

ارزیابی تأثیر گرمایش جهانی بر پهنه‌های مستعد فرسایش بادی در غرب دشت مرکزی و شرق زاگرس میانی ایران

فرامرز خوش اخلاق: استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

محمد امین مرادی مقدم*: دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

حسین محمدی: استاد جغرافیای طبیعی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

محمد حسن ماهو تچی: دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۷ تاریخ پذیرش: ۹۶/۷/۲۹)

چکیده

مسئله‌ی گرمایش جهانی و گرم شدن سریع هوا در دهه‌های اخیر را می‌توان یکی از مشکلات فراروی بشر در هزاره‌ی سوم دانست. از سوی دیگر، افزایش متوسط دمای جهانی به تغییر در میزان، نوع و الگوی توزیع مکانی و زمانی بارش منجر شده است. بالا بودن دما و کمبود بارش در سطح زمین، زمینه را برای تأثیرپذیری سطح زمین از باد افزایش می‌دهد؛ بنابراین، در مناطقی که با افزایش دمای ناشی از گرمایش جهانی و کاهش بارش مواجه هستند، فرسایش بادی تشدید می‌یابد. در این پژوهش، به بررسی تأثیر گرمایش جهانی بر میزان فرسایش بادی حاصل از باد، در غرب دشت مرکزی و شرق زاگرس میانی ایران پرداخته شد. برای پهنه‌بندی مناطق مستعد فرسایش بادی، از مدل اثر باد بر فرسایش - که لویز پلتیر (Peltier, 1950) ارائه کرده است، استفاده شد. همچنین برای پیش‌بینی دما و بارش در آینده‌ی محدوددهی پژوهش، از مدل مجیک سنجن استفاده شد. در ابتدا به پهنه‌بندی میزان تأثیرپذیری خاک از باد در دوره‌ی کنونی پرداخته شد. نتایج پژوهش نشان داد که دشت مرکزی ایران، تحت شرایط دما و بارش دوره‌ی کنونی کاملاً مستعد فرسایش بادی شدید است. همچنین در مناطق مرتفع و قله‌های زاگرس، باد نقش بسیار ناچیزی در فرسایش خاک دارد. این پژوهش نشان داد که در اثر گرمایش جهانی در دهه‌های آتی، پهنه‌هایی که در آنها فرسایش بادی شدید است، توسعه می‌یابد و مناطقی از دامنه‌های شرقی کوه‌های زاگرس که در دوره‌ی کنونی، باد در فرسایش خاک آن نقش چندانی ندارد، در آینده مستعد فرسایش بادی شدیدی هستند. واژگان کلیدی: دشت مرکزی، زاگرس میانی، فرسایش بادی، گرمایش جهانی، مدل پلتیر.

۱- مقدمه

گرمایش جهانی را می‌توان یکی از مشکلات فرا روی بشر در هزاره‌ی سوم دانست که تقریباً بیشتر قریب به اتفاق مجامع علمی، علت آن را انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌دانند. انتشار گازهای گلخانه‌ای با حجم زیاد در گستره‌ی وسیع، بیلان انرژی و به تبع آن متوسط دمای کره‌ی زمین را متأثر ساخته و به گرم شدن شدید هوا در دهه‌های اخیر منجر شده است (Takara et al, 2009). از سوی دیگر، افزایش متوسط دمای جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای به

تغییر در میزان، نوع و الگوی توزیع مکانی و زمانی بارش منجر شده است (Abaspour et al, 2009 & Timothy) و پیش‌بینی می‌شود که چرخه‌ی هیدرولوژیکی را در دهه‌های آتی به شدت تحت تأثیر قرار دهد (Piers, 2010) و تغییر در مؤلفه‌های رطوبتی و حرارتی به‌عنوان ورودی‌های دستگاه نظام‌مند طبیعت در محیط‌های جغرافیایی مختلف با شدت و ضعف‌های گوناگون؛ به این معنی است که تحت شرایط فعلی - که می‌توان آن را دوره‌ی تغییرات سریع نامید - باید منتظر عواقب وخیم دستکاری‌های انسان در نظام طبیعت بود (Shaemi and Habibinokhandan, 2009).

فرسایش بادی، یکی از جنبه‌های مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Wigley, 1995)؛ به گونه‌ای که حدود یک ششم مساحت اراضی دنیا را تحت تأثیر خود قرار داده است (Skidmore, 2000). در سطح جهانی، حدود ۵۴۹ میلیون هکتار از اراضی در اثر فرسایش بادی مورد تخریب قرار گرفته (Subramanian and Chinappa, 2002) که ۲۹۶ میلیون هکتار آن، فرسایش بادی شدید دارد (Mahmoodabadi et al, 2011). فرسایش بادی فرآیندی است که در آن، ذرات خاک از سطح زمین جدا و به وسیله‌ی باد جابه‌جا می‌شوند. در ایجاد فرسایش بادی عوامل متعددی از جمله لیتولوژی، توپوگرافی، شرایط آب و هوایی، کاربری زمین و پوشش گیاهی دخالت دارند (Mashhadi et al, 2016)؛ به طور مثال در مدل مؤسسه پژوهشی سازمان جنگل‌ها و مراتع ایران (IRIFR¹)، از ۹ شاخص مختلف برای تعیین میزان فرسایش بادی استفاده شده است (Akbarian et al, 2010 & Hashemi et al, 2010 & Mesbahzadeh et al, 2010). در مدل Raizal نیز که یک برنامه‌ی نرم‌افزاری است و توسط گروهی از پژوهشگران اروپایی برای ارزیابی میزان فرسایش بادی و آبی توسعه یافته است، میزان فرسایش خاک را برحسب شرایط فیزیکی اراضی شامل خاک، اقلیم و منطقه تعیین می‌کند (Safiyari et al, 2014). نکته‌ای که در بین تمامی مدل‌های فرسایش بادی وجود دارد، این است که مؤلفه‌های اقلیمی یکی از اثربخش‌ترین شاخص‌ها در ایجاد فرسایش بادی است و در همه‌ی مدل‌ها از شاخص‌های اقلیمی استفاده شده است. همچنین این نکته را نیز باید در نظر داشت که شاخص‌های اقلیم بر بسیاری از شاخص‌های دیگر استفاده شده در مدل‌های فرسایش بادی، از جمله نوع خاک (Matinfar and Maleki, 2011) و پوشش گیاهی (Bayatmovahed, 2011) کاملاً تأثیرگذار است.

