

پیش بینی تغییرات تخریب اراضی در کانون بحرانی ریزگردی تحت تاثیر پدیده تغییر اقلیم (مطالعه موردی: کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز)

مریم باران پور^۱، بیژن خلیلی مقدم^۲، امین ذرتی پور^{۳*}، محسن باقری بداغ آبادی^۴

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۲)

چکیده

تغییر اقلیم پدیده پیچیده اتمسفری- اقیانوسی در مقیاس جهانی است. این پدیده توزیع نامناسب عوامل آب و هوایی، کاهش کیفیت منابع آب و خاک و در نهایت فرسایش و تخریب اراضی را به همراه دارد. این مطالعه با هدف پیش‌بینی اثرات تغییر اقلیم در روند تخریب اراضی و توسعه کانون ریزگردی، در کانون ریزگرد جنوب شرق خوزستان انجام گرفت. لذا از مدل‌های سه بعدی جفت شده اقیانوسی- اتمسفری AOGCM با نام HadCM3، برای شبیه سازی متغیرهای اقلیمی دما، باد، بارش و تبخیر و تعرق؛ تحت سناریوهای انتشار B2 و A2 استفاده گردید. به منظور ریزمقیاس‌نمایی داده های اقلیمی روزانه، از مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM و همچنین برای شبیه سازی روند تخریب اراضی، از مدل مدالوس اصلاح شده استفاده شد. نتایج بررسی سناریوهای مختلف تغییر اقلیم نشان داد که میزان بارش در دوره آتی نسبت به دوره پایه تحت سناریوی A2 به میزان ۶/۴ درصد افزایش و تحت سناریوی B2 به میزان ۴/۸ درصد افزایش می‌یابد. هر دو سناریو به طور مشترک روندی افزایشی را برای دمای منطقه برای هر دو دوره، پیش‌بینی کردند. اما شیب این افزایش تحت سناریوی A2 بیشتر از B2 بود. نتایج نشان داد که با توجه به تغییرات بارش و دما، مقدار تبخیر و تعرق در دوره آتی نسبت به دوره پایه تحت سناریوی A2 افزایشی معادل ۱۴/۳ درصد و تحت سناریوی B2 نیز افزایشی معادل ۹/۱ درصد خواهد داشت. بیشترین همبستگی مقادیر مدل‌سازی شده و مشاهده شده در پارامترهای بارش و دما (بین ۸۶ درصد تا ۹۸ درصد در تمامی مدل‌ها) بدست آمد. در نهایت تحقیق نشان داد در واحدهای اراضی کانون ریزگرد جنوب شرقی اهواز، به طور متوسط تخریب اراضی در دوره آتی نسبت به دوره پایه تحت سناریوی B2 افزایشی به میزان ۲/۶۳- ۱/۶ درصد و تحت سناریوی A2 نیز به میزان ۲/۹۴-۲/۳۴ درصد خواهد داشت. بنابراین، میزان تخریب اراضی در این منطقه تا حدودی متاثر از تغییر سناریوهای تغییرات اقلیم است. لذا علیرغم تایید وجود پدیده تغییر اقلیم در کانون جنوب شرق اهواز، به نظر می‌رسد، عوامل دیگری نظیر عوامل مدیریتی و انسانی همچون توسعه تغییرات کاربری اراضی، تشدید فعالیت‌های انسانی در منطقه مورد مطالعه نقش بارزتری نسبت به تغییرات اقلیمی ایفا کرده اند.

واژه های کلیدی: مدل اقلیمی، تخریب اراضی، مدالوس اصلاح شده، کانون ریزگرد، اهواز.

باران پور، م^۱، خلیلی مقدم، ب^۲، ذرتی پور، ا^۳، باقری بداغ آبادی، م^۴، ۱۴۰۱. پیش بینی تغییرات تخریب اراضی در کانون بحرانی ریزگردی تحت تاثیر پدیده تغییر اقلیم (مطالعه موردی: کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز). تحقیقات کاربردی خاک.

جلد ۱۰، شماره ۴، صفحه: ۲۵-۴۴.

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۳-استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

