subsidence monitoring by D-InSAR technique, Mining Science and Technology (China) 21: 869-872.
Kakar N., Kakar D.M., Khan A.S., Khan S.D., (2019), Land Subsidence Caused by Groundwater Exploitation in Quetta Valley, Pakistan. International Journal of Economic and Environmental Geology, 10-19.
Khanlari G.R., Heidari M., Momeni A., Ahmadi M. Taleb-Beydokhti A.R., (2012), The effect of groundwater overexploitation on land subsidence and sinkhole occurrences, western Iran. Quarterly Journal of Engineering Geology and hydrogeology, 45: 447-456.
Knudsen T., Inkenbrandt P., Lund W., Lowe M., Bowman S., (2014), Investigation of land subsidence and earth fissures in Cedar Valley, Iron County, special study 150 Utah geological survey.
Larson K.J., Basagaoglu H., Marino M.A., (2001), Prediction of optimal safe groundwater yield and land subsidence in the Los Banos–Kettleman City area, California, using a calibrated numerical simulation model. Journal of Hydrology, 242: 79-102.
Mahmoudpour M., Khamehchiyan M., Nikudel M.R., Ghassemi M.R., (2016), Numerical simulation and prediction of regional land subsidence caused by groundwater exploitation in the southwest plain of Tehran, Iran. Engineering Geology, 201, 6-28.
Malik K., Kumar D., Perissin D., (2019), Assessment of subsidence in Delhi NCR due to groundwater depletion using TerraSAR-X and persistent scatterers interferometry. The Imaging Science Journal, 67(1), 1-7.
Motagh M., Shamshiri R., Haghighi M.H., Wetzel H.U., Akbari B., Nahandchi H., Arabi S., (2017), Quantifying groundwater exploitation induced subsidence in the Rafsanjan plain, southeastern Iran, using InSAR time-series and in situ measurements. Engineering Geology, 218: 134-151.
Nikos S., Loannis P., Constantinos L., Paraskevas T., Anastasia K., Charalambos K., (2016), Land subsidence rebound detected via multi-temporal InSAR and ground truth data in Kalochori and Sindos regions, Northern Greece. Engineering Geology 209: 175-186.
Othman A., Abotalib A.Z., (2019), Land subsidence triggered by groundwater withdrawal under hyper-arid conditions: case study from Central Saudi Arabia. Environmental Earth Sciences, 78(7), 243.
Phien-Wej N., Giao P.H., Nutalaya P., (2006), Land subsidence in Bangkok, Thailand. Engineering Geology, 82(4): 187-201.
Rajabi A.M., (2018), A numerical study on land subsidence due to extensive overexploitation of groundwater in Aliabad plain, Qom-Iran. Natural Hazards, 93(2), 1085-1103.
Wang Y.Q., Wang Z.F., Cheng W.C., (2018), A review on land subsidence caused by groundwater withdrawal in Xi'an, China. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 1-13.

Yong C.Z., Denys P.H., Pearson, C.F., (2018), Groundwater extraction-induced land subsidence: a geodetic strain rate study in Kelantan, Malaysia. Journal of Spatial Science, 1-12.

Research Article

Identification of Flooding Susceptible areas by Soil Infiltration Spatial Correlation Patterns

Mohammad Sadegh Oliaei*[1], Ali Barikloo[2], Moslem Servati[3]

Received: 20-10-2018 Revised: 30-12-2018 Accepted: 26-02-2019

Abstract

Soil mechanics at large scale is a process that effects on infiltration rates, which can lead to an increased stormwater runoff. Sustainable land management for runoff controls requires reliable information on the spatial distribution of soil infiltration rate. The traditional method of soil analysis and interpretation are laborious, time-consuming, hence expensive. Therefore spatial analysis of infiltration rate is necessary for the determination of susceptible areas for surface runoff. The purpose of this study was to propose alternative approaches in searching for infiltration rate and surface runoff hotspots. The study was conducted on an agricultural field at Khodafarin, East Azarbaijan province, Iran. It is with 675500 to 692500 longitudinal coordinates and 4332500 to 4349000 latitude coordinates. To arrive at the goal of this research, 88 sample points were selected with using a geographic information system and considering the soil distribution pattern and land utilization. Infiltration rate data was collected from double rings method with 3 replicated at each point. Soil samples were obtained from each point and then sent to soil mechanics laboratory to determine physical and chemical properties. Kriging method was used for the interpolation of the study area. Finally, soil properties distribution layer expended in Arc GIS software that analyzing hot spot surface runoff hazard. The significant correlation of infiltration rate with soil parameter including porosity, sand, silt, and organic content. Overall, at wide distances of case study lands organic material and porosity were assessed effectively to water permeability into the soil and other measured parameters due to statistics were without specified spatial distribution. The results showed that simulation generates equally likely sets of values for a variable, which are consistent with available in-situ measurements. The information on spatial sampling density and hotspot pattern could be useful for long-term monitoring and assessment.

Keywords: Hot spot analysis, accurate agriculture, lands management, spatial statistics.

[1]*- Adjutancy of Research and Technology, Ministry of Science, Research and Technology, Iran. Email: m-oliaei@msrt.ir

[2]- Soil Science Department, University of Zanjan, Iran.

[3]- Shahid Bakeri High Education Center of Miandoab, Urmia University, Iran.

References

References (in Persian)

Alijani B.; (1394), Spatial Analysis, Environmental Impact Analysis Spatial Analysis, 1(3), pp. 1-14. [In Persian]
Askari, A.; (1390), ArcGIS Spacecraft Statistics Analysis, Tehran Municipality Information and Communication Technology Organization. [In Persian]
Davarinejad, G.H., Haghnia, G.H., Lakzian, A., (2004), Effect of Livestock manure and enriched compost on wheat yield. Agricultural Sciences and Technology, 18(1), pp. 25-34. [In Persian]
Hassanipak, A.A., (2010), Geostatistics, University of Tehran Press (UTP), 330p. [In Persian]
Jafari, M., Sarmadian, F., (2003), Fundamental of Soil science and Taxonomy, University of Tehran Press (UTP), 812p. [In Persian]
Jafari, M; Sarmedian F., (1382), Foundations of Soil and Classification. Tehran University Press. 712 p. [In Persian]
Karami, A., Homaee, M., Bybourdi, M., Mahmoodian Shushtari, M., Davatgar, N., (2012), Spatial Distribution of Infiltration Parameters at Regional Scale. Water and Soil Science- University of Tabriz, 22(1), pp. 17- 32. [In Persian]
Khosravi M; Abbasinia M; Ghobadi A, Armesh M., (1396), Investigation of the Relation Between Spring Convective Rainfall and Northwest Topography of Iran. Journal of Geography and Urban-Regional Development, 23(2), pp. 38-21. [In Persian]
Mohammadi, M.H., Refahi, H, G., (2006), Estimation of Infiltration Equations Parameters by Soil Physical Properties. Journal of Agriculture Science, 36(6), pp. 42- 59. [In Persian]
Zare Chahouki, M. A., Jafari, M., Azarnivand. H., Moghaddam, M.R., Farahpour. M., Shafizadeh NasrAbadi, (2007), Application of logistic regression to study the relationship between presence of plant species and environmental factors. Pajouhesh & Sazandegi, 76(3), pp. 136- 143. [In Persian]

References (in English)

Biswas, T.D., M.R. Roy., B.N. Sahu., (1970), Effect of different sources of organic manures on the physicalproperties of the soil growing rice. J. Ind. Soc. Soil Sci. 18, pp. 233-242.
Bouma, J., (1983), Use of soil survey data to select measurement techniques for hydraulic conductivity.Agricultural Water Management 6, pp.177–190.
Burgos, P., E. Madejón, A. Pérez-de-Mora., F. Cabrera., (2006), Spatial variability of thechemical characteristics of a trace-element-contaminated soil before and after remediation.Geoderma, 130, pp. 157-175.
Corwin, D.L., S.M. Lesch., J.D. Oster., S.R. Kaffka., (2006), Monitoring managementinduced spatiotemporal changes in soil quality through soil sampling directed by apparentelectrical conduction. Geoderma, 131, pp. 369–387.
Darsow, A., M.T. Schafmeister., T. Hofmann., (2009), An ArcGIS approach to includetectonic structures in point data regionalization. Ground Water, DOI: 10.1111/ j.1745-6584.2009.00546.x.

Folk, R. L., (1966), A Review of Grain Size Parameters, Sedimentology, Vol.6, pp.73-93.