ضررهای فرسایش بادی به دلیل اثرات زیست محیطی، بهداشتی و اقتصادی آن بسیار زیاد است؛ این فرسایش به از بین رفتن حاصلخیزی خاک (Movahedan et al, 2013)، آسیب به زیرساخت‌ها و خطوط راه‌آهن (Zhang et al, 2012) و تحدید زندگی گونه‌های گیاهی و جانوری (Ahmadi et al, 2003) منجر می‌شود. وقوع طوفان‌های گرد و غبار شدید و پایین آمدن کیفیت هوا (Yahyani and Charabi, 2014)، افزایش مشکلات تنفسی و افزایش بیماری‌ها (Aliyari et al, 2014 & Shamsiry et al, 2014) و بیابان‌زایی (Lian et al, 2003 & Zehtabian et al, 2007) از دیگر اثرات فرسایش خاک است. فرسایش بادی یکی از مهمترین عوامل فرسایش خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک (Mamoodabadi et al, 2011) به شمار می‌رود. اگر اقلیم نیز خشک شود، فرسایش بادی افزایش خواهد یافت. بدون تردید می‌توان یکی از عواقب تغییر اقلیم در حال رخداد در سطح کره‌ی زمین را تغییر در میزان

¹ Iran Research Institute of Forest and Rangelands

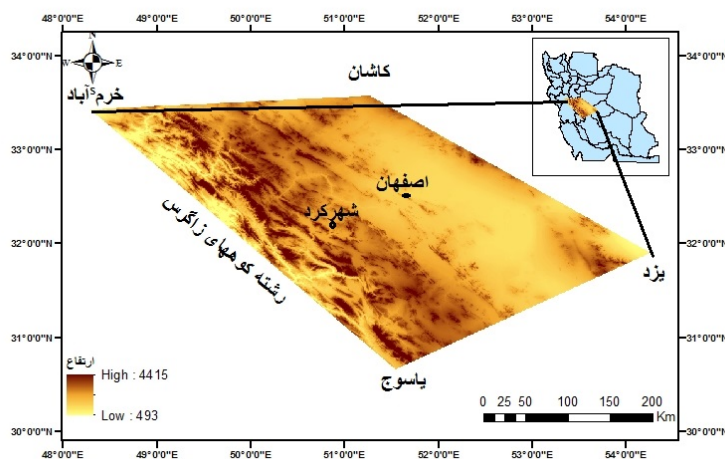
اثرگذاری باد دانست. همچنین پیش‌بینی‌های تغییر اقلیم نشان می‌دهد که بر اثر افزایش خشکسالی و تغییرپذیری بیشتر اقلیم، فرسایش بادی رشد فزاینده‌ای خواهد داشت. ضررهای اقتصادی و زیست محیطی فرسایش بادی بسیار زیاد است؛ این ضررها هم در محل برداشت، هم در جایی که در آن خاک برداشت شده به وسیله هوا جابه‌جا می‌شود و انتقال می‌یابد و هم محل‌هایی که در آن ذرات خاک ته نشست یا رسوب می‌کند، قابل مشاهده است. کشور ایران به دلیل قرار گرفتن در کمربند خشک و نیمه خشک کره‌ی زمین، یکی از مناطقی محسوب می‌شود که همواره در معرض فرسایش بادی است و هر ساله آسیب‌های فراوانی به سبب این فرسایش، متوجه نقاط مختلف آن بوده است.

بیشتر پژوهش‌هایی که در زمینه‌ی فرسایش بادی در ایران صورت گرفته، در مناطق مرکزی، بیابانی و کویری ایران بوده است؛ برای مثال Zehtabian و همکاران (2007) به مطالعه‌ی اثر فرسایش بادی در افزایش شدت بیابان‌زایی در حوضه‌ی آبخیز ماهان؛ Hashemi و همکاران (2012) به بررسی شدت فرسایش بادی و پتانسیل رسوب‌دهی حاصل از آن در منطقه‌ی زهک استان سیستان و بلوچستان؛ Mashhadi و همکاران (2016) پتانسیل فرسایش بادی زمین‌های کشاورزی پس از برداشت محصول در منطقه‌ی دامغان، Hoseini و همکاران (2006) به بررسی وضعیت بالفعل و بالقوه‌ی بیابان‌زایی با تأکید بر معیار فرسایش بادی در منطقه‌ی نیاتک سیستان پرداخته‌اند. این در حالی است که سایر مناطق ایران نیز به نسبت، از این پدیده تأثیر می‌پذیرند؛ بنابراین، شناسایی و تعیین میزان فرسایش بادی در سایر نقاط ایران لازم و ضروری است. لویز پلتیر با استفاده از دو مؤلفه‌ی اقلیمی میانگین دما و بارش سالانه، ۷ شکل شامل پهنه‌های هوازگی شیمیایی، اثر انجماد، مناطق هوازگی، فرسایش فلوئیدال، حرکات توده‌ای، ناحیه‌های مورفوکلیماتیک و اثر فرسایشی باد را ترسیم کرده است. Sarbovan and Urden (1995) با استفاده از مدل ناحیه‌های مورفوکلیماتیک پلتیر، به تعیین مناطق مورفوکلیماتیک نقاطی از کوه‌های کشور رومانی پرداختند. آنها همچنین شرایط فرسایش آبی در این کوه‌ها را با استفاده از مدل فرسایش فلوئیدال بررسی کردند. Maghsoudi و همکاران (2010)، به پهنه‌بندی فرایندهای هوازگی در شمال غرب ایران با استفاده از مدل پلتیر پرداختند. Farahmand و همکاران (2016) نیز با استفاده از مدل پلتیر، به ارزیابی اثرات اقلیم بر فرایندهای هوازگی سنگ‌ها در استان کرمانشاه پرداختند. در این پژوهش با استفاده از مدل اثر فرسایشی باد پلتیر، به پهنه‌بندی مناطق مستعد فرسایش بادی در بخش‌هایی از غرب ایران مرکزی و شرق رشته کوه‌های زاگرس میانی در دوره‌ی کنونی (2000-2015) پرداخته می‌شود. همچنین اثر احتمالی گرمایش جهانی بر این پهنه‌ها در دهه‌های آتی ۲۰۵۰، ۲۰۷۵ و ۲۱۰۰ نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

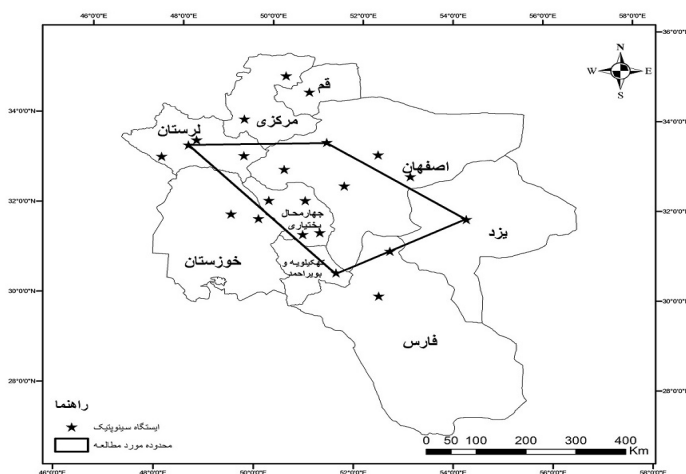
منطقه‌ی مورد مطالعه بین شهرهای خرم‌آباد با مختصات جغرافیایی (۴۸،۱۷ شرقی، ۳۳،۲۶ شمالی)، کاشان (۵۱،۲۷ شرقی، ۳۳،۵۹ شمالی)، یزد (۵۴،۱۷ شرقی، ۳۱،۵۴ شمالی) و یاسوج (۵۱،۴۱ شرقی، ۳۰،۵۰ شمالی) قرار دارد. این محدوده، بخش‌هایی از کویر مرکزی ایران همچنین نیمه‌ی شرقی رشته کوه‌های زاگرس میانی را شامل می‌شود. شکل ۱ موقعیت محدوده‌ی پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