۴-استادیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

* پست الکترونیک: Zoratipour@asnrukh.ac.ir

مقدمه

تغییر اقلیم، تغییرات رفتار آب و هوایی یک منطقه نسبت به رفتاری که در طول یک افق زمانی بلندمدت همان منطقه ایجاد شده است. تغییرات اقلیمی در بعضی موارد می‌تواند منجر به ایجاد تغییر در میزان، شدت و پراکنش بارندگی‌ها شده، که علاوه بر تاثیر بر منابع آب، موجب افزایش میزان فرسایش خواهد شد. فرسایش خاک طی چند دهه اخیر به عنوان یکی از مهم‌ترین مسائل اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی جهان مطرح بوده است. تغییر اقلیم نیز به عنوان یکی از عوامل تاثیرگذار بر روی شدت و گسترش فرآیند بیابانزایی و تخریب اراضی از جانب بسیاری از دانشمندان علوم مختلف و از زوایای گوناگون مورد توجه و دقت قرار گرفته است؛ به طوری که تغییرات در میزان آلودگی سطح زمین به سبب تغییرات ویژگی‌های پوششی سطح زمین، اثر نقش افزایش گرد و غبارهای معدنی بر کاهش میزان قابلیت بارندگی ابرها (Shukla *et al.*, 2015) و رابطه بین بیابانزایی و خشکسالی (Akbar *et al.*, 2013) از جمله آن موضوعات می‌باشد. Teimouri & Bazrafshan (2021)، مطالعه‌ای به منظور پیش بینی تاثیر سناریوهای اقلیمی بر میزان فرسایش و رسوب حوزه کندران با استفاده از مدل SDSM انجام دادند. در این مطالعه با هدف برآورد فاکتور فرساینده‌ی باران تحت سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5، برای دو دوره زمانی، به پیش بینی فرسایش و رسوب با مدل RUSLE پرداختند. نتایج حاصل حاکی از افزایش بارش و بالتبع افزایش فاکتور فرساینده‌ی باران داشت. که منجر به افزایش میزان فرسایش ویژه از نوع ۹/۶۸ تن درهکتاردرسال به ۱۰/۲۳ تن درهکتاردرسال خواهد داشت. (Zare *et al.*, 2016) در پژوهشی به شبیه سازی و پیش بینی فرسایش خاک تحت تاثیر سناریوهای تغییر اقلیمی در آبخیز کسلیان پرداخته شد. در این مطالعه برای پیش بینی تغییرات اقلیمی در میزان فرسایش و رسوب با استفاده از مدل RUSLE استفاده شد. نتایج نشان داد که فاکتور فرساینده‌ی بارندگی تاثیر مستقیمی بر فرسایش و تغییرات اقلیمی دارد. به طوری که با افزایش ۱۰ تا ۳۵ درصد فاکتور فرساینده‌ی باران فرسایش خاک، به میزان ۱۰ تا ۳۲ درصد سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۰ افزایش خواهد یافت. (Li *et al.*, 2016) در پژوهش خود به بررسی تأثیر پدیده تغییر اقلیم بر دبی حوضه آبریز بزرگ واقع در انتاریوی کانادا پرداختند. آن‌ها در این تحقیق از مدل

هیدرولوژیکی HIM و مدل اقلیمی PRECIS تحت دو سناریوی A2 و B2 استفاده کردند. نتایج ایشان نشان داد که در حوضه مورد مطالعه، دما در دوره آتی (۲۰۷۱-۲۱۰۰) نسبت به پایه (۱۹۷۲-۲۰۰۶) افزایش و میزان بارش در دوره آتی نسبت به دوره پایه در فصل زمستان و بهار افزایش و در فصل تابستان کاهش می‌یابد. به دنبال این تغییرات میزان آب در دسترس در حوضه آبریز مورد مطالعه در دوره آتی نسبت به دوره پایه در فصل زمستان افزایش و در فصل تابستان کاهش می‌یابد. (Adem *et al.*, 2016) استفاده از مدل هیدرولوژیکی SWAT و مدل اقلیمی HADCM3 تحت دو سناریوی A2 و B2 تأثیر تغییر اقلیم بر میزان رسوب در بالادست حوضه آبریز Blue Nile واقع در اتوپیا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که میزان رسوب در سه دوره آتی ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۰۹۹-۲۰۷۱ تحت سناریوی A2 به ترتیب به میزان ۱۱/۳، ۱۶/۳ و ۲۱/۳ درصد و تحت سناریوی B2 به ترتیب به میزان ۱۱، ۱۴/۳ و ۱۱/۳ افزایش می‌یابد. افزایش رسوب به دلیل افزایش جریان رودخانه تحت تأثیر تغییر اقلیم در همه دوره زمانی آینده بوده است. اکبر و همکاران (Abkar *et al.*, 2013) به بررسی کارایی مدل SDSM در شبیه سازی شاخص‌های دمایی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران پرداختند. در این تحقیق از آمار ایستگاه سینوپتیک کرمان به عنوان نماینده مناطق خشک جنوب شرق کشور و دو مدل گردش عمومی جو HadCM3 و CGCM تحت دو سناریوی A2 و B2 استفاده گردید. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مدل SDSM توانایی لازم برای شبیه سازی شاخص‌های دمایی را دارد. همچنین استفاده از داده‌های مدل HadCM3 نسبت به داده‌های مدل CGCM نتایج بهتری را ارائه می‌دهد. بر اساس داده‌های این مدل میزان افزایش میانگین دمای سالانه برای دوره‌های (۲۰۳۹-۲۰۱۰)، (۲۰۶۹-۲۰۴۰) و (۲۰۸۹-۲۰۷۰) نسبت به دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) به ترتیب ۱/۵، ۲/۸ و ۴/۵ درجه سانتی گراد است. شوکلا و همکاران (Shukla *et al.*, 2015)، به بررسی ریزمقیاس نمایی آماری بارش و دما با استفاده از مدل SDSM تحت سناریوی A2 و مدل گردش عمومی جو HadCM3 در منطقه کانال ایندیرو ساگار در هند پرداختند. در این تحقیق دوره آماری ۲۰۰۱-۱۹۷۱ به عنوان دوره پایه و سه دوره (۲۰۳۹-۲۰۱۰)، (۲۰۶۹-۲۰۴۰) و (۲۰۹۹-۲۰۷۰) به عنوان دوره آینده در