Gee G. W., Or D., (2002), Particle-size analysis. In: Warren, A.D. Eds. Methods of Soil Analysis. Part 4. Physical Methods. Soil Sci. Soc. Am. Inc, pp.255-295.
Getis, A., Ord, j, (1992), The analysis of spatial association by use of distance statistics. Geographical analysis, 24 (3), pp. 189-206.
Giller, K.E., E.C, Rowe., DeRidder, N., VanKeulen, H., (2006), Resource use dynamicsand interactions in the tropics: scaling up in space and time, Agr. Syst., 88, pp. 8–27.
Gupta RK., Rudra RP., Dickinson WT., Elrick DE., (1994), Modelling the spatial pattern of three infiltration parameter. Can Agric Eng 36, pp. 9-13.
Hou, X., Lin, H.S., and White E.A., (2008), Surface soil hydraulic properties in four soil series under different landuse and their temporal changes. Catena, 73: 180-188.
Kazman Z., Shainberg I., Gal M., (1983), Effect of low levels of exchangeable Na and appliedphosphogypsum on infiltration rate of various soils. Soil Science Society of America, 135, pp. 184-192.
MacRae, R.J., G.R. Mehuys., (1985), The effect of green manuring on the physical properties of temperate areasoils. Adv. Soil Sci, 3, pp. 71-94.
Mallants, D., Mohanty, BP., Vervoort, A., Feyan J., (1997), Spatial analysis of saturated hydraulic conductivity in soil with macropores. Soil Tech, 10, pp. 115-131.
Mohamad, A.G, & M.A. Adam., (2010), The impact of vegetative cover type on runoff and soil erosion under different land use. Catena, 81:97-103.
Nelson, D. W., Sommer, L. E., (1982), Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., Tabatabai, M. A., Johnston, C. T., Sumner, M. E. Eds. Methods of soil analysis: part 3. Chemical and microbiological properties, Soc. Agron., Madison, pp. 539–579.
Nelson, R.E., (1982), Carbonate and gypsum. Pp. 181-197. In: Page AL, Miller RH and Keeney DR (eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Methods. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.
Nussbaum M., Walthert, L., Fraefel, M., Greiner, L., Papritz, A., (2017), Mapping of soil properties at high resolution in
Pérez-Rodríguez, R., Marques, M.J., Bienes, R., (2007), Spatial variability of the soilerodibility parameters and their relation with the soil map at subgroup level. Sci.Total Environ., 378, pp. 166-173.

Prieksat, M.A., Kaspar, T.C., Ankeny, M.D., (1994),Positional and temporal change in pondinfiltration in a cornfield. Soil Science Society America Journal, 58, pp. 181-184.
Rossi, J., Govaerts, B., DeVos, B., Verbist, A., Vervoort, J., Poesen, B., Deckers, J., (2009), Spatial structures of soil organic carbon in tropical forests- A case study ofSoutheastern Tanzania. Catena, 77, pp. 19– 27.
Sarapatka, B., Bednář, M., Netopil, P., (2018), Multilevel soil degradation analysis focusing on soil erosion as a basis for agrarian landscape optimization. Soil and Water Research, Vol. 13. No. 3.
Switzerland using boosted geo additive models. Soil, Vol. 3. No.2.
Tejada, M., Gonzalez, J., (2003), Effects of the application of a compost originating from crushed cotton ginresidues on wheat yield under dryland conditions. Europ. J. Agron. 19, pp. 357-368.
Vaezi, A.R., (2014), Modeling runoff from semi-arid agricultural lands in northwest Iran. Pedosphere, 24(5): 595–604.
Valiantzas, JD., (2010), New linearized two parameter infiltration equation for direct determination ofconductivity and sorptivity. Journal of Hydrology 384(1–2), pp. 1–13.
Van, G., Toit, L., Snyman, H.A., and Malan, P.J., (2009). Physical impact of grazing by sheep on soil parameters in the Nama Karoo subshrub grass rangeland of South Africa. Journal of Arid Environments, 73:804–810
Vauclin, M., Vieira, SR., Vachaud, G., Nielsen, DR., (1983), The use of cokriging with limited field observations, Soil Sci Soc Am J 47, pp. 175–184.
Vieira S.R., Nielsen. D.R., Biggar, J.W., (1981), spatial variability of field-measured infiltration rate, Soil Sci Soc Am J 45, pp. 1040–1048.
Wang, G., G, Gertner., Parysow, P., Anderson, A.B., (2000), Spatial Prediction and uncertainty analysis of topographic factors for the revised universal soil loss equation (RUSLE), Journal of Soiland Water Conservation, 55(3), pp. 114-123.
Wang, X.Z., G.S. Liu., H.C, Hu., Z.H, Wang., Q.H, Liu., X.F, Liu., W.H, Hao., Y.T, Li., (2009), Determination of management zones for a tobacco field based on soil fertility. Computers and Electronics in Agriculture, 65(2), pp. 168–175.
Wei, J.B., D.N, Xiao., H, Zeng., Y.K, Fu., (2008), Spatial variability of soil properties inrelation to land use and topography in a typical small watershed of the black soil region,northeastern China, Environ. Geol., 53, pp. 1663-1672
Zhang, C. S., McGrath, D., (2004), Geostatistical and GIS analyses on soil organic carbon concentrations ingrassland of southeastern Ireland from two different periods, Geoderma, 119(3-4), pp. 261-275.
Zhou, X. Lin H.S., White, E.A., (2008), Surfacesoil hydraulic properties in four soil series underdifferent land use and their temporal change,Catena, 73, pp. 180-188.

Research Article

Analysis and Calculation of the Required Tools for Water Quality Protection in order to Minimize Environmental Hazards

Mohsen Dehghani Darmian[1], Gholamreza Azizyan*[2], Seyed Arman Hashemi Monfared[3]

Received: 21-10-2018 Revised: 04-11-2018 Accepted: 05-12-2018

Abstract

The occurrence of factors such as decreasing atmospheric precipitation, population growth,and industrial progress has increased the importance of necessity of paying attention to the proper quality management of water resources.Pollution sources are categorized in different aspects. In this research, controllable and uncontrollable pollutant management is considered. To manage and control the damages caused by each of these types of pollutants, a certain qualitative tool is employed. Assimilation capacity is suggested when the pollution source is controllable and dilution flow is the proposed tool of this investigation to uncontrollable pollution management. To analyze and calculate the above mentioned qualitative tools, the simulation process is used by the analytical solution of the advection-diffusion equation.The case study considered in this research is an area with specific characteristics, which has been investigated by many previous types of research.Efficient indices in the determination of qualitative tools including the mean area of unallowable concentration ($\overline{c_a}$), affected distance (X) and duration of unallowable pollution concentration contact with the river (T) was calculated in each simulation process loop. The results demonstrated that 94.1% variation of river-reservoir flow discharge can change the assimilation capacity up to 99.3%. Moreover, by applying a suitable dilution flow, 10 and 20 tons of sudden contaminants arrived at the permitted concentrations of 0.5 and 1 mg / l over the river.In this process, the values of the crucial quality parameters of the river ($\overline{c_a}$ ،X ، T) change up to 96.6%, 92.2% and 53.7%, respectively.

Keywords: Water quality management, Abrupt pollution control, Assimilation capacity, Dilution flow, a Quality simulation model.

[1]- Ph. D. Candidate, Dept. of Civil Engineering, Faculty of Shahid Nikbakht Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Iran.

[2]*- Assistant Professor, Dept. of Civil Engineering, Faculty of Shahid Nikbakht Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Iran
Email: g.azizyan@eng.usb.ac.ir

[3]- Associate Professor, Dept. of Civil Engineering, Faculty of Shahid Nikbakht Engineering, University of Sistan and Baluchestan, Iran

References

References (in Persian)

Hashemi Monfared SA, Dehghani Darmian M, Pirzadeh B, Azhdary Moghaddam M (2016) Water quality prediction in one-dimensional flow by means of new advective transport function and convergence criteria modification. J of Water and Soil Conservation 23(2):147-162. [In Persian[

Moghimi Nezad S, Ebrahimi K, Kerachian R (2018) Investigation of seasonal self-purification variations of Karun river, Iran. Amirkabir Journal of Civil Engineering 49(4):621-634. [In Persian]

References (in English)

Abbasi SA (1976) Extraction and spectrophotometric determination of vanadium (V) with N-[p-N, Ndimethylanilino-3-methoxy 2-naphtho] hydroxamic acid. Anal Chem 48(4):714-717.

Abbasi SA, Soni R (1983) Stress-induced enhancement of reproduction in earthworm Octochaetus pattoni exposed to chromium (VI) and mercury (II) - implications in environmental management. Int J Environ Stud 22(1):43-47.

Abbasi SA, Soni R (1984) Teratogenic effects of chromium (VI) in environment as evidenced by the impact on larvae of amphibian Rana tigrina: Implications in the environmental management of chromium. Int J Environ Stud 23(2):131-137.

Abbasi T, Abbasi SA (2012) Water-Quality Indices Elsevier.

Ali, U., Mahmood, A., Syed, J.H., Li, J., Zhang, G., Katsoyiannis, A., Jones, K.C., Malik, R.N., (2015a) Assessing the combined influence of TOC and black carbon in soil–air partitioning of PBDEs. Environmental Pollution. 201, 131-140.