۲-۲- ایستگاه‌های همدید منتخب در منطقه‌ی پژوهش

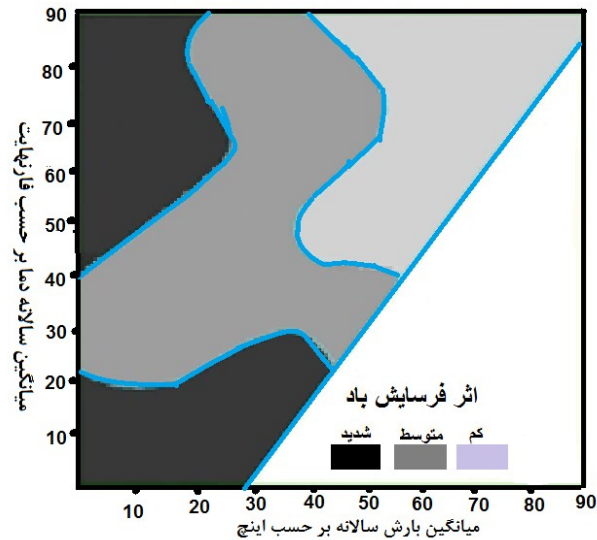
در این پژوهش، از داده‌های میانگین سالانه‌ی دما و بارش در ۲۲ ایستگاه هواشناسی همدید (1980- 2015) استفاده شد. در شکل ۲، پراکنندگی جغرافیایی این ایستگاه‌ها نشان داده شده است. به دلیل نبود ایستگاه‌هایی با دوره‌ی آماری کافی در منطقه‌ی مورد پژوهش، از داده‌های اقلیمی ایستگاه‌های مناطق مجاور نیز استفاده شده است.



شکل ۲: موقعیت ایستگاه‌های همدید منتخب

۲-۳- مدل لویز پلتیر

دو متغیر که در تعیین مناطق مورفوکلیماتیک سطح زمین نقشی تعیین کننده دارد، میانگین دما و بارش سالانه است. پلتیر با استفاده از این دو متغیر اقلیمی، هفت شکل را طراحی کرد که انواع پدیده‌های هوازدگی را بیان می‌کند. این اشکال شامل پهنه‌های هوازدگی شیمیایی، اثر انجماد، مناطق هوازدگی، فرسایش فلوئال، حرکات توده‌ای، اثر باد و ناحیه‌های مورفوکلیماتیک است.



شکل ۳: مدل مربوط به اثر فرسایشی باد از اشکال هفت گانه‌ی لویز پلتیر (Louis Peltier, 1950)

در این پژوهش برای تعیین مناطق مستعد فرسایش بادی، از مدل مربوط به اثر باد پلتیر استفاده شد. شکل ۳، مدل مربوط به تأثیر باد از اشکال هفت گانه‌ی لویز پلتیر را نشان می‌دهد. همان طور که در شکل نشان داده شده، میزان فرسایش پذیری خاک به سه نوع فرسایش پذیری کم، متوسط و شدید طبقه‌بندی شده است. در مناطقی که از بارش بیشتری برخوردارند، به علت تأمین رطوبت کافی برای اتصال دانه‌های خاک، فرسایش پذیری کمتر و برعکس در مناطق با بارش کم، فرسایش بادی خاک از نوع شدید است.

۲-۴- انتخاب مدل و سناریو برای پیش‌یابی مقادیر دما و بارش در محدوده‌ی پژوهش، تحت شرایط گرمایش جهانی از آنجایی که یکی از ضعف‌های موجود در مدل‌های گردش عمومی جو (GCM)^۱، بزرگ بودن مقیاس مکانی و زمانی متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده است؛ بنابراین می‌بایست خروجی آنها را توسط تکنیک‌های مختلف، کوچک مقیاس کرد (Samadi et al, 2008 & Shamsipour, 2013). برای انتخاب مدل مناسب برای پیش‌یابی دما و بارش در محدوده‌ی پژوهش تحت شرایط گرمایش جهانی، از مدل مجیک سنجن (MAGICC^۲ SCENGEN^۳) استفاده شد. این مدل ترکیبی، شامل نرم‌افزاری است که هر دو مدل مجیک و سنجن در آن ادغام شده‌اند و نتایج حاصل از سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای - که در مدل مجیک تعریف شده - با نتایج مدل‌های گردش عمومی جو تعریف شده در مدل سنجن، در هم ادغام می‌کنند تا تأثیر این سناریوها و مدل‌ها را بر مناطق مختلف جهان بسنجد (Willey, 1995). این نرم‌افزار به کاربر امکان می‌دهد که تغییر غلظت دی‌اکسید کربن جو (CO₂) و دمای متوسط سطح زمین و دریا را بین سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ با استفاده از سناریوهای انتشار دی‌اکسید کربن CO₂، متان (CH₄)، اکسیدنیترژن (N₂O)، هالوکربن‌ها و دی‌اکسیدسولفور تعیین کنند (Willey, 1995 & Schimel et al, 1997 & Willey et al, 2000 & Abbasi and Asmari, 2011). در نسخه‌ی ۵/۳ این مدل، ۴۹ سناریوی انتشار

¹ General Circulation Medels

² Model for the Assessment of Greenhouse gas Induced Climate Change

³ Scenario Generator.

گنجانده شده است که شامل انواع سناریوهای خوش‌بینانه، بدبینانه، حد متوسط و زیرمجموعه‌های آنهاست. در این پژوهش از بین سناریوهای ارائه شده، سناریوی P50 را که شرایط متوسطی در بین سناریوها دارد و توسط هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC¹) به عنوان سناریوی حد وسط معرفی شده است (Najafi, 2012 & Roshan et al, 2011)، انتخاب شد و در جدول شماره ۱ شرایطی را که این سناریو مبنا قرار داده، ارائه شده است. همچنین ۲۰ مدل گردش عمومی جو در آن قرار داده شده است که به صورت منفرد یا ترکیبی قابل استفاده هستند.

جدول ۱: برآورد میزان برخی از گازهای جو و تغییرات دما و سطح دریا (نسبت به سال ۱۹۵۰) در سناریوی P50

(استخراج شده از نرم‌افزار مجیک سنجن)

میزان دی اکسید کربن جو	میزان متان جو	میزان اکسید نیتروژن جو	تغییر سطح دریا	تغییر دمای میانگین کره زمین	واحد
قسمت در میلیون	قسمت در میلیارد	قسمت در میلیارد	سانتی‌متر	درجه سلسیوس	سال
۵۰۸/۰۱	۲۴۰۸/۱	۳۶۲/۷	۱۶/۹۴	۱/۵	۲۰۵۰
۶۰۵/۱۹	۲۵۹۸/۳	۳۸۶/۷	۲۸/۷۷	۲/۴	۲۰۷۵
۷۱۰/۱	۲۶۳۴/۳	۴۰۸/۴	۴۲/۱۹	۳/۲	۲۱۰۰

برای تعیین بهترین مدل گردش عمومی بین داده‌های مشاهداتی ایستگاه‌ها در سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ منطقه‌ی پژوهش، داده‌های پیش‌بینی شده توسط تمامی ۲۰ مدل موجود در مجیک سنجن، تحت سناریوی حد واسط P50 همبستگی دریافت شد.