اندکی به پیش‌بینی و بررسی پدیده تغییر اقلیم بر فرسایش بادی و تخریب اراضی خشک انجام گرفته است. پس باتوجه به توسعه تغییرات کاربری اراضی و خشکسالی های پی درپی، تخریب اراضی و فرسایش و رسوب در کانون ریزگردی استان خوزستان اجتناب ناپذیر است. از این‌رو در این پژوهش به شبیه‌سازی و پیش‌بینی روند تخریب اراضی و توسعه کانون‌های ریزگردی با استفاده مدل مدالوس اصلاح شده و همچنین بررسی تأثیر پدیده تغییر اقلیم بر توسعه کانون ریزگردی با استفاده از مدل اقلیمی و سناریوهای مختلف پرداخته خواهد شد.

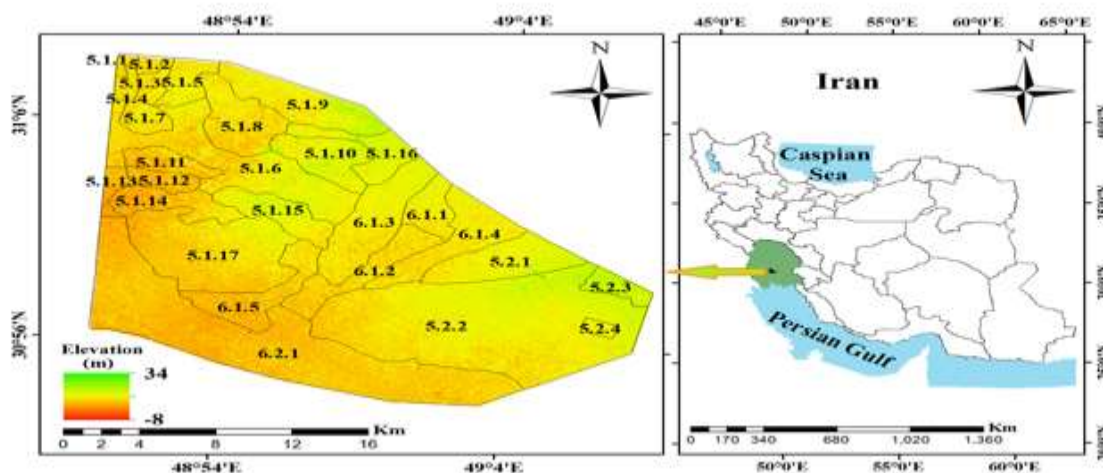
مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز از فاصله حدود ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی اهواز آغاز و در امتداد بزرگراه اهواز-ماهشهر در مختصات جغرافیایی ۴۷'، ۴۸°، تا ۱۷'، ۴۹° طول شرقی و ۴۵'، ۳۰° تا ۱۵'، ۳۱° عرض شمالی ادامه می یابد (شکل ۱). محدوده مورد مطالعه به مساحت ۱۱۳۳۴۵ هکتار شامل مستثنیات به مساحت ۲۲۸۹۷ هکتار و اراضی ملی شامل عرصه‌های بیابانی و مرتعی به مساحت ۸۷۳۷۰ هکتار است. بر اساس آمار مربوط به نزدیکترین ایستگاه باران‌سنج به منطقه (ایستگاه اهواز)، متوسط بارش این منطقه در بلندمدت تقریباً ۲۱۸ میلی‌متر می‌باشد. علاوه بر آن طبق بررسی تغییرات دما از آمار ایستگاه سینوپتیک اهواز، حداکثر و حداقل دمای میانگین بلندمدت به ترتیب ۳۳/۴ و ۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد و متوسط دمای بلندمدت سالانه ۲۶/۶ درجه سانتی‌گراد است. منطقه مورد مطالعه بر اساس فاکتورهای کاربری اراضی، توپوگرافی، و سازندهای زمین‌شناسی به ۲۷ واحد تقسیم شده است (Abbasi, 2021).