Ali, U., Riaz, R., Sweetman, A.J., Jones, K.C., Li, J., Zhang, G. and Malik, R.N., (2018b) Role of black carbon in soil distribution of organochlorines in Lesser Himalayan Region of Pakistan. Environmental Pollution, 236, pp.971-982.

Ali, U., Sweetman, A.J., Jones, K.C., Malik, R.N., (2018a) Higher atmospheric levels and contribution of black carbon in soil-air partitioning of organochlorines in Lesser Himalaya. Chemosphere. 191, 787-798.

Ali, U., Sweetman, A.J., Riaz, R., Li, J., Zhang, G., Jones, K.C. and Malik, R.N., (2018c) Sedimentary black carbon and organochlorines in Lesser Himalayan Region of Pakistan: Relationship along the altitude. Science of The Total Environment, 621, pp.1568-1580.

Ali, U., Syed, J.H., Mahmood, A., Li, J., Zhang, G., Jones, K.C., Malik, R.N., (2015b) Influential role of black carbon in the soil–air partitioning of polychlorinated biphenyls (PCBs) in the Indus River Basin, Pakistan. Chemosphere. 134, 172–180.

Cairns Jr (1977) Aquatic ecosystem assimilative capacity. Fisheries 2:5-13.

Colman JA, Massey AJ, Levin SB (2011) Determination of Dilution Factors for Discharge of Aluminum Containing Wastes. Public Water-Supply Treatment Facilities into Lakes and Reservoirs in Massachusetts. Prepared in cooperation with the Massachusetts Department of Environmental Protection Scientific.

De Andrade LN, Mauri GR, Mendonça ASF (2013) General multi-objective model and simulated annealing algorithm for waste-load allocation. J Water Resour Plann Manage 139(3).

Dehghani Darmian, M., Hashemi Monfared, S.A., Azizyan, G., Snyder, S.A. Giesy, J.P., 2018. Assessment of tools for protection of quality of water: Uncontrollable discharges of pollutants. Ecotox Environ Safe 161, 190-197.

De Smedt F, Brevis W, Debels P (2005) Analytical solution for solute transport resulting from instantaneous injection in streams with transient storage. J Hydrology. 315:25-39.

Farhadian M, Bozorg Haddad O, Seifollahi Aghmiuni S, Loáiciga AH (2014) Assimilative capacity and flow dilution for water quality protection in rivers. J Hazard Toxic Radioact Waste 19(2).

Fischer HB (1975) Discussion of simple method for predicting dispersion in streams. By McQuiver, R. S. and Keefer, T. N. J Environ Eng 101:453–455.

Glasoe S, Steiner F, Budd W, Young G (1990) Assimilative capacity and water resource management: four examples from the United States. landscape and urban planning 19:17-46.

Hashemi Monfared SA, Dehghani Darmian M (2016) Evaluation of Appropriate Advective Transport Function for One-Dimensional Pollutant Simulation in Rivers. Int J Environ Res 10 (1):77-84.

Hashemi Monfared, S.A., Dehghani Darmian, M., Snyder, S.A., Azizyan, G., Pirzadeh, B., Azhdary Moghaddam, M., 2017. Water Quality Planning in Rivers: Assimilative Capacity and Dilution Flow. Bull Environ Contam Toxicol, 99 (5), 531-541.

Hashemi Monfared SA, Mirbagheri SA, Sadrnejad SA (2014) A three-dimensional, integrated seasonal separate advectiondiffusion model (ISSADM) to predict water quality patterns in the chahnimeh reservoir. Environ Model Softw 19(1):71-83.

Karamouz M, Kerachian R, Mahmoodian M (2003) Seasonal waste-load allocation model for river water quality management: Application of sequential dynamic genetic algorithms. World Water and Environmental Resources Congress, ASCE, Reston, VA.

Khorsandi, M., Bozorg Haddad, O., Marino, M., (2014) Application of Data-Driven and Optimization methods in Identification of Location and Quantity of Pollutants. J. Hazard. Toxic Radioact. Waste. 04014031(9).

Keeling AM (2007) M, Charting marine pollution science: oceanography on Canada's Pacific coast, 1938-1970 33:403-428.

Landis WG (2008) Defining Assimilative Capacity Application of Assimilative Capacity to the TMDL Process. USEPA (1999) Protocol for Developing Nutrient TMDLs, Elsevier B.V. All rights reserved. 264-268.

Mahmoudi, N., Orouji, H., Fallah-Mehdipour, E., (2016) Integration of Shuffled Frog Leaping Algorithm and Support Vector Regression for Prediction of Water Quality Parameters. Water Resour Manage. 30(7), 2195-2211.

GESAMP. (1986) Environmental capacity. An approach to marine pollution preventation. No. 30.

Seo IW, Cheong TS (1998) Predicting longitudinal dispersion coefficient in natural streams. J Hydraul Eng 124(1).

Shokri A, Bozorg Haddad O, Marino M (2014) Multi-Objective Quantity–Quality Reservoir Operation in Sudden Pollution. Water Resour Manage 28:567-586.
Spanou M, Chen D (2000) An object-oriented tool for the control of point-source pollution in river systems. Environ Model Softw 15:35-54.
The United Nations Conference on the Human Environment, having met at Stockholm from 5 to 16 June 1972.
van Genuchten MTh, Alves WJ (1982) Analytical solutions of the one-dimensional convective-dispersive solute transport equation. U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin, 1661:1-151.
Wu, X., Wang, S., Chen, H., Jiang, Z., Chen, H., Gao, M., Bi, R., Klerks, P.L., Wang, H., Luo, Y. and Xie, L., (2017) Assessment of metal contamination in the Hun River, China, and evaluation of the fish Zacco platypus and the snail Radix swinhoei as potential biomonitors. Environmental Science and Pollution Research, 24(7), pp.6512-6522.
Zhang, K., Su, F., Liu, X., Song, Z., Feng, X., (2017) Heavy metal concentrations in water and soil along the Hun River, Liaoning, China. Bull Environ Contam Toxicol, 99:391–398.

Research Article

Evaluating the Impact of Land Use Changes on Flooding and Flood Runoff in Amuqin Drainage Basin

Yaser Hoseini*[1], Javad Ramezani Moghaddam[2], Zahra Abdolalizadeh[3]

Received: 09-11-2018 Revised: 07-01-2019 Accepted: 09-04-2019

Abstract

The progress in flood estimation techniques has enabled us to use rainfall-runoff models to evaluate the hydrographic properties of the flood in watersheds, thus lowering the risks of flooding. Accordingly, this study aimed to determine the peak flood discharge for Amuqin area to reveal the impact of land use changes on peak flood discharge using a WMS model. Amuqin area stretches across approximately 78 km2 of land. The Curve Number (CN) of the basin was found by integrating land use maps with soil hydrologic group (B, C, D) obtained from analyzing Landsat 8 images in IDRISI32 and overlaying the maps in ArcGIS and were estimated at 76.4 and 78.7 for 2000 and 2015, respectively. The model calibration (RE= 7.17 ،RMSE = 0.44) and validation results (RE%= 2.51, RMSE= 0.0042) with rainfall-runoff phenomena in the area, suggested consistency with observations. Given the high sensitivity of this method to rainfall distribution, an analysis of rainfall across the region is required to obtain reliable results. Further, the curve number of the basin showed a 3% increase between 2000 and 2015 due to the reduced quality of the rangelands and the change to agricultural land use in areas of the basin most prone to flooding and erosion, which increases the peak flood discharge by 22, 26 and 25.5% for return periods of 25,50 and 100 years, respectively. The management of land use seems necessary in order to prevent future increases in the catchment CN.

Keywords: Land Use, Watershed, WMS, SCS, GIS, Flooding, Ardabil.