بیشترین میزان همبستگی بین دماهای مشاهداتی و دمای محاسبه شده توسط مدل مجیک سنجن تحت سناریوی P50، مربوط به مدل ECHO-G به میزان $R=0.68$ است؛ به عبارتی داده‌های پیش‌بینی شده توسط این مدل، نسبت به سایر مدل‌ها به واقعیت نزدیک‌تر است. مدل گردش عمومی جو ECHO-G، محصول مشترک مؤسسه‌ی هواشناسی دانشگاه بن آلمان و مؤسسه‌ی KMA کشور کره جنوبی است. اما بهترین مدل پیش‌بینی کننده‌ی بارش منطقه، مدل CSIRO-30 است که میزان همبستگی داده‌های حاصل از این مدل و داده‌های مشاهداتی، به میزان $R=0.57$ به دست آمد. این مدل نیز مربوط به سازمان پژوهش‌های مشترک علمی و صنعتی کشور استرالیا^۲ است.

۲-۵- روش

با توجه به تأثیر دو عامل دما و بارش به عنوان مهمترین عناصر اقلیمی، در ایجاد شرایط خاک برای تأثیرپذیری از باد و استفاده‌ی لویز پلتیر از این دو متغیر، در ابتدا به پهنه‌بندی دما و بارش در محدوده پژوهش پرداخته شد.

الف) پهنه‌بندی دما

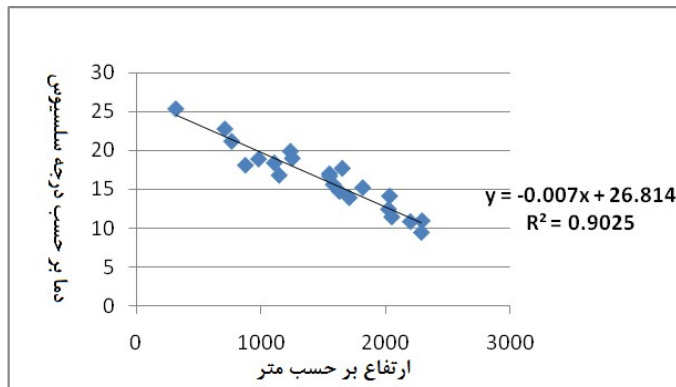
در پهنه‌بندی دمای منطقه‌ی مورد مطالعه از روش PRIMIS^۳ استفاده شد. در این روش براساس میزان همبستگی بین عناصر اقلیمی ایستگاه‌ها و ارتفاع آنها، نقشه‌ی پراکنندگی عناصر تهیه می‌شود. منبع اصلی برای تهیه‌ی این پهنه-

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

² Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization.

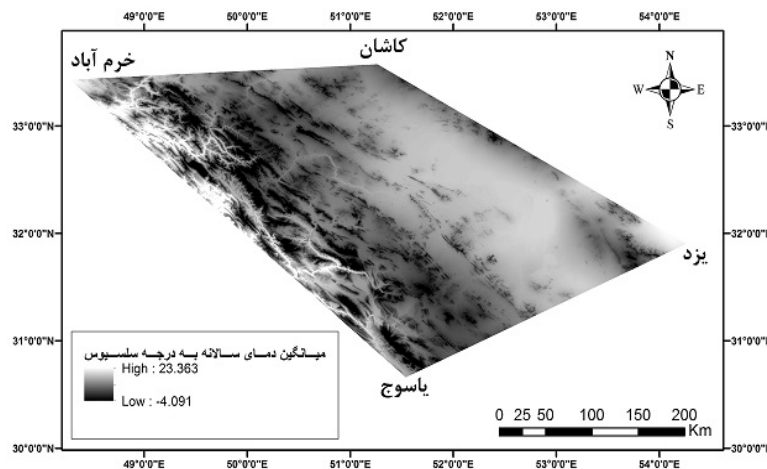
³ Parameter-Elevation regressions on Independent Slopes Model

بندی، داده‌های دمای ۲۲ ایستگاه موجود در منطقه و نقشه‌ی سطوح ارتفاعی منطقه‌ی DEM^۱ است. میانگین ۲۰ سال داده‌های دمای این ایستگاه‌ها (۱۹۸۱- ۲۰۱۰) و ارتفاع آنها، در محیط Excel وارد و آزمون همبستگی اجرا شد. نتایج، رابطه و همبستگی خوبی را بین دما و ارتفاع در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان داد. در شکل ۴، معادله و خط وایازی همبستگی دما و ارتفاع ارائه شده‌است.



شکل ۴: همبستگی بین دما و ارتفاع در ایستگاه‌های منتخب

همان طور که در نمودار بالا مشاهده می‌شود میزان همبستگی بین دما و ارتفاع در سطح اطمینان ۹۵ درصد، بسیار بالا و برابر $R=0.9$ است؛ از این رو با به کارگیری رابطه‌ی $Y=-0.007X+26.814$ ، پهنه‌بندی توزیع دمای هوا برای منطقه انجام و نتایج آن در شکل ۵ ترسیم شد.



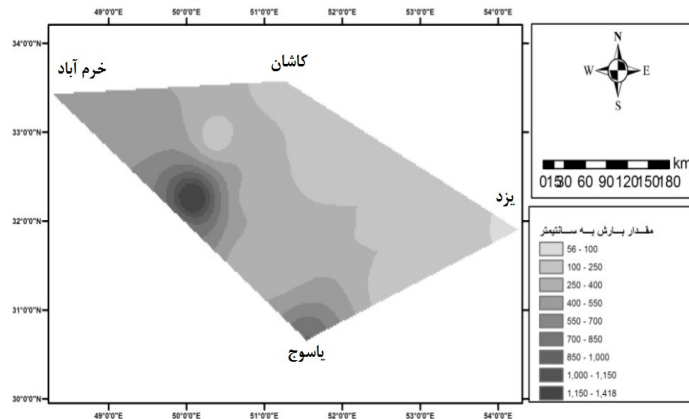
شکل ۵: نقشه‌ی پهنه‌بندی دمای منطقه

ب) پهنه‌بندی بارش

پهنه‌بندی بارش با استفاده از روش PRIMs - که برای دما توضیح داده شد - مشکل است؛ زیرا نواحی کوهستانی دارای الگوهای پیچیده‌ی بارشی هستند و بین بارش و ارتفاع آنها، رابطه‌ی یکسانی وجود ندارد. از سوی دیگر، اطلاعات پژوهشگران از بارش نواحی کوهستانی، بر پایه‌ی اطلاعات ثبت شده در ارتفاعات پایین است و در

¹ Digital Elevation Model

ارتفاعات بالا، اغلب ایستگاهی برای ثبت داده‌های جوی وجود ندارد؛ این وضعیت به پیچیده‌تر شدن مدل‌سازی بارش در این نواحی منجر می‌شود. با توجه به این مسئله، با به کار بردن روش میان‌یابی IDW در محیط سامانه‌ی اطلاعات جغرافیایی، به پهنه‌بندی بارش در محدوده‌ی پژوهش - مطابق شکل ۶ - پرداخته شد.