نظر گرفته شد. نتایج نهایی نشان داد که در دوره آینده ۲۰۱۰-۲۰۹۹، مدل SDSM افزایش میانگین بارش سالانه و میانگین دمای سالانه را در ایستگاه مورد نظر برآورد می‌کند. پیش‌بینی می‌شود که میانگین دما از ۱/۵۰ درجه سانتی‌گراد به ۲/۵۰ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا کند و میانگین بارش روزانه در ماه ژوئیه از ۰/۵۹ درصد به ۲/۰۹ درصد و در ماه اگوست از ۰/۷۹ درصد به ۱/۱۹ درصد افزایش خواهد داشت (Shah Naghi et al., 2011). لامکادم و همکاران (Lamqadem et al., 2018)، ۱۳ شاخص ارزیابی تخریب زمین را در چهار گروه کیفیت خاک، کیفیت اقلیم، کیفیت پوشش گیاهی و کیفیت مدیریت دسته‌بندی نمودند و بر اساس مفاهیم حاکم بر روش مدالوس وضعیت تخریب زمین منطقه‌ای واقع در موروکو را ارزیابی کردند. نتایج بیان‌گر این بود که حدود ۱۷ درصد منطقه در وضعیت با حداقل تخریب قرار دارد. همچنین ۵۰ درصد منطقه در وضعیت حساس و بسیار حساس به تخریب دسته‌بندی شد. نتایج نشان داد که عوامل اقلیمی و انسانی مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در تخریب منطقه بوده‌اند. مومیروویچ و همکاران (Momirovic et al., 2019)، با استفاده از روش مدالوس و مبتنی بر چهار معیار کیفیت اقلیم، کیفیت خاک، کیفیت پوشش گیاهی و کیفیت مدیریت به ارزیابی تخریب اراضی منطقه‌ای واقع در صربستان پرداختند. پس از محاسبه معیارهای مورد بررسی، نتایج حاصل از تلفیق هندسی آن‌ها نشان داد که به ترتیب حدود ۴۲، ۲۲، ۸ و ۱۰ درصد از منطقه به ترتیب در طبقات بحرانی، شکننده، دارای پتانسیل تخریب و بدون تخریب دسته‌بندی شد. همچنین مشخص شد که معیارهای پوشش گیاهی و مدیریت بیش‌ترین تأثیر را در تخریب منطقه مورد مطالعه داشته‌اند.

عموم مطالعات انجام شده، بیشتر در زمینه ارتباط بین تغییرات اقلیم با پدیده فرسایش آبی بوده است و مطالعات



شکل ۱- نقشه اجزاء واحد اراضی در منطقه جنوب شرقی اهواز (5: دشت رسوبی، 6: اراضی پست)

Figure 1. Map of the components of the land unit in the southeastern region of Ahvaz (5: Flood Plain, 6: Low land)

۳/۷۵ درجه طول جغرافیایی است، طراحی شده است. HadCM3 از دو مولفه جوی و اقیانوسی به نام های HadAM3 (مدل جوی) و HadOM3 (مدل اقیانوسی) که دارای یک مدل یخ-دریا نیز می باشد، تشکیل شده است (Adem *et al.*, 2016). این مدل نیازی به تنظیمات شار سطحی (شار مصنوعی اضافی برای سطوح اقیانوس) برای بهبود شبیه سازی ندارد. شبیه سازی بر مبنای تقویم سال ۳۶۰ روزه و ماههای ۳۰ روزه انجام می شود. بالابودن قدرت تفکیک مولفه اقیانوسی و هماهنگی بین مولفه های جوی و اقیانوسی، از مزایای دیگر این مدل است.

مدل ریز مقیاس نمایی آماری SDSM^۱ و مدل آماری ریز مقیاس نمایی SDSM^۲، توسط ویلیبی و داوسون^۳ (۲۰۰۷) به عنوان ابزاری برای ریزمقیاس کردن به روش آماری توسعه یافته طراحی گردید. مبنای این مدل رگرسیون چند متغیره است و برای ریزمقیاس نمایی پارامترهای اقلیمی چون بارش و دما در دراز مدت با توجه به سیگنال های بزرگ مقیاس اقلیمی استفاده می شود. در این مدل برای هر ماه از سال یک مدل رگرسیون خطی چند متغیره بین متغیرهای پیش بینی کننده بزرگ مقیاس منتخب (متغیرهای مستقل) و متغیر پیش بینی شونده (بارش و یا دما)، به عنوان متغیر وابسته، تدوین می گردد. پیش بینی کننده های متغیرهای هواشناسی مناسب با استفاده از تحلیل های همبستگی بین متغیرهای پیش بینی

روش تحقیق

به منظور بررسی پدیده تغییر اقلیم در منطقه مورد مطالعه از خروجی مدل آماری اقلیمی HadCM3 در دو دوره ی آینده نزدیک (۲۰۰۲-۲۰۴۲) و آینده دور (۲۰۴۳-۲۰۸۳) تحت دو سناریوی تغییر اقلیم B2 یا RCP2.6 (واداشت تابشی به میزان ۲/۶ وات بر متر مربع در سال ۲۱۰۰) برابر سناریوی خوش بینانه و A2 یا RCP8.5 (واداشت تابشی به میزان ۸/۵ وات بر متر مربع در سال ۲۱۰۰) برابر سناریو بدبینانه استفاده شد. خروجی های این مدل شامل دمای متوسط، کمینه، دمای بیشینه، بارش و سرعت باد می باشند. جهت بررسی کارایی مدل های اقلیمی انتخاب شده، داده های بارش و دما حاصل از خروجی یکپایک مدل های اقلیمی با داده های بارش و دمای دوره پایه ۱۹۶۱-۲۰۰۱ مقایسه شدند. سپس جهت بررسی تغییرات داده های بارش و دما حاصل از خروجی مدل های اقلیمی تحت دو سناریوی اقلیمی در دوره آتی به عنوان ورودی مدل مدلوس استخراج شدند. پس از شبیه سازی تخریب اراضی در دوره آتی مقادیر آن با دوره پایه مورد بررسی قرار گرفت.