[1]*- Associate Professor of Moghan College of Agriculture & Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
Email: y_hoseini@uma.ac.ir

[2]- Assistant Professor of Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

[3]- Ph.D. Student in Range Management, Faculty of Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

References

References (in Persian)

Esmali, A., Mirzaei, Y., & Madadi, A., (2018). Assessment the Soil Erosion and Sediment Yield with Using of Rainfall-Runoff WMS model (Case Study: Sadal Watershed-West Azerbaijan Province). Journal of Natural Environmental Hazards, 7(17), 1-18. [In Persian]

Gonbadi, M., (2005). Investigating the Potential of Flood Production in Kasaliyan Basin in North Alborz with WMS Software. Master's Thesis, Mazandaran University, 97 pages. [In Persian]

Khosroshahi, M., & Saghafian, B., (2003). Investigating the role of watershed sub-basin participation in the flood intensity of the basin. Journal of Research and Development. 59: 67-75. [In Persian]

Mirzaei, S., Raoof. M., Rasoulzadeh, A., & Poreskandar. S., (2016). Simulation Flood Hydrograph of Atashgah Basin River of Ardabil Province using optimized Rainfall Pattern', Journal of Water and Soil Conservation, 22(5), pp. 63-80. [In Persian]

Mohammadi, M., Sheikh, V.B., & Sadoddin, A., (2015). Modeling the effects of land use changes on flood hydrograph (A case study: Ja'farabad watershed, Golestan province), Journal of Water and Soil Conservation, 22(5), 171-185. [In Persian]

Rasulzadeh, A., Azartaj, E., & Farzi, P., (2016). Derivation and investigation of regional flood analysis models as a function of return period (Case study: Ardabil province). Journal of Water and Soil Conservation, 22(4), 261-268. [In Persian]

Rauf, M., & Habibi, R., (2015). Estimating Maximum Flood Flood Flood in the Hirchai Basin Using WMS, First National Conference on Architecture and Urban Planning (Thought, Theories and Methods). Malayer, Islamic Azad University of Malayer. [In Persian]

Shabanie bazneshin, A., Emadi, A.R., & Fazaveli, R. (2016). Investigating the Potential of Flooding of Watershed Basins and Determining Flood Generation Areas (Case Study: Neka watershed). Management Basin Research. 7(1):20-28. [In Persian]

Yari, R., Kohne, A., Gandaghi, N., & Khojasteh, F., (2010). Investigating the effect of land use change on surface runoff and peak flood discharge in different return periods (case study: Alngdareh Basin of Gorgan). 6 th National Conference on Watershed Management Sciences and Engineering, Noor, Tarbiat Modares University. [In Persian]

Yousefi Mobarhan, E ., Farahmand, K., Fahim, N., & Fahim, E., (2016). Efficiency of Flow-Duration Curves Method for Verification of a Hydrological Model (Case Study: Zola-Chay Watershed), Water and soil Science, 26 (2-1), 101-113. [In Persian]

References (in English)

Brouwer, R., &Van, E.K., (2004). Reintegrated ecological, economic and social impact assessment of alternative flood control policies in the Netherlands. Ecological Economics, 50:1-21.

Chen, L., Huang, Z., Gong, J., Fu, B., &Huang, Y., (2007). The effect of land cover/vegetation on Soil water dynamic in the hilly area of the loess plateau, China. Catena 70, 200–208.

Du, J., Qian, L., Rui, H., Zuo, T. Zheng, D., Xu, Y. & Xu, C. Y. (2012). Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrological modeling system for Qinhuai River basin, China. Journal of Hydrology, 464–465(0), 127-139.

Hoseini, Y., Azari, A., & Pilpayeh, A., (2017). Flood modeling using WMS model for determining peak flood discharge in southwest Iran case study: Simili basin in Khuzestan Province. Applied Water Science, 7, 3355.

Lalozaee, A., Bahreini, F., Dahmardeh, Mr., Akbar pour, A., & Moghaddamnia, A.R., (2013). Efficiency Comparison HEC-1 and TR-20 Methods in Flood Hydrograph Simulation. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences, 3 (15), 1719-1729.

Moghadasi, N., Karimirad, I., & Sheikh, Vahedberdi. (2017). Assessing the Impact of Land Use Changes and Rangeland and Forest Degradation on Flooding Using Watershed Modeling System. Journal of Rangeland Science, 2017, Vol. 7, No. 2. 93-106.

Moreno-de las Heras, M., Espigares, T., Merino-Martin, L., & Nicolau, J.M., (2011). Water-related ecological impacts of rill erosion processes in Mediterranean-dry reclaimed slopes. Catena 84 (3), 114–124.

Pelletreau, A., (2004). Pricing soil degradation in uplands, the case of the Houay Pano catchment, Lao PDR. Internship Report. IRD-IWMI-NAFRI, Vientiane, Laos, 64.p append

Potter, K.W., (1991). Hydrological impacts of changing land management practices in a moderate-sized agricultural catchment, Water Resources Research, 27, 845-855.

Sanyal, J., Denmore, A, L., & carboneau, p. (2014). Analyzing the effect of land-use/cover changes at sub-catchment levels on downstream flood peaks: A semi-distributed modeling approach with sparse data. CATENA, 118, 28-40.

Sundrakumar, K., Harika, M., Aspiya Begum, SK., Yamini, S., & Balakrishna, K., (2012). Land use and land cover change detection and urban sprawl analysis of Vijayawada city using multi-temporal Landsat data. Journal of Engineering Science and Technology, 4(1), 166-174.

Wang, G.X., Liu, J.Q., Kubota, J.P., & Chen, L., (2007). Effects of land use changes on hydrological processes in the middle basin of the Heihe River, Northwest China, Hydrological Processes, 21(1010), 1370-1382.

Research Article

Investigating Spatial Distribution of Pollutants in the Town of Baghershahr, Tehran, Iran

Habibollah Fasihi*[1]

Received: 03-12-2018 Revised: 31-01-2019 Accepted: 08-05-2019

Abstract

Since the mid-20th century, alluvial plains in the south of Rey township, due to the vicinity to Tehran and roads, has favored the establishment of giant plants such as Tehran oil refinery and its auxiliary that air and land pollutions are inevitably part of such industries. This study is provided to investigate the sources and spatial spreading of a contaminant in the air, soils, and plants of Baghershar town. The studied town locates in 4 km from south of Tehran and has an area of 551.5 hectares. The data obtained from the measurements had been done by Baghershahr municipality in 2016. Resource data were arranged within a GIS framework and interpolation methods were used to produce zoning maps. Findings show that in half of the time, the concentration of particles in the air, exceeds the standard limit, and for soils, the average amount of 15362 mg/kg of TPHs indicate high contamination. Combined zoning maps showed that southeast of the city was more polluted. This zoning map is highly consistent with the zoning of pollutants in the soil and is more or less consistent with the zoning in plants, but does not conform to zoning map of air pollutants. Plants and industrial complexes, loading, and transferring fuels, and transportation were a source of atmospheric pollution. Penetration of contaminants into soils and plants is often from non-atmospheric origins, but passing the wastewater channel alongside the town, and green spaces irrigation with polluted water extracted from wells, have been affecting contaminants spreading.

Keywords: Pollution, Environment, Industry, Oil Refinery, Baghershahr.

[1]*- Assistant Professor, Department of Geographical Sciences, Kharazmi University, Tehran, Iran Email: Fasihil@Khu.ac.ir

References

References (in Persian)

Al-Zahra Academic Jihad (1392). Investigating and measuring the amount of petroleum hydrocarbons and heavy metals (nickel and vanadium) in agricultural products and soils of southern Tehran (southern oil refinery). [In Persian]
Chavooshi, B., Masoodinejad, M.R., Adibnejad, A. (2015). Estimation of So2 emission factor (diffusion factor) from the chimneys of Tehran Oil Refinery. Journal of Health and Environment, 4 (2), pp. 244-233. [In Persian]
Department of Housing and Urban Development of Tehran Province (2011). A detailed plan of Baghershahr and exhibition complex of Stone City. [In Persian]
Department of Housing and Urban Development of Tehran Province. (2009). A comprehensive plan of Baghershahr. [In Persian]
Environmental Sciences Research Institute of Shahid Beheshti University (2015). Impact of Tehran Oil Refinery (Shahid Tondgooyan) on the quality of air. [In Persian]
Falsafi, F. (2008). Pollution of groundwater caused by oil hydrocarbons and industrial pollutants and municipal wastewater in Rey Industrial Zone. M.s thesis of Shahid Beheshti University. [In Persian]
Feizi, M., Sartaj, M., Fathianpoor, A. (2015). Investigating the spread of oil spills caused by refineries and petrochemical plants in the groundwater of Shazand plain of Arak. First Iranian Petrochemical Conference. [In Persian]
Gitipoor, S., Nabi-e Bidhendi, Gh., Gorji, M. (2004). Contamination of the southern soils of the Tehran refinery due to leakage of oil compounds. Journal of Environmental Studies, No. 34, pp. 45-39. [In Persian]
Hamdi, K., Amirentekhabi, Sh. (2008). Tehran Metropolitan and urban management challenges. Geographical Quarterly, 7(26), pp. 13-18. [In Persian]
Hanifehpoor, M., Jabbari, B. (2014). Investigating the causes of environmental pollution (Case Study: Baghershahr City). Municipality of Baghershahr. [In Persian]
Hasani, A.H., Ghannadi, F., Rrahimi, A. (2010). Investigation of dissolved oil in the aquifer of Tehran refinery. Environmental Science, No. 1, pp. 22-11. [In Persian]
Iranian Statistical Center (2016). Final results from the Iranian public census of population and housing. [In Persian]
Mardani, G., Sadeghi, M., Ahankoob, M. (2010). Investigating contamination of southern Tehran soils, exposure in the heavy runoff. Water and Wastewater, 3, pp. 108- 103. [In Persian]
Municipality of Baghershahr (2016). Dada of assessing pollutants in soils and plants. [In Persian]
Municipality of Baghershahr (2017). Dada of assessing pollutants through the municipality station. [In Persian]
Municipality of Baghershahr (2017). Information about the city. [In Persian]
Naseri, H.R., Modabberi, S., Falsafi, F. (2011). Pollution of groundwater originated from oil pollutants in the industrial region of Tehran (south of Tehran). Journal of Basic Sciences, Islamic Azad University, 21 (81). pp. 22-11. [In Persian[
Oil Storage Company (2017). Statistics of tracks loading Fuels from the company. [In Persian]
Oil and Energy Information Network (2005). Cleanup of water and soil at Tehran Refinery. Retrieved from: http://www.shana.ir 10/13/2017. [In Persian]
Oil and Energy Information Network (2014). 16% increase in efficiency at Rey Power Plant. Retrieved from: http://www.shana.ir 10/13/2017.[In Persian]
Poorahmad, A., Fallahian, N. (2005). Investigating the formation of the industrial axis around Tehran. Quarterly Journal of Geographical Research, No. 53, pp. 192-173. [In Persian]
Rahaei, O. (2013). Tehran industrial factories and their physical effects on urbanization, Case Study: Tehran Refinery and Baghershahr residential area. Architecture and Sustainable City, 1 (1), pp. 66-55. [In Persian]
Samadi, R., Tika, S. (2007). Providing an environmental model for the establishment of thermal power plants in Iran. Journal of Environmental Studies, 37 (44), pp. 82-73. [In Persian]
Zavarmoosavi, S.H., Shirkhanloo, H., Alaei, E. (2008). Investigating the environmental impacts of oil refining processes on planted vegetations in Shahr-e-Rey, Iran. Plant and Biome, 13, pp. 2-11. [In Persian]