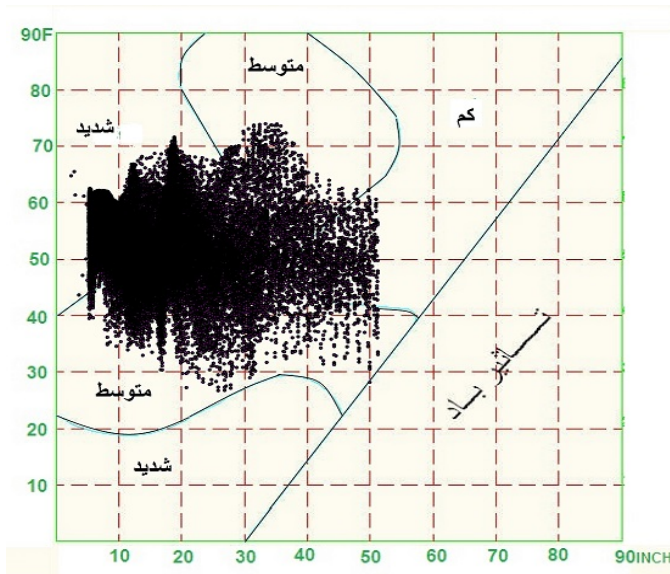


شکل ۶: پهنه‌بندی بارش محدوده‌ی پژوهش به روش IDW

در ادامه، دو نقشه‌ی تهیه شده‌ی دما و بارش - که به صورت رستری هستند - با استفاده از نرم‌افزار ENVI و ابزار Layer Stacking به تصویری دارای ۲ باند تبدیل شد. با این کار، پیکسل‌های هر دو تصویر به صورت منطبق بر هم قرار می‌گیرند. از این تصویر ۲ بانده‌ی، تصویری با فرمت tif استخراج و در نرم‌افزار MATLAB وارد شد. سپس تصویر دو بانده‌ی دما و بارش که به صورت دو ماتریس با ابعاد $124100 \times 340 \times 665$ بود، جدا شد و به ماتریسی که دارای ۴ ستون شامل بارش، دما، طول و عرض جغرافیایی و 124100 ردیف می‌شدند، تبدیل شد. در نهایت، از ماتریس فوق یک خروجی با فرمت TEXT استخراج شد. در واقع با این کار، منطقه‌ی مورد مطالعه به پیکسل‌هایی که هر کدام حدود ۸۰ کیلومتر مربع وسعت دارند، تبدیل شد. در این مرحله، شکل مربوط به تأثیر باد را در نرم‌افزار Arc/GIS10 وارد و با استفاده از ابزار زمین‌مرجع ۱، محدوده‌ی آن به گونه‌ای برای نرم‌افزار تعریف شد که محور افقی تصویر که مربوط به بارش برحسب اینچ است، طول و محور عمودی که مربوط به دمای هوا و برحسب فارنهایت است، عرض جغرافیایی باشد.

سپس ماتریس فوق در نرم‌افزار Arc/GIS10 فراخوانی شد. برای تعیین موقعیت پیکسل‌ها بر روی تصویر (نمودار اثر باد پلتیر)، فراخوانی آنها باید به گونه‌ای باشد که به جای وارد کردن موقعیت واقعی طول جغرافیایی پیکسل‌ها، ستون مربوط به بارش و به جای عرض، ستون مربوط به دما وارد شود. سپس از آن، یک خروجی با فرمت پلیگون نقطه‌ای تهیه شد. با این کار موقعیت هر کدام از پیکسل‌ها براساس دما و بارش آنها، در نمودار فرسایش بادی مشخص می‌شود. شکل ۷ موقعیت پیکسل‌های منطقه را - که در نمودار اثر باد پلتیر جانشانی شده‌اند - نشان می‌دهد.

¹ Georeferencing



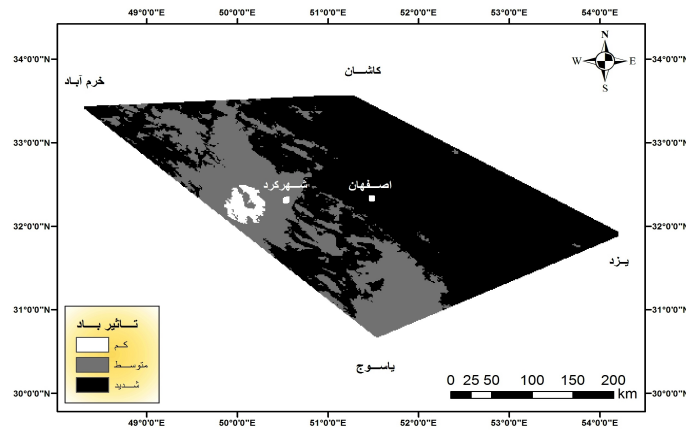
شکل ۷: جانشانی تمامی نقاط (پیکسل‌ها) پهنه‌ی پژوهش در نمودار پلتیر

برای مطالعه‌ی اثر گرمایش جهانی بر میزان فرسایش بادی محدوده‌ی پژوهش، به پیش‌بینی دما و بارش زون‌های پژوهش‌دهنده‌ی این محدوده در سال‌های 2050، 2075 و 2100 پرداخته شد. این امر توسط مدل‌های ECHO-G و CSIRO-30 از مدل اصلی مجیک سنجن صورت گرفت. سپس با انتخاب پیکسل‌های واقع در هر زون تعریف شده توسط مدل مجیک سنجن، دما و بارش پیش‌بینی شده توسط این مدل در سال‌های 2050، 2075 و 2100 برای این پیکسل‌ها اعمال شد و با اجرای مراحل توضیح داده شده، وضعیت فرسایش بادی منطقه پژوهش برای این سال‌ها نیز تعیین شد.

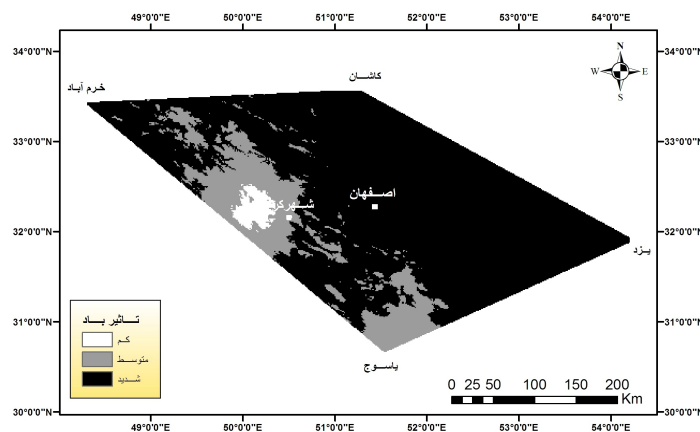
۳- یافته‌ها (نتایج)