مدل اقلیمی HadCm3

HadCm3 از نوع مدل های گردش عمومی جفت شده جوی- اقیانوسی (AOGCM) است که در مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلیس طراحی شده است. قدرت تفکیک این مدل، در شبکه های با ابعاد ۲/۷۵ درجه عرض جغرافیایی و

3 Wilby & Dowson

1 Atmosphere-Ocean General Circulation Model
2 Statistical Down Scaling Model

دور (۲۰۴۳-۲۰۸۳) اجرا گردید. همچنین از دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۱ (داده های مشاهداتی) برای واسنجی و کالیبره کردن مدل و سپس کل همین دوره برای صحت سنجی مدل استفاده گردید. نتایج به دست آمده از مدل ها با مقادیر مشاهده شده مقایسه و نحوه عملکرد مدل ارزیابی شد.

معیارهای ارزیابی مدل

به منظور ارزیابی عملکرد مدل SDSM از آماره های ضریب تبیین (R^2)، ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین مطلق خطا (MAE) که از روابط زیر به دست می آیند، استفاده شد:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - o_i)^2}{n}} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |p_i - o_i|}{n} \quad (2)$$

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})]^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (3)$$

در روابط بالا، O_i و P_i به ترتیب مقادیر تخمین زده شده و مشاهداتی؛ و \bar{O} و \bar{P} به ترتیب میانگین مقادیر مشاهداتی و تخمین زده شده می باشد. خان (Khan., 2006)، پیشنهاد نمود که MAE و RMSE می توانند به عنوان معیارهایی که هر دو ویژگی، انحراف و دقت برآورد را در بردارند، استفاده و نیز برای مقایسه دقت عمل عامل ها به کار می روند. هر چه میزان MAE و RMSE کمتر باشد، نشان دهنده کارایی بیشتر مدل در برآورد آن می باشد. ضریب تبیین (R^2) معیاری بدون بعد است و بهترین مقدار آن برابر یک می باشد. مقدار شاخص ضریب همبستگی در دامنه $[-1, 1]$ تغییر می کند. مقدار یک نشان دهنده همبستگی کامل خطی مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده و مقدار منفی یک نشان دهنده همبستگی معکوس خطی بین مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده است. همچنین، مقدار صفر این شاخص نشان می دهد که مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده هیچ گونه همبستگی معنادار ندارند. بنابراین، هر چه مقدار این شاخص به یک نزدیک تر باشد، مقادیر شبیه سازی شده دارای همبستگی بیشتری با مقادیر مشاهداتی هستند و صحت نتایج بیشتر است. روش انجام تحقیق در شکل (۲) ارائه شد.

مدل مدالوس اصلاح شده^۱

کننده، همبستگی جزئی بین پیش بینی کننده ها و پیش بینی پیش بینی شونده ها و همچنین با توجه به حساسیت فیزیکی میان پیش بینی کننده ها و پیش بینی شونده ها، در محدوده حوضه مطالعاتی، انتخاب می شوند (ویلیبی و داوسون، ۲۰۰۷). نرم افزار SDSM، کار ریزمقیاس نمایی آماری سری های روزانه آب و هوا را به هفت فرآیند مجزا تقسیم می کند (مشکاتی، ۲۰۱۵)؛ که شامل، کنترل کیفی و تبدیل داده ها، غربال گری متغیرهای پیش بینی کننده، واسنجی مدل، تولید داده های آب و هوا (با استفاده از پیش بینی کننده های مشاهده شده)، تحلیل های آماری، ترسیم خروجی مدل و تولید سناریوی (با استفاده از پیش بینی کننده های مدل اقلیم) است. خروجی های این مدل شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، دمای متوسط، بارش، تبخیر و سرعت باد می باشند. تولید داده های مدل SDSM در سه مرحله کلی انجام می شود، که عبارتند از: واسنجی کردن، ارزیابی و صحت سنجی و ایجاد داده های هواشناسی (داده های مصنوعی) به شرح زیر است:

واسنجی کردن مدل

این مرحله دربرگیرنده تمام پارامترهای لازم برای تولید داده های مصنوعی است. در مرحله واسنجی کردن مدل، داده های تهیه شده دوره پایه را برای ایستگاه شرق اهواز پردازش کرده؛ داده ها برای ورود به مدل آماده شده و در نهایت پارامترها در مقیاس روزانه شبیه سازی شدند.