References (in English)

Al-Hasnawi, S.S.,Hussain, V., Al-Ansari, N., Knutsson, S. (2016). The Effect of the industrial activities on air pollution at Baiji and its surrounding areas, Iraq, Engineering, 8, pp 34-44. Retrieved from: http://dx.doi.org/10.4236/eng.2016.81004.

Basorun, J.O., Olamiju. I.O. (2013). Environmental pollution and refinery operations in an oil-producing region of Nigeria: A focus on Warri Petrochemical Company, IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology And Food Technology (IOSR-JESTFT), 2(6), pp. 18-23.
Environment and Climate Change Canada. (2016). Canadian Environmental Sustainability Indicators: Air Pollutant Emissions.
European Commission. (2003). Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques for Mineral Oil and Gas Refineries.
Heidari. A.,.Asadi, P. (2015). Micromorphological characteristics of polluted soils inTehran petroleum refinery. Agr. Sci. Tech, Vol. 17, pp. 1041-1055.
Maheshwari, R. (2016). Impact of industrial estates on water resources. International Journal of Environmental Science and Development, 7(12), pp. 933-939. doi: 10.18178/ijesd.2016.7.12.907.

Mariano, J.B. (2009). Environmental impacts of the oil Industry. Journal of Frontiers in Environmental Science. doi: 10.3389/fenvs.2016.00058.
May, J. (2009). The increasing burden of oil refineries and fossil fuelsin Wilmington, California. Communities for a Better Environment.
Mudu, P., Terracini, B., Martuzzi, M., eds. (2014). Human health in areas with industrial contamination. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
Omoniyi W., Benjamin, J. (2007). Oil Refinery Permits; A handbook for citizen participation in the permitting of oil refinery es under the New Source Review Provisions of the Clean Air Act. The Environmental Integrity Project.
World Bank Group. (1997). Pollution prevention and abatement handbook.

Research Article

Analysis and prediction of Dust phenomenon in the southwest of Iran

Behroz Sobhani*[1], Vahid Safarian Zengir[2]

Received: 26-12-2018 Revised: 26-02-2019 Accepted: 12-05-2019

Abstract

Dust is a phenomenon that has many destructive environmental effects in different parts of human life, including: agriculture, economics, health and etc. The country of Iran, especially its western and southwestern regions, is suffering a lot of damage due to its presence in the area affected by the dust phenomenon every year. So paying attention to this issue and reducing the resulting damagest is a priority. The purpose of this Research is to investigate and predict the dust phenomenon in southwest of Iran. For this Research, 27 year old Dust Data were used at 14 synoptic Stations in Southwest of Iran during the period (1990-2017). In this Research, dust data was first normalized in 14 stations then, by using the hybrid-panel data model, the ANFIS Compatible Neural Network in Matlab Software was falsified and predicted and finally, to prioritize more stations, dust was exposed to TOPSIS and SAW multivariate decision making models. The findings of the Research showed that the reliability of the lira faction models (neural network of the hybrid panel compared to the ANFIS Comparative neural network) was higher. Based on prediction models, the maximum probability of occurrence, the maximum dust in the next 23 years in the studied area at two stations, Sarpol Zahab and Abadan are respectively (120.709, 128.917). According to the SAW model, the probability of occurrence of dust in the next 23 years is estimated at Abadan station with 0.99% and Based on the TOPSIS model, Islamabad e Gharb station with a value of 97%. In order to reduce the damage caused by the dust phenomenon in the study area, in addition to domestic measures, such as inter-organizational cooperation, it should be addressed by concluding an international agreement with the neighboring countries.

Keywords: Climate Hazard, Statistical survey, Artificial Neural Network, Multivariate decision making model.

[1]*- Professor, Dept. of physical Geography, Climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. Email:sobhani@uma.ac.ir

[2]- Ph.D. student, Dept. of physical geography, Climatology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

References

References (in Persian)

Ahmadzadeh, G; Majid, M and Kourosh, M., (2010), Comparison of Artificial Intelligence Systems (ANN and ANFIS) in Estimating the Rate of Evapotranspiration of Reference Plants in Iran's High Drylands. Journal of Soil and Water, 4(5), pp.679-689. [In Persian]

Ammarloo, J., Javid, H., Shagarian, R., Rezaei, F., Vahdani, A., (2017), Dust particles and their impact on air quality, Fourth International Conference on Environmental Planning and Management, pp. 36-41. [In Persian]

Ataee, S., Mohammadzadeh, A., Abkar, A., (2015), Dust Detection Using the Decision Tree Method from the Images of the Judge, Science and Mapping Techniques, 4(4), pp.151-161. [In Persian]

Babaee, P., Safarrud, T., Karimi, M., (2016), Analysis and Identification of Patterns of Blight Dust in the West of Iran, Geography and Environmental Hazards, 5(17), pp.105-119. [In Persian]

Bagheri, Z., Mahmoud, H., (2016), Synoptic Analysis of Dust in Extensive 52 South Iran, First International Conference on Natural Hazards and Environmental Crises in Iran, Solutions to Challenges, pp. 26-29. [In Persian]

Boroumand, P., (2016), Determination of dust particles by studying their physical and chemical properties and numerical modeling in Masjed Soleiman city, Health and Environment, 9(4), pp.517-526. [In Persian]

Dastjerdi, J., Mousavi, H., Kashki, A., (2011). An Analysis of Ilam Dust Dust Storm, Geography and Environmental Planning, Year 23, 46(2), pp.15-34. [In Persian]

Fallah, M., Vafai Nejad, A., Khairkh, M., Ahmadi, F., (2014), Monitoring and Synoptic Analysis of Dust, Geographic Information, 23(91), pp.69-80. [In Persian]

Field, G., Bahrami, M., Mohammadi, N., (2017), Dust storm tracking (Case study of Khuzestan), The first conference of ideas and technologies in geography, pp. 11-16. [In Persian]

Hajibarpour, Q., Mohammadi, S., Akbarnia, A., Ahadi, M., (2015), Synoptic and Statistical Analysis of Dust Dust in Ardabil, 5th Regional Climate Change Conference, pp. 13-17. [In Persian]

kanarkohi, H., Riahi, M., and Zahra, M., (2010). Using the Intelligent Neuro-Fuzzy Inference Inventory (ANFIS) system to predict the human papillomavirus's cancer-causing potential. Journal of Arak University of Medical Sciences, 4(2), pp.95-105. [In Persian]

kandoomkar, A., Fanieh, R., Daneshvar, F., Kardan, H., Ahdynejad, M., Rezaei; N., (2017), Investigation and correlation of temperature series trends and dust days in Hamedan province, Geography, 15(53), pp.277-293. [In Persian]

Karimi, M., Kamyar, N., (2011). Interaction between the flow of the atmosphere and the surface of the earth in the mechanism of the formation and expansion of Middle Eastern dust storms, Natural Geography Research, 43(78), pp.113-130. [In Persian]