نتایج پژوهش نشان می‌دهد که امروزه در مناطق غرب ایران مرکزی که از بارش کم و دمای به نسبت بالایی برخوردار هستند، باد نقش زیادی در فرسایش خاک دارد و بر طبق طبقه‌بندی پلتیر، فرسایش بادی از نوع شدید است؛ در حالی که با گذر از این مناطق به سمت دامنه‌های شرقی کوه‌های زاگرس میانی، از میزان فرسایش بادی کاسته می‌شود و این صورت از فرسایش در این مناطق از نوع متوسط است. در مناطق مرتفع کوه‌های زاگرس که از دمای پایین و بارش به نسبت بالایی برخوردار هستند، باد نقش بسیار کمی در فرسایش خاک‌های این مناطق دارد. در مناطقی از کوه‌های غرب یزد به علت دمای نسبتاً پایین‌تر، شرایط برای ایجاد فرسایش بادی تا حدودی تعدیل می‌یابد و این فرسایش در این مناطق از نوع متوسط است. اما با مشاهده‌ی پهنه‌بندی‌هایی که تحت شرایط گرمایش جهانی، در منطقه‌ی مورد مطالعه طی سال‌های 2050، 2075 و 2100 صورت گرفته‌است (در شکل‌های ۹ تا ۱۱)، محدوده‌هایی گسترش یافته‌اند که فرسایش بادی شدیدی دارند؛ به گونه‌ای که ارتفاعات متوسط کوه‌های زاگرس که در دوره‌ی کنونی جزو مناطق با فرسایش بادی متوسط هستند، در سال‌های پیش‌بینی شده تحت سیطره‌ی فرسایش بادی شدید قرار خواهند گرفت. نکته‌ی قابل توجه دیگر اینکه در ارتفاعات بالای کوه‌های زاگرس به علت یخبندان و بارش به نسبت بیشتر، در دوره‌ی کنونی فرسایش بادی ضعیفی وجود دارد و این پهنه در آینده، با

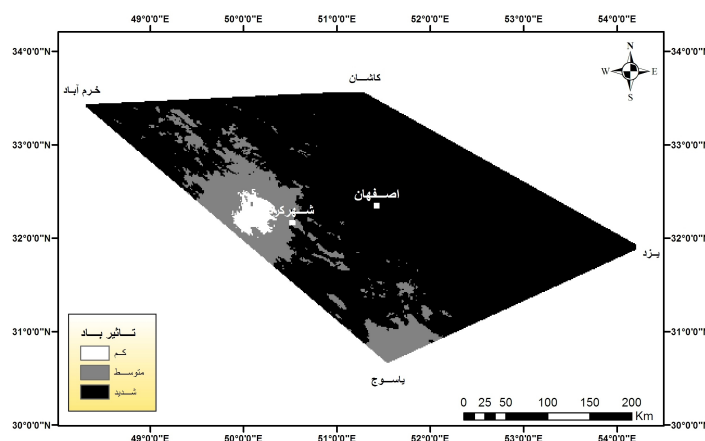
افزایش دما گسترش خواهد یافت. علت آن را می‌توان ایجاد شرایط برای ذوب برف‌ها در ارتفاعات در اثر گرمایش جهانی و مرطوب شدن خاک ناشی از ذوب برف‌ها دانست. جدول شماره ۲ مساحت هر یک از پهنه‌های توصیف شده را نشان می‌دهد.



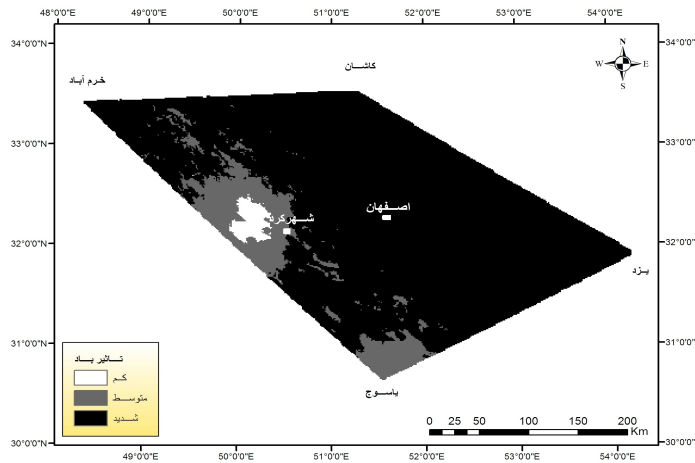
شکل ۸: پهنه‌بندی فرسایش بادی محدودی پژوهش در دوره‌ی کنونی



شکل ۹: پهنه‌بندی فرسایش در اثر فرآیندهای بادی در محدوده‌ی پژوهش سال 2050



شکل ۱۰: پهنه‌بندی فرسایش در اثر فرآیندهای بادی در محدوده‌ی پژوهش سال 2075



شکل ۱۱: پهنه‌بندی فرسایش در اثر فرآیندهای بادی در محدوده‌ی پژوهش سال 2100

جدول ۲: پهنه‌های فرآیندهای بادی محدوده‌ی پژوهش و مساحت پوشش‌دهنده‌ی هر پهنه در دوره‌های کنونی و سال‌های 2050، 2075 و 2100 به کیلومتر مربع

فرآیندهای بادی	کم	متوسط	شدید
دوره‌ی کنونی	۱۲۹۹	۲۵۷۸۰	۶۱۶۶۵
سال 2050	۱۵۲۵	۱۵۱۸۸	۷۲۰۰۰
سال 2075	۱۴۱۸	۱۱۹۳۵	۷۵۳۶۱
سال 2100	۱۳۵۳	۱۰۲۶۶	۷۷۰۹۴

۴- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش به مطالعه‌ی یکی از اثرات گرمایش جهانی یعنی تأثیر آن بر فرسایش‌پذیری خاک ناشی از باد پرداخته شد. ایران به دلیل واقع شدن در کمربند خشک و نیمه خشک کره‌ی زمین، یکی از مناطق مستعد فرسایش ناشی از باد است. این پژوهش نشان داد، مؤلفه‌های اقلیمی که مهمترین آنها دما و بارش است، زمینه‌ی ایجاد فرسایش بادی را در ایران فراهم کرده؛ به طوری که در بخش اعظمی از محدوده‌ی پژوهش یعنی در دشت مرکزی ایران، شرایط ایجاد فرسایش بادی شدید حاکم است و فقط در نقاط مرتفع کوه‌های زاگرس است که به علت بارش بیشتر و دمای کمتر و در نتیجه حفظ رطوبت خاک، باد برای ایجاد فرسایش توانایی چندانی ندارد. همچنین در دامنه‌ی شرقی کوه‌های زاگرس، شرایط ایجاد فرسایش بادی از نوع متوسط است. این پژوهش نشان داد که گرمایش جهانی، می‌تواند نقش زیادی در گسترش پهنه‌هایی داشته باشد که قابلیت فرسایش‌پذیری بادی شدیدی دارد؛ به گونه‌ای که در بخش‌هایی از دامنه‌های شرقی کوه‌های زاگرس که در دوره‌ی کنونی فرسایش بادی متوسطی دارد، در آینده فرسایش ناشی از باد افزایش می‌یابد و شرایطی که در دوره‌ی کنونی برای دشت‌های مرکزی حاکم است؛ یعنی فرسایش بادی شدید، به سمت شرق کوه‌های زاگرس نیز پیشروی می‌کند. از این رو باید در برنامه‌ریزی‌های کاربری زمین و ایجاد زیرساخت‌ها، نوع فرسایش بادی را در دوره‌ی کنونی و دوره‌های آتی در نظر گرفت. به طوری که ملاحظه می‌شود، در سطح زیادی از ایران امکان فرسایش بادی خاک وجود دارد؛ این در حالی است که عمده فعالیت‌های بیابان‌زدایی و مقابله با فرسایش بادی در کشور از قبیل کشت گونه‌های بومی مناطق مختلف، در منطقه‌ی بسیار محدودی صورت گرفته‌است.