ارزیابی مدل

گام دوم در اجرای مدل ها، ارزیابی مدل است. در این مرحله باید تعیین شود که آیا این مدل برای تولید داده های تصادفی در مکان مورد مطالعه مناسب است یا خیر؟

تولید داده های مصنوعی

بعد از کالیبره کردن و ارزیابی دقت مدل باید پارامترهای هواشناسی تولید شوند. برای تولید داده های آب و هوای مصنوعی نیاز به یک سناریوی اقلیمی (به طور مثال سناریوی A_2 و B_2) است. در این مرحله تولید داده های مصنوعی، می تواند برای دوره های آتی ریزمقیاس شده و تولید داده های مصنوعی انجام شود. در این مطالعه شبیه سازی داده های مصنوعی متغیرهای اقلیمی شامل دما، باد و بارش در دو دوره، آینده نزدیک (۲۰۰۲-۲۰۴۲) و آینده

کدام از اجزاء واحدهای اراضی انجام شد. سپس نمونه‌ها به منظور مطالعات آزمایشگاهی به آزمایشگاه منتقل شده و هوا خشک شدند و شاخص‌های مورد نظر به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری و محاسبه شدند. بافت خاک از طریق روش هیدرومتری (گی و بادرا، ۱۹۸۶)، شوری با شوری‌سنج (رودس، ۱۹۸۲)، pH با پهاش‌سنج (مکلین، ۱۹۸۲)، مواد آلی با روش سوزاندن تر و خشک (نیلسون و سومر، ۱۹۸۲) و فرسایش‌پذیری خاک به وسیله تونل بادی (خلیلی‌مقدم و همکاران، ۲۰۱۵) اندازه‌گیری شد. سپس امتیاز هر شاخص با توجه به نظر کارشناس بر اساس جدول (۱)، به دست آمد و امتیاز معیار کیفیت خاک محاسبه شد (Momirovic et al., 2019).

در این پژوهش برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر تخریب اراضی از روش مدالوس اصلاح شده (Momirovic et al., 2019; Poornazari et al., 2021)، با چهار معیار کیفیت خاک، کیفیت اقلیم، کیفیت پوشش گیاهی و کیفیت مدیریت زمین استفاده گردید، که هر معیار نیز دارای شاخص‌های متعددی می‌باشد. در ادامه توضیحات مربوط به هر معیار و نحوه محاسبه آن ارائه شده است.

معیار کیفیت خاک

معیار کیفیت خاک منطقه با استفاده از هشت شاخص بافت، ساختمان، عمق، وضعیت زهکشی، هدایت الکتریکی، مواد آلی، نسبت جذب سدیم و فرسایش‌پذیری خاک ارزیابی شد. بدین منظور در این پژوهش ابتدا نمونه‌برداری در هر

جدول ۱- امتیازدهی شاخص‌های معیار کیفیت خاک

Table 1. Scoring of soil quality criteria

Row	Index	Class	Description	Score
1	(soil texture)	1	L, SCL, SL, LS, CL	100-125
		2	SC, SiL, SiCL	125-150
		3	Si, C, SiC	150-175
		4	S	175-200
2	(Soil structure)	1	(granular)	100-135
		2	(Block-prism)	135-170
		3	(platy and massive)	170-200
3	Soil Depth(cm)	1	(More than 75)	100-125
		2	30-75	125-150
		3	15-30	150-175
		4	15>	175-200
4	Soil permeability (cm hr ⁻¹)	1	>12	100-125
		2	6-12	125-150
		3	0.5-6	150-175
		4	<0.5	175-200
5	Electrical conductivity (dS m ⁻¹)	1	0-8	100-120
		2	8-16	120-140
		3	16-32	140-160
		4	32-100	160-180
		5	100<	180-200
6	Organic matter (%)	1	3<	100-125
		2	1-3	125-150
		3	0/5-1	150-175
		4	0/5>	175-200
7	Sodium absorption ratio (SAR)	1	15>	100-125
		2	15-40	125-150
		3	40-100	150-175
		4	100<	175-200
8	Soil erodibility (gm ⁻² .min)	1	0/17>	100-135
		2	0/93-0/17	135-170
		3	0/93<	170-200

C, clay; CL, clay loam; EC, electrical conductivity; L, loam; LS, loamy sand; OM, organic matter; SAR, sodium absorption ratio; SCL, sand clay loam; Si, silt; SiCL, silty clay loam; SiL, silty loam; SL, sandy loam; SC, sandy clay; SiC, silty clay; S, sand.