Khoshkiysh, A., Alijani, B., Hejazizadeh, Z., (2011). Synoptic Analysis of Dust Systems in Lorestan Province, Applied Geosciences Research, 18(21), pp.91-110. [In Persian]

koshaklaq, F., Najafi, M., Mohammad, Z., Shirazi, M., Samadi, M., (2013), Investigating the Dust Composition Composition in the West and Southwest of Iran, Geography and Environmental Hazards, 2(6), pp.17-63. [In Persian]

koshaklaq, F., Najafi, M., Samadi, M., (2012), Survey on the occurrence of spring dust in western Iran, Natural Geography Research, 44(2), pp.99-124. [In Persian]

Makvandi, R., Bijan, M., Mohammadfam, I., (2012). Utilization of TOPSIS Multivariate Decision Making Model in Environmental Impact Assessment of Oil Refineries (Case Study: Khuzestan Super Heavy Oil Refinery), Environmental Researches, 3(5), pp.77-86. [In Persian]

Miri, M., Azizi, G., Nabavi, O., (2011). Detection of Dust in the Midwest of Iran, Geographical Studies in Arid Regions, 2(7), pp.63-83. [In Persian]

Naserpour, S., Alijani, B., Rezaiyan, P., (2015), The Effect of Dust Storms in Southwest of Iran Using Satellite Images and Air Maps, Natural Geography Research, 47(1), pp.21-36. [In Persian]

Nazmfar, H., Ali Bakhshai, A., (2014), Measurement of Spatial Inequality in Using Educational Indices Using Topsis Method (Case Study: Khorestan Province), Two Chapters of Educational Planning Studies, 3(6), pp.115-134. [In Persian]

Safarian zengir, V., Zainali, B., Jafari, Y., Jafarzadeh, L., (2018), Dust and Dust Estimation in Ardabil Province Using ANFIS Model, Environmental Impact Analysis Spatial Analysis Journal, 5(2), pp.125-142. [In Persian]

Shamsipour, A., Taher, S., (2012), Satellite analysis of dust phenomena, Natural Geography Research, 44(79), pp.111-126. [In Persian]

Tohidi, A., Zareemhahjerdi, M., Mehrabi, H., NasibAbdipour, H., (2015), Estimation of Hybrid Model of Artificial Neural Network-Data Panel in Determining Dry Dry Export Prices of Iran, Journal of Quantitative Economics (ex-economic studies), 12(3), pp.95-116. [In Persian]
Zohourian, M., Jahangiri, L., (2014), Synoptic and Statistical Analysis of Dust Events in Ahwaz, First National Conference on Environmental Pathology and Urban Pollution, pp. 69-67. [In Persian]
Zolfaghari, H., Masoompour, J., ShayeganMehr, S., Ahmadi, M., (2011). Survey of Dust Dust Storms in Iran during 2005-2007, Geography and Environmental Planning, 22(3), pp.17-34. [In Persian]

References (in English)

Arnas, C; lrby, J; Celli, S; detemmerman, G; Addab, Y; couedel, L; grisolia, C; lin, Y; martin, C; pardanaud, C; pierson, S., (2017), Characterization and origin of large size dust particles produced in the alcator _C mod tokamak, Nuchear materials and energy, 11, (12-19).
Baltagi, B.H., (2005), Econometric Analysis of Panel Data. 3rd Edition, New York: John Wiley and Sons.
Cantarella, G.E., & Luca, S.D.E., (2005), Multilayer Feedforward Networks for Transportation Mode Choice Analysis: An Analysis and a Comparison with Random Utility Models. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 13, (121-155).
Co, H.C., & Boosarawongse, R., (2007), Forecasting Thailand's Rice Export: Statistical Techniques Vs. Artificial Neural Networks. Computers & industrial engineering, 4, (610-627).
Cuevas, E., Gomezplelaz, A.G., rodriguez, S., terradellas, E., basart, S., Garcia, R.D; Garcia, O.E., Alonso, S., (2017), The pulsating nature of large scale Saharan dust transport, atmospheric environment, 167, (586-602).
Dansie, A. p., wigs, G.F.S., Thomas, D.S.G., Washington, R., (2017), Measurements of windblown dust characteristics and ocean fertilization potential, Aeolian research, 29, (30-41).
Gujarati, D.N., (2003). Basic econometrics. 4th edition, New York: McGraw-Hill.
Jixia, H., qibin, Z., jing, T., depeng, Y., quansheng, G., (2017), Association between forestry ecological engineering and dust weather in lnner Mongolia, physics and chemistry of the earth, parts A/B/C, 104, (76-83).
Kisi, O., Ozturk O., (2007), Adaptive neurofuzzy computing technique for evapotranspiration estimation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. ASCE, 4, (368-379).
Liu, Z; wang, D; miloshevsky, G., (2017), Simulation of dust grain charging under tokamak plasma conditions, nuclear materials and energy, 12, (530-535).
Nabavi, O., haimberger, L., samimi, C., (2017), Sensitivity of WRF_ chem predictions to dust source function specification in west asia, Aeolian research, 24, (115-131).
Sahu, O., rao, D., gabbiye, N., engidayehu, A., teshale, F., (2017), Sorption of phenol fram synthetic aqueous solution by activated saw dust, biochemistry and biophysics reports, 12, (46-53).
Shoji, M., kawamura, G., smirnov, R., pigarov, A., tanaka, Y., masuzaki, S., uesugi, y., (2017), Simulation of impurity transport in the peripheral plasma due to the emission of dust in long pulse discharges on the large helical device, nuclear materials and energy, 12, (779-785).
Wang, Z., Pan, X., Uno, I., li, J., Wang, Z., Chen, X., Fu, P., Yang, T., Kobayashi, H., Shimizu, A., Sugimoto, N., Yamamotom, S., (2017), Significant impacts of heterogeneous reactions on the chemical composition and mixing state of dust particles, atmospheric environment, 159, (83-91).
Willame, Y., Vandaele, A.C., depiesse, C., lefevre, F., letocart, V., Gillotay, D., montmessin, F., (2017), Retrieving cloud dust and ozone abundances in the martion atmosphere SPICAM/UV nadir spectra, planetary and space science, 142, (9-25).
Wooldridge, J.M., (2006), Introductory Econometrics: A Modern Approach. 3rd Edition, New York: South-Western.
Zalesna, E., grzonka, J., rubel, M., carrasco, A., widdowson, A., baron, A., ciupinski, L., contributors, J., (2017), Studies of dust from JET with the ITER like wall: composition and internal structure, nuclear materials and energy, 12, (582-587).
Zielhofer, C., suchodoletz, H., fletcher, W., Schneider, B., dietze, E., schleget, M., schepanski, K., weninger, B., mischke, S., mikdad, A., (2017), millennial scale fluctuations in Saharan dust supply across the decline of the African humid period, quatemary science reviews, 717, (119-135).

Research Article

Environmental impact assessment and sustainability level determination of Boog Granite Mine using Philips Model

GholamHassan Kakha*[1], Somayeh Tabasi[2], Alireza Docheshmeh Gorgij[3], Mohsen Jami[4]

Received: 06-01-2019 Revised: 03-02-2019 Accepted: 15-04-2019

Abstract

Sustainable development is the consequence of balance among the three parameters, contains economy, social and environment; As their inattention will cause the balance disturbance and getting away from the sustainable development. Mining industry and dependent industries are one of the most influential industries in economic development and industrialization process for each country. The main target of sustainable mining is the profit rising, reducing the operational risk and making the ideal environmental circumstances. Environmental impact assessment (EIA) is an essential issue in environmental problem protection. Environmental impact assessment (EIA) of the Boog Granite Mine located in Sistan and Balouchestan, Iran, and determining the effective factors and environmental components, was done, in present study. Boog granite mine is one of the most important Iranian construction quarries, which is extracted outdoors and has a significant impact on the economy, culture and environment around it. In this study, a quantitative model of environmental impact assessment was used by using the matrix method. Air quality, ecology and human health and safety are along the most environmental damages resulted from the mining activities in that area with 33.63, 28.26 and 28.09 percent, respectively. Finally, the results gained from the assessment of the environmental impact are used to evaluate the sustainability using Philips Mathematical Model. Considering the accomplished calculations and considering that the environmental parameters are bigger than human parameter, the present project has been evaluated as a sustainable case; but the sustainability has been located in weak class. So environmental preventive measures are recommended to reduce the environmental damages to its components.

Keywords: Sustainable development, Environmental impact assessment (EIA), Philips Mathematical Model, effective factors, environmental components, Boog Granite Mine.