منابع

1. Abaspour, K.; Faramarzi, C.; Ghasemi, M.; & H. Yang, 2009. Assessing the impact of climate change on water resources in Iran, *Journal of Water Resources Research*, 45(10): 1-16.
2. Abbasi, F., & M. Asmar, (2011). Forecasting and Assessment of Climate Change over Iran During Future Decades by Using MAGICC-SCENGEN Model. *Journal of Water and Soil*. 25, 70-83. (in Persian).
3. Ahmadi, H.; Khorasani, N.; Karami, M.; & S. Azarkar, 2003. Estimation of wind erosion in arid habitats in Khorasan (Case study: Sarakhs region), *Journal of Environmental Science and Technology*, 5(4), 19-28. (in Persian).
4. Akbarian, M.; Kaboli, S. H.; & N. Moradi, 2013. Comparison of water and wind erosion functions in soil degradation of arid and semiarid lands (Case Study: Dashte-Jeihoon of Khamir County, Hormozgan province), *Journal of Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources*, 65(4), 433-448. (in Persian).
5. Aliyari, M.; Entezari, M.; & SH. Mehrabi, 2014. Dust storm and its effects on human health. The third national Conferences of wind erosion and dust storms, *Scientific association of Management and Control of Iran desert regions*, Yazd, Iran. (in Persian).
6. Bayatmovahed, F., 2011. The status of vegetation in wind erosion control. 1st edition, *Iran Agricultural Science Press publication*, 276 p. (in Persian).
7. Farahmand, H.; Arian, M. A.; Khakzad, A.; & M. Afshar, 2016. Evaluating the effects of climate on weathering processes of rocks based on Peltier models in Kermanshah province, *Journal of Fundamental Applied Science*, 8(2), 784-797.
8. Genedy, N.; Cox, P. M.; Betts, R. A.; Boucher, O.; Huntinford, C.; & P. A. Stott, 2006. Detection of a direct carbon dioxide effect in continental river runoff records, *Journal of Nature*, 439, 835-838.
9. Hashemi, Z.; Javadi, M.; & A. Miri, 2012. Investigation of Wind Erosion Intensity and its sedimentation Potential with use of IFIFR model in Zahak in Sistan va balochestan province, *Quarterly of Science and Technology of Natural Resources*, 6(3), 31-41. (in Persian).
10. Hoseini, S. M.; Ekhtesasi, M.R.; Shahriyari, A. R.; & H. Shafiei, 2010. Study of Current and Potential Desertification Status with Emphasis on Wind Erosion Criterion using MICD Method (Case Study: Niatak Region of Sistan), *Journal of Range and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources*, 63(2), 165-181. (in Persian).
11. Lian, Y. L.; Shang, Y. G.; Pei, j. S.; Xiao, Y. L.; & B. D. Zhi, 2003. Wind tunnel measurement of adobe abrasion by blown sand: profile characteristics in relation to wind velocity sand flux, *Journal of Arid Environment*, 53(3), 351-363.
12. Maghsudi, M.; Khoshakhlagh, F.; Hanafi, A.; & I. Rosta, 2010. Zoning of Stone Weathering Processes, based on Peltier Models in Northwest of Iran, *Physical geography research quarterly*, 42(4), 35-46.
13. Mahmoodabadi, M.; Dehghani, F.; & H. R. Azimzadeh, 2011. Effect of soil particle size distribution on wind erosion rate, *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 1(1), 81-98. (in Persian).
14. Mashhadi, M.; Hanifehpoor, M.; Amiraslani, F.; & Sh. Mohamadkhan, 2016. A Study on The Wind Erosion Potential of Agricultural Lands after Crop Harvesting (Case study: Damghan Region), *Journal of Desert*, 21(2), 133-141.
15. Matinfar, H. R & A. Maleki, (2011). 1st edition. Soil Science. Lorestan university press. 312 p. (in Persian).
16. Mesbahzadeh, T.; Ahmadi, H.; Zehtabian, Gh.; & F. Sarmadian, 2010. Assessment of

Wind Erosion Intensity by IRIFR. E.A Model (Case Study: Abuzeidabad, Kashan), *Journal of Range and Watershed Management*, Iranian Journal of Natural Resources, 63(3), 399-415. (In Persian).

17. Milley, P. C. D.; Dunne, K. A.; & A. v. Vecchia, 2005. Global pattern of trend in streamflow and water availability in a changing climate, *Journal of Nature*, 438, 347-350.

18. Movahedan, M.; Abbasi, N.; & M. Keramati Toroghi, 2013. Experimental investigation of Polyvinyl Acetat effect on wind erosion of different soils by affecting sand particles, *Journal of Water and Soil Conservation*, 20(1), 55-75. (In Persian).

19. Najafi, M. S., 2012. Simulating global warming effects on the occurrence of dust storms and their biological load in the west of Iran, MSc Thesis, Faculty of Geography, University of Tehran, Iran. (in Persian).

20. Roshan, G.; Auojoy, R.; Najafi, M.; & E. Shahkoe, 2011. The prospect of Global warming effect on changes of wheat Degree- Day requirement for different climatic clusters of Iran, *The journal of Regional Planning*, 1(4), 93-108. (in Persian).

21. Safiyari, R.; Sarmadian, F.; Heidari, A.; & Sh. Younesi, 2014. Land vulnerability evaluation related to erosion and climate change impacts in Abyek region with use of Microleis system, *Journal of Range and Watershed Management*, 66(3), 417-431. (in Persian).

22. Samadi, S. Z.; Massahbavani, A.; & M. Mahdavi, 2007. Investigating the Effect of Small Scale Regression Methods on River Flood regime, *Technical Workshop on Climate Change Impacts on Water Resources Management*, pp18. (in Persian).

23. Shaemi, A & M. Habibinokhandan, (2009). Global warming, Biologic- Ecologic outcomes. 1st edition. Tarjomane Kharad pub, Tehran, Iran. 268 p. (in Persian).

24. Schimel, D. S., Grubb, M., Joos, F., Kaufmann, R. K., Moss, R., Ogana, W., Richels R., Wigley, T. M. L. 1997. Stabilization of atmospheric greenhouse gases: physical, biological and socio-economic: IPCC Technical Paper 3 (eds. J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, D.J. Griggs, M. Noguera). Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 52 p.

25. Skidmore, E. L., 2000. Air, soil, and water quality as influenced by wind erosion and strategies for mitigation, In: AGROENVIRON: 216-221. In: Second International Symposium of New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications Proceedings, Tekirdag, Turkey.

26. Shamshiri, S.; Jafari, R.; Soltani, S.; & S. Khajedin, 2014. The effects of dust phenomenon, The third national Conferences of wind erosion and dust storms, Scientific association of Management and Control of Iran desert regions, Yazd. (in Persian).