معیار کیفیت اقلیم

با توجه به داده‌های ایستگاه هواشناسی و مطالعات صحرایی، شاخص‌های ارائه شده در جدول (۲) اندازه‌گیری شدند. سپس برای هر شاخص وزن‌دهی با توجه به نظر کارشناس انجام شد و در نهایت امتیاز برای معیار کیفیت اقلیم تعیین شد. داده‌های جدول (۲)، از سازمان هواشناسی و ایستگاه‌های سینوپتیک استان خوزستان جمع‌آوری و در یک دوره آماری بلندمدت ۴۰ ساله، نزدیک به زمان حاضر به‌عنوان دوره آماری مشترک انتخاب شد. از این‌رو برای

پهنه‌بندی ویژگی‌های اقلیمی از روش کوکریجینگ نقشه رستری کانون از نقشه رستر استان برش داده شد (Abbasi, 2021). بر اساس روش طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن، استان خوزستان در سه طبقه اقلیمی نیمه خشک گرم، خشک گرم، و فراخشک گرم واقع شده است. بیش از نیمی از مساحت استان خوزستان در طبقه اقلیمی فراخشک گرم قرار دارد و تمام کانون‌های گرد و غبار و از جمله جنوب شرق اهواز دارای اقلیم فراخشک گرم می‌باشد (Abbasi, 2021).

جدول ۲- امتیازدهی شاخص‌های معیار کیفیت اقلیم

Table 2. Scoring of climate quality criteria

Row	Index	Class	Description	Score
1	precipitation(mm)	1	150-188	100-135
		2	130-155	135-170
		3	110-130	170-200
2	Evaporation(mm)	1	1500>	100-135
		2	1500-2000	135-170
		3	2000<	170-200
3	Drought index	1	40<I	100-135
		2	20<I<40	135-170
		3	20>I	170-200
4	Wind erosion threshold (m s ⁻¹)	1	13/6<	100-135
		2	5/5-13/6	135-170
		3	5/5>	170-200

معیار کیفیت پوشش گیاهی

با توجه به منطقه مطالعاتی موارد ذکر شده در جدول (۳) به‌عنوان شاخص‌های مورد بررسی برای ارزیابی کیفیت پوشش گیاهی کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز در نظر

گرفته شدند. بدین‌منظور ابتدا شاخص‌های درصد پوشش گیاهی، نوع پوشش گیاهی و حفاظت در برابر فرسایش به‌دست آمد. سپس معیار کیفیت پوشش گیاهی در هر جزء واحد اراضی، با توجه به نوع پوشش غالب و درصد پوشش گیاهی، ارزیابی شد.

جدول ۳- امتیازدهی شاخص‌های معیار کیفیت پوشش گیاهی

Table 3. Scoring of quality criteria for vegetation quality

Row	Variable	Class	Description	Score
1	Protection against erosion	1	Gardens and orchards, evergreen rangelands	100-125
		2	Permanent grasslands and rangelands	125-150
		3	Annual agricultural crops, cereals and annual grasslands	150-175
		4	Bare land	175-200
2	Resistance to drought	1	Gardens and orchards, evergreen rangelands	100-125
		2	Permanent grasslands and rangelands	125-150
		3	Annual agricultural crops, cereals and annual grasslands	150-175

3	Vegetation percentage	4	Bare land	175-200
		1	50<	100-125
		2	35-50	125-150
		3	10-35	150-175
		4	10>	175-200

شاخص‌ها انجام گرفت. سپس معیار کیفیت مدیریت نیز بر اساس شدت کاربری و سیاست‌های مدیریتی برای حفاظت از بخش‌های مختلف کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز مطابق با جدول (۴) ارزیابی شد.

معیار کیفیت مدیریت
ابتدا نوع کاربری زمین منطقه مشخص شد. برای هر نوع کاربری شاخص‌های متناسب با آن تعیین شد و با توجه به بازدهی‌های صحرایی و گزارش‌های موجود، امتیازدهی

جدول ۴- امتیازدهی شاخص‌های معیار کیفیت مدیریت

Table 4. Scoring of quality management criteria

Row	Variable	Class	Description	Score
1	Land use intensity	1	Forest	100-125
		2	Rangeland	125-150
		3	Agricultural land	150-175
		4	Bare land	175-200
2	Management policies	1	Adequate protected	100-125
		2	Moderate protected	125-150
		3	Low protected	150-175
		4	No protected	175-200

طریق رابطه (۵)، محاسبه و امتیاز مربوط به شدت بیابان‌زایی تعیین شد. پس از محاسبه این امتیاز، کلاس وضعیت فعلی بیابان‌زایی، با توجه به جدول ۵، تعیین شد. به‌طور کلی برای ارزیابی شاخص‌های اصلی مورد استفاده در پژوهش حاضر، ۴ طبقه یا درجه شدت تخریب زمین در کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز شامل خفیف، متوسط، شدید و بسیار شدید در نظر گرفته شد (Momirovic *et al.*, 2019).

$$W_X = (W_S \times W_C \times W_V \times W_M)^{1/4} \quad (5)$$

در این رابطه، W_S ، W_C ، W_V ، W_M به ترتیب بیان‌گر امتیاز مربوط به معیار کیفیت خاک، کیفیت اقلیم، کیفیت پوشش گیاهی و کیفیت مدیریت زمین می‌باشند.