[1]*- Assistant professor, Faculty of Industry & Mining (Khash), University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
Email: g.kakha@eng.usb.ac.ir

[2]- Assistant professor, Faculty of Industry & Mining (Khash), University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

[3]- Assistant professor, Faculty of Industry & Mining (Khash), University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

[4]- Assistant professor, Faculty of Industry & Mining (Khash), University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

References

References (in Persian)

Aqanabati, S. A., (2004), Iran geology, country geological survey publications, 640p. [In Persian]

Ilkhani, E., Ataei, M. and Khalokakaie, R., (2017), Environmental Impact Assessment in Open pit Mines, Case Study: The Sangan Iron Ore Mine in Khaf, Iranian Journal of Mining Engineering, 11(33), pp. 81-93. [In Persian]

Poormirzaei, Rashed, (2017), Evaluation of mining industry and mine resources in country sustainable development, mine resources engineering journal, Imam Khomeini international University, second issue, No. 3, pp.81-92. [In Persian]

References (in English)

Ataei, M., Tajvidi Asr, E., Khalokakaie, R., Ghanbari, K. and Tavakoli Mohammadi, M. R. (2015), Semi-quantitative environmental impact assessment and sustainability level determination of coal mining using a mathematical model, Journal of Mining and Environment 7(2), 185-193.

Basu AJ, Kumar U (2004), Innovation and technology driven sustainability performance management framework (ITSPM) for the mining and minerals sector, International Journal of Surface Mining 18:135-149

Folchi, R. (2003), »Environmental impact statement for mining with explosives: a quantitative method« In: Proceedings of the annual conference on explosives and blasting technique, 2003. ISEE; 1999, 285-296.

Giannopoulou, I. P., & Panias, D. (2006), Sustainable development of mining and metallurgy in relation, Acta Metallurgica Slovaca, 12.

IIED and WBCSD, (2002), Breaking New Ground: Mining, Minerals and Sustainable Development, Final Report on the Mining, Minerals and Sustainable Development Project (MMSD). Publ by Earthscan for the International Inst for Environment and Development (IIED) and World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), London.

Jarvis AP, Younger PL., (2000), Broadening the scope of mine water environmental impact assessment: a UK perspective, Environmental Impact Assessment Review, 20, 85-96.

Jirvand, A. (1994), Ideas of economic development, Tehran, Sahand Publication.

Parvin, S., (1994), Trend of poverty in some employments, Tehran, Economic affairs ministry.

Phillips, J. (2012a), The level and nature of sustainability for clusters of abandoned limestone quarries in the southern PalestinianWest Bank, Israel, Appl. Geogr. 32, 376-392.

Phillips, J. (2012b), Using a mathematical model to assess the sustainability of proposed bauxite mining in Andhra Pradesh, India from a quantitative-based environmental impact assessment, Environ. Earth Sci. 67: 1587-1603.

Sereshki, F., Saffari, A. (2016), Environmental impact assessment and sustainability level determination in cement plants (Case study: Shahrood cement plant), Iranian Journal of Earth Sciences 8, 90-101.

Tavakol, M., Nozari, H., and Hamzeh. A. (2012), Analysis of the economic, social and environmental Parsian gas friendly industry in rural areas (the case of rural areas October city in Fars province, Sicial studies and research in Iran, 1(4), 29- 48.

Yu J, Yao S, Chen R, Zhu K, Yu L (2005), A quantitative integrated evaluation of sustainable development of mineral resources of a mining city: a case study of Huangshi, Eastern China, Resources Policy 30,7-19.

Von Below, M., (1993), Sustainable mining development hampered by low mineral prices, RESOURCES POLICY, 177-183.

WCED (World Commission on Environment and Development), (1987), Our Common Future (Brundlandt Report), World Commission on Environment and Development, Oxford, Oxford University Press.

Research Article

Satellite Monitoring of Ozone Layer Changes in the Atmosphere of Iran

Koohzad Raispour*[1], Hossein Asakereh[2]

Received: 09-01-2019 Revised: 16-03-2019 Accepted: 02-06-2019

Abstract

Considering the vital importance of the ozone layer and the rising course of its destruction in recent decades, the necessity of studying the ozone layer in order to know its state in the atmosphere of Iran has become more recent. In recent years, several techniques and techniques have been used to monitor this vital gas in the atmosphere of the planet. Meanwhile, the use of satellite data has become widespread because of the availability and availability of features such as spatial, temporal and spatial resolution. The study also uses ozone data collected by the AIRS based on the AQUA satellite, which provides an opportunity to study the process of Ozone changes in the atmosphere of all parts of the world, including Iran. The relevant data were extracted from the https://disc.gsfc.nasa.gov/datasets/AIRS3STM_006 website with the NetCDF format, with one-day and one-day temporal resolution and a 1° x 1° spatial resolution during the 15-year statistical period (2003 - 217) ArcGIS and Grads software was analyzed, visualized, analyzed. The results indicate that annual ozone has dropped in the atmosphere of Iran. Among the seasons, the highest and lowest ozone levels occurred in the spring and autumn seasons, and the highest and lowest monthly ozone levels were observed in March and October, respectively. In terms of location, moving from the south to the north, it is approximately uniformly increased by the amount of ozone, so that the maximum total ozone (TOC) exists in Pars Abad plain (318 Dobson) and its lowest value in an interconnected area Provinces of Hormozgan, Kerman and Fars, and part of Southeastern Iran (283 Dobson). The maximum ozone concentration (ozonosphere) is also evident at an altitude of 27-40 km.

Keywords: Satellite monitoring, the Ozone layer, AIRS, Atmosphere, Iran.

[1]*- Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran
Email: Raispour@znu.ac.ir

[2]- Professor of Geography Department, Faculty of Humanities, University of Zanjan, Zanjan, Iran

References

References (in Persian)

Ahrens, D, (Author)., (2013), Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment, Translation by Mohammad Reza Babaei, ISBN-13: 978-0840054999. [In Persian[

Karimi, S., Negaresh, M., Tavosi, T., Alijani, B., (2013), Systematic Analysis of Tropospheric Ozone Cycle In Cybernetic Climate System (Case Study: Tehran Metropolitan), Journal of Geography (Iranian-Persian Journal), 11, 2(37), 189-215, 2013. [In Persian[

Mihalis, L., (2011), First Principles of Meteorology and Air Pollution, Translated by Ali Akbar Sabzi Parvar, (ISBN: 978-94-007-0162-5). [In Persian[

Mobasheri, M., (2006), Optional monitoring of ozone layer changes in the atmosphere of Iran using spatial measurements and MODIS images, Research Report, Khajeh Nasir Al-Din Toosi University of Technology. [In Persian[

Mobasheri, M., (2008), Study of changes in the ozone layer in Iranian atmosphere using TOMS sensor data, Journal of Environmental Studies, Number 44, winter 2008, p. 54-43. [In Persian]

References (in English)

Aggarwal, A., Kumari, R., Mehla, N., Deepali, Singh., R.P., Bhatnagar, S., Sharma, K., Sharma, K., Vashishtha, A., Rathi, B., (2013), Depletion of the ozone layer and its consequences: A review. Am. J. Plant. Sci. 4: 1990–1997.

Antón, M., Cancillo, A., Serrano, J.M., Vaquero, J.A., (2007), García, Ozone mini-hole over South-Western Spain during January 2004: Influence over ultraviolet radiation, Geophys. Res. Lett. 10: 320 -331.

Anton, M., Serrano, A., Cancillo, M.L., Garcia, J.A., (2008), Total ozone and solar erythemal irradiance in Southwestern Spain: day-to-day variability and extreme episodes. Geophysical Research Letters. 21: 35-50.

Anton, M., Serrano, A., Cancillo, M.L., Garcia, J.A., (2009), An empirical model to estimate ultraviolet erythemal transmissivity. Annales Geophysical .27:120-136.

Atkinson-Palombo, C.M., Miller, J.A., Balling, Jr., (2006), Quantifying the Ozone ‘‘Weekend Effect’’ at Various Locations in Phoenix, Arizona. Atmos. Environ. 40: 7644–7658.

Balis, D., Brinksma, E., Kroon, M., Amiridis, V., Zerefos, C., (2006), Validation of OMI total ozone using ground-based Brewer observations. Atmospheric Science Conference, European Space Agency, ESA SP-628, ESRIN, Frascati, Italy.

Basset, H.A., Korany, M.H., (2007), the global and UVB radiation over Egypt. Atmosphere. 20:41-52.

Bordi, I., Berrilli, F., Pietropaolo, E., (2015), Long-term response of stratospheric ozone and temperature to solar variability. Ann. Geophys. 33: 267–277.

Cadle, R.D., Allen, E.R., (1970), Atmospheric Chemistry, Science. 167: 243-249.

Cazorla, M., Brune W. H., (2010), Measurement of Ozone Production Sensor. Atmos. Meas. Tech. 3: 345-555.

Chair, J.B., (2005), Understanding the factors that affect surface ultraviolet radiation. Optical Engineering. 44:260 – 272.

Chapman, S., (1930), A theory of upper atmosphere ozone, Mem. Roy.Meteorol. 3:103-110.

Considine, D. B., (2004), Simulating ozone in the near-tropopause region with a new combined model of the stratosphere and troposphere, paper presented at Quadrennial Ozone Symposium, Int. Ozone Comm., Kos, Greece, June.25: 19 -27.