27. Shamsipour, A. 2013. Climate Modeling: Theory and Method, 2nd edition, University of Tehran press, 307 p. (in Persian).

28. Subramaniam, N & G. P. Chinappa, 2002. Remote sensing and GIS techniques for land degradation assessment due to water erosion: 815-819, In: 17th WCSS, Thailand.

29. Sultan Al-Yahyani & Y. Charabi., (2014). Trajectory Calculation as Forecasting Support Tool for Dust Storms. Hindawi Publishing Corporation. *Advances in Meteorology*. 1-6.

30. Takara, K. S.; Kim, Y.; & E. N. Tachikawa, 2009. Assessing Climate Change Impact on Water resources in the Tone River Basin, Japan, Using Super-High-resolution Atmospheric Model Output, *Jornal of Disaster Research*, 4(1), 12-23.

31. Timothy, A & M. F. Piers, (2010). The transient response of global-mean precipitation to increasing carbon dioxide levels, *Environmental research letters*, 025212(6p).

32. Urdea, P.; & C. Sarbovan, 1995. Morphoclimatic Conditions off The Romanian Carpathians, *Acta Climatologica, Universitatis Szegediensis*, Tom. 28-29: 23-40.

33. Wigley, T. M. L.; Raper, S. C. B.; Hulme, M.; & S. Smith, 2000. The MAGICC/SCENGEN Climate Scenario Generator: Version 2.4, Technical Manual, Climatic

Research Unit, UEA, Norwich, UK, 248 p.

34. Wigley, T. M. L., 1995. MAGICC and SCENGEN: Integrate models estimating regional climate change in response to anthropogenic emissions, *Journal of Studies in Environmental science*, 65, 93-94.

35. Zehtabian, Gh.; Javadi, M. R.; Ahmadi, H.; & H. Azarnivand, 2007. Investigation on effect of wind erosion on increasing of desertification Intensity and presenting of regional desertification model in Mahan basin, *Jornal of Pajouhesh & Sazandegi*, 73, 65-75.

36. Zhang, K.; Qu, J.; Han, Q.; & Z. An, 2012. Wind energy environments and aeolian sand characteristics along the Qinghai–Tibet Railway, China, *Jornal of Sedimentary Geology*, 273–274, 91–96.

Assessing the Effects of Global Warming on the Areas Susceptible to Wind Erosion in the West of Central Plains and the East of Central Zagros Mountains of Iran

Faraamarz Khoshakhlagh: Master assistant in climatology, Geography faculty, University of Tehran, Iran.

Mohamadamin Moradimoghadam¹: Ph.D student in Climatology, Geography faculty, University of Tehran, Iran.

Hosein Mohammadi: Master in climatology, Geography faculty, University of Tehran, Iran.

Mohamadhassan Mahotchi: Ph.D Candidate in climatology, Geography faculty, University of Tehran, Iran.

Article History (Received: 2017/03/02 Accepted: 2017/10/21)

Extended abstract

1- Introduction

Climate change is one of the problems human is facing today, and most of the scientific societies know that it is rooted in the distribution of greenhouse gases. Distribution of greenhouse gases with large volumes and in large spans has been affecting the energy budget and consequently has caused earth rapid temperature increase during the last decades. On the other hand, such a growth of world means temperature has changed the amount, type and spatiotemporal pattern of precipitation and it is forecasted that it will affect the hydrological cycle in the future decades, severely. Different Changes of moisture and thermal components as inputs for the organized systems of nature means that (under present condition which can be called rapid change era) we should wait for the consequences of irreversible human manipulations on the nature. The damages caused by wind erosion on the environment, health and economy are vast. These damages occur at the removal place and also at the places where the particles of soil deposit. Wind erosion entails the loss of soil fertility, the damage to infrastructure and railway lines, the limitation of the life of plant and animal species, the occurrence of severe dust storms and air quality fall, increase in respiratory problems and illnesses, and desertification. Several factors contribute to the erosion of the soil by the wind. For example, to determine the severity of wind erosion in the IRIFR model, 9 different factors are used. The Raizal model, which is a software program, determines the amount of soil erosion in terms of the physical condition of the land, including the soil, climate, and region. A point among all the wind erosion models is that the climate factors are the most effective factors in creating wind erosion. Wind erosion is one of the most important factors in soil erosion in the arid and semi-arid regions. Iran, due to its location in the arid and semi-arid belt of the Earth, is one of the areas that exposed to wind erosion. Most of the researches on wind erosion in Iran have been in the central and desert regions of Iran, whereas other parts of Iran also affected by this phenomenon. One aspect of the climate change includes the changes in soil erosion susceptibility from the wind. If the climate becomes dry, the wind erosion will increase. This study investigated the effects of global warming on the soil erosion caused by the wind in the West Central Plains and the East central Zagros mountains of Iran.

2- Methodology

Wind erosion is a process where soil particles detached from the surface and moved by the wind. Several factors contribute to the creation of wind erodibility including lithology,

¹ Corresponding Author: Moradi.m.a@ut.ac.ir

topography, climate, land use and vegetation. Climate conditions among these factors is the most effective one due to the fact that the climate conditions influence the other factors such as land use, vegetation, and even the surface layers of lithology and topography in the long term. This article focused on climatic aspect of influencing factors on the soil wind erodibility.

The study area was limited to Khoramabad (48.17 E, 33.26 N), Kashan (51.27 E, 33.59 N), Yazd (54.17 E, 31.54 N) and Yasuj (51.41 E, 30.50 N) contexts. Louis Peltier, using two climate indices, i.e. rainfall and temperature, determines the susceptibility of the soil erosion by the wind. For the zoning of the areas susceptible to the wind erosion, Louis Peltier's model used. In order to choose a suitable model for predicting the temperature and precipitation values under the effects of global warming, MAGICC SCENGEN model used. This composite model used for evaluating the climate change due to the greenhouse gases.

3-Results

The results showed that in the regions of the West Central plains of Iran in the current period which had low rainfall and relatively high temperature, the wind plays an important role in the soil erosion. According to Peltier's classification, wind erosion is severe in these areas. While passing through these areas to the eastern slopes of the central Zagros Mountains, the rate of wind erosion reduced. In these areas, the wind erosion is moderate. In the highlands of the Zagros Mountains, undergoing low temperature and relatively high rainfall, the wind has very little role in the erosion of the soil. The results also showed that due to global warming, the areas with severe wind erosion would expand.

4- Discussion and Conclusion

Because Iran is located in the arid and semi-arid belt of the Earth, it can be regarded as one of the areas susceptible to wind erosion. This study indicated that the climate factors, the most important of which are temperature and rainfall, have created the conditions for wind erosion in Iran. Wind erosion is so severe in the large parts of the study area. Only in the highlands of the Zagros Mountains, due to higher rainfalls and lower temperatures and thus maintaining the soil moisture, the wind cannot cause soil erosion. This study showed that global warming could play a major role in the development of the regions where the wind erosion is severe. Hence, in land use and infrastructure planning, the type of the wind erosion in the current period as well as in the future periods must be taken into account.

Key Words: Central plain, Zagros Mountains, Global Warming, Peltier's model, Wind Erosion