امتیازدهی و ارزیابی تخریب زمین

به هر یک از شاخص‌های مورد نظر، با توجه به وضع موجود در منطقه و استانداردهای تعیین‌کننده کیفیت، امتیازی بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ تعلق گرفت. امتیاز هر معیار با محاسبه میانگین هندسی (رابطه ۴) امتیازات شاخص‌های مربوط به آن تعیین و طبقه‌بندی شد (Momirovic *et al.*, 2019).

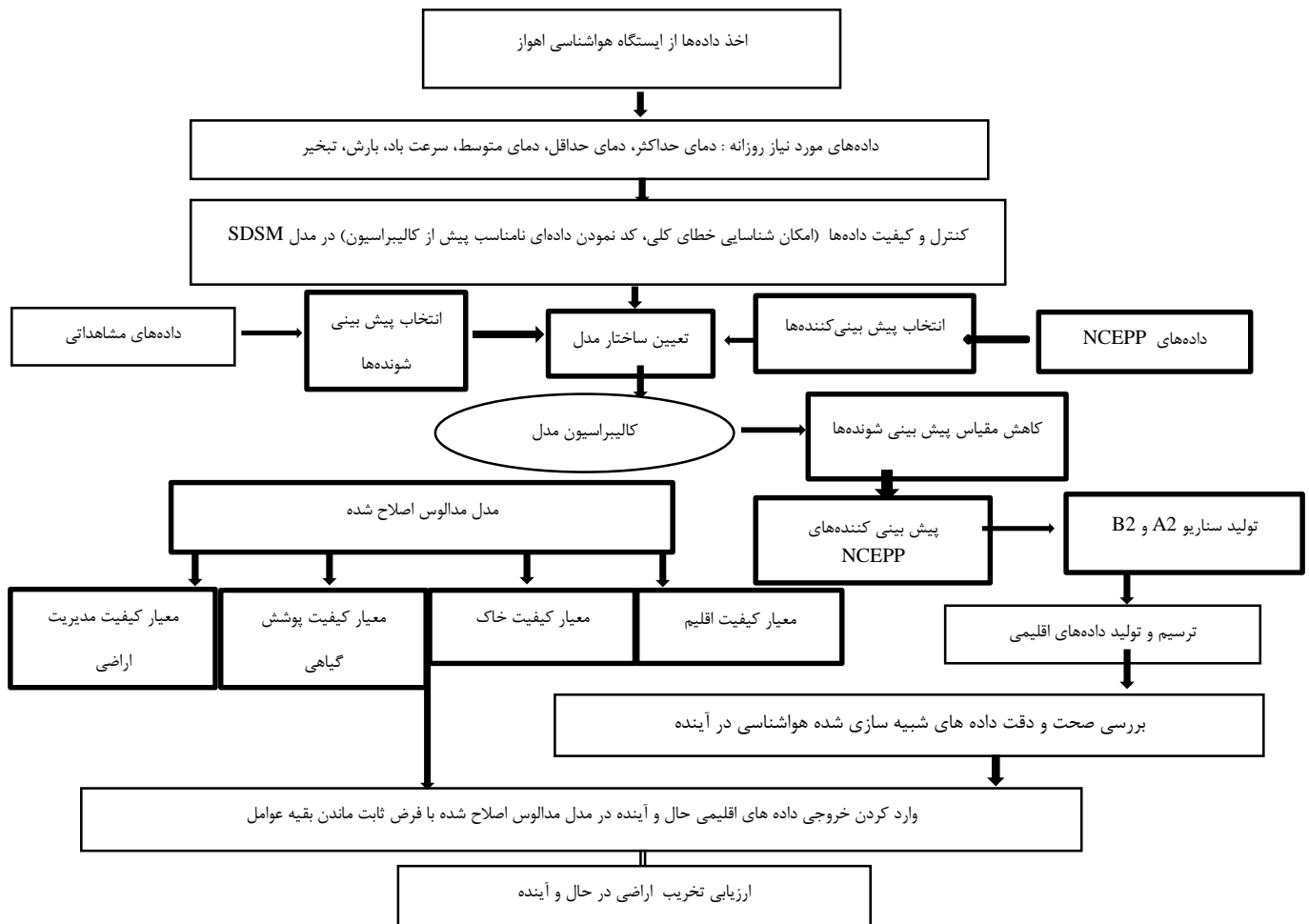
$$W_X = (W_1 \times W_2 \times \dots \times W_N)^{1/N} \quad (4)$$

در این رابطه، W_X امتیاز مربوط به هر معیار، $W_{(1,2,\dots,N)}$ امتیازهای مربوط به هر شاخص و N تعداد شاخص‌هاست. پس از ارزیابی و بررسی شاخص‌ها و محاسبه امتیاز هر معیار در هر واحد کاری، به‌منظور بررسی وضعیت فعلی بیابان‌زایی، میانگین هندسی امتیازات معیارهای اصلی، از

جدول ۵- طبقات مختلف تخریب اراضی کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز

Table 5. Different floors of land destruction of Ahvaz southeast dust center

very severe	severe	moderate	mild	Land degradation
153<	136-153	121-135	100-120	Score