Crutzen, P.J., (1990), the influence of nitrogen oxides on the atmospheric ozone content. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society. 96:320-325.

De Laat, A. T. J., Aben, I., Roelofs, G. J., (2005), A model perspective on total tropospheric O3 column variability and implications for satellite observations, J. Geophys. Res.110: 1220 -1232.

Doherty, R.M., Wild, O., Shindell, D.T., Zeng, G., MacKenzie, I.A., Collins, W.J., Fiore, A.M., Stevenson, D.S., Dentener, F.J., Schultz, M.G., (2013), Impacts of climate change on surface ozone and intercontinental ozone pollution: A multi-model study. J. Geophys. Res. Atmos. 118: 3744–3763.

Edwards, D. P., (2003), Tropospheric ozone over the tropical Atlantic: A satellite perspective, J. Geophys. Res. 108: 4237-4245.

Feister, U., Cabrol, N., Häder, D. P., (2015), UV irradiance enhancements by scattering of solar radiation from clouds. Atmosphere. 5: 1211–1228.

Fioletov, V.E., Cherr, J.B., Wardle, D.I., Krotkov, N., Herman, J.R., (2002), Comparison of Brewer ultraviolet irradiance measurements with total ozone mapping spectrometer satellite retrievals. Optical Engineering. 41: 305-317.

Flores, J. C., Montecinos, S., (2000), Chapman's model for ozone concentration: earth`s slowing rotation effect in the atmospheric past, SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS).70: 250-262.

Galliani, A., Siani, A.M., Casale, G.R., (2002), An investigation on a low ozone episode at the end of November 2000 and its effect on ultraviolet radiation.Optical Engineering. 41:308-320.

Ialongo, I., Casale, G. R., Siani, A.M., (2008), Comparison of total ozone and erythemal UV data from OMI with ground-based measurements at Rome station. Atmospheric Chemistry and Physics. 8: 328-336.

Jacobson, M.Z., (2002), Atmospheric Pollution: History, science, and regulation Cambridge University Press.

Johnston, H. S., (1971), Reduction of stratospheric ozone by nitrogen oxide catalysts from supersonic transport exhaust, Science. 173:517-522.

Kassem, K.O., (2009), Variability of Surface and Total Column Ozone in Qena and Cairo (Egypt). PhD Thesis, South Valley University, Egypt. Pp:76 -90.

Kazadzis, S., Bais, A., Arola, A., Krotkov, N., Kouremeti, N., Meleti, C., (2009), Ozone monitoring instrument spectral UV irradiance products: comparison with ground-based measurements at an urban environment. Atmospheric Chemistry and Physics. 9: 58-70.

Kondo, A., Inoue, Y., (2006), Ground Level Ozone Concentrations and Its Association with NOx and Meteorological Parameters in Kathmandu Valley, Nepal. Atmos. Environ. 40: 8081–8087.

Kudish, A.I., Lyubansky, V., Evseev, E.G., Ianetz, A., (2005), Intercomparison of the solar UVB, UVA and global radiation clearness and UV indices for Beer Sheva and Neve Zohar (Dead Sea). 30: 162-175.

Lelieveld, J., Roelofs, G. J., Ganzeveld, L., Feichter, J., Rodhe, H., (1997), Terrestrial sources and distribution of atmospheric sulphur, Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. 352: 149-158.

Masserot, D., Lenoble, J., Brogniez, C., Houet, M., Krotkov, N., McPeters, R., (2002), Retrieval of ozone column from global irradiance measurements and comparison with TOMS data, A year of data in the Alps. Geophysical Research Letters 29, art. 1309:520 -528.

McKenzie. R. L., Aucamp, P.J., Bais, A. F., Madronic, S., (2011), effects of ozone depletion and its interactions with climate change Cover, journal of Photochemical & Photobiological Sciences. 20:36-49.

Molina, Mario J., Rowland, F. S., (1974), stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalyzed destruction of ozone. Nature. 249:810-812.

Murillo, W., Canada, J., Pedros, G., (2003), Correlation between global ultraviolet (290-385 nm) and global irradiation in Valencia and Cordoba (Spain). Renewable Energy. 28:485-502.

Revell, L.E., Tummon, F., Stenke, A., Sukhodoloy, T., Coulon, A., Rozanov, E., Garny, H., Grewe, V., Peter, T., (2015), Drivers of the tropospheric ozone budget throughout the 21st century under the medium-high climate scenario RCP 6.0. Atmos. Chem. Phys. 15: 5887–5902.

Seinfeld, J.H., Pandis, S.N., (2006), Atmospheric Chemistry and Physics from Air Pollution to Climate Change. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York: John Wiley &Sons.17:70-84.

Susan, S.J., James .B., Burkholder., (1994), Ozone depletion and global warming potentials of CF3I: JGR: Atmospheres Research Journal. 42:35-50.

Thompson, D.WJ., Solomon.S., Kushner, PJ., (2011), Signatures of the Antarctic ozone hole in Southern Hemisphere surface climate change, Nature Geosciences. 4: 741–749.

Zhang, H., Wu, S., Huang, I., Wang, I., (2014), Effects of stratospheric ozone recovery on photochemistry and ozone air quality in the troposphere. Atmos. Chem. Phys. 14: 4079–4086.

Ziemke, J. R., Chandra, S., Bhartia, P. K., (2005), A 25-year data record of atmospheric ozone in the Pacific from Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) cloud slicing: Implications for ozone trends in the stratosphere and troposphere, Journal Geophysics Research. 10:1029-1038.

Table of Contents

THE ZONING OF THE DANGER OF LANDSLIDE BY USING THE FUZZY REGION (CASE STUDY: THE WATERSHED IN CHAM GORDLAN DAM IN ILAM)
Zabihollah Rostami, Seyed Ali Almodaresi*, Ali Akbar Jamali 1

INVESTIGATING THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON FOOD SECURITY OF IRAN
Soroush Kiani Ghalehsard, Javad Shahraki*, Ahmad Akbari, Ali Sardar Shahraki 5

THE EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON ALMOND PHENOLOGY IN CHAHARMAHAL AND BAKHTIARI PROVINCE
Maryam Seyyed Abdolahi, Bohloul Alijani*, Ghasem Azizi, Farideh Asadian 9

FORECAST OF HEAVY RAINFALL IN WEST OF IRAN ACCORDING TO WEATHER RADAR ESTIMATES USING THE Z-R METHOD
Farshad Safarpour, Javad Khoshhal Dastjerdi*, Abolfazl Masoodian 13

INVESTIGATING THE PERFORMANCE OF BADI INDEX: AN IMPROVED APPROACH TO DETECT DUST STORMS USING MODIS IMAGERY IN WEST OF MIDDLE EAST
Seyed Abdolhossein Arami, Majid Ownegh, Ali Mohammadian Behbahani*, Mehri Akbari, -Alireza Zarasvandi 15

INVESTIGATING LAND SUBSIDENCE DUE TO GROUNDWATER OVER-EXPLOITATION IN KERDI-SHIRAZI PLAIN, HORMOZGAN PROVINCE
Seyedeh Mohaddeseh Mousavi, Hadi Jafari*, Ali Akbar Momeni, Jahangir Sepehri 19

IDENTIFICATION OF FLOODING SUSCEPTIBLE AREAS BY SOIL INFILTRATION SPATIAL CORRELATION PATTERNS
Mohammad Sadegh Oliaei*, Ali Barikloo, Moslem Servati 23

ANALYSIS AND CALCULATION OF THE REQUIRED TOOLS FOR WATER QUALITY PROTECTION IN ORDER TO MINIMIZE ENVIRONMENTAL HAZARDS
Mohsen Dehghani Darmian, Gholamreza Azizyan*, Seyed Arman Hashemi Monfared 27

EVALUATING THE IMPACT OF LAND USE CHANGES ON FLOODING AND FLOOD RUNOFF IN AMUQIN DRAINAGE BASIN
Yaser Hoseini*, Javad Ramezani Moghaddam, Zahra Abdolalizadeh 31

INVESTIGATING SPATIAL DISTRIBUTION OF POLLUTANTS IN THE TOWN OF BAGHERSHAHR, TEHRAN, IRAN
Habibollah Fasihi* 35

ANALYSIS AND PREDICTION OF DUST PHENOMENON IN THE SOUTHWEST OF IRAN
Behroz Sobhani*, Vahid Safarian Zengir 39

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT AND SUSTAINABILITY LEVEL DETERMINATION OF BOOG GRANITE MINE USING PHILIPS MODEL
GholamHassan Kakha*, Somayeh Tabasi, Alireza Docheshmeh Gorgij, Mohsen Jami 43

SATELLITE MONITORING OF OZONE LAYER CHANGES IN THE ATMOSPHERE OF IRAN
Koohzad Raispour*, Hossein Asakereh 45

Vol.: **08**, Issue: **22**, Winter 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.: **08**, Issue: **22**
Winter 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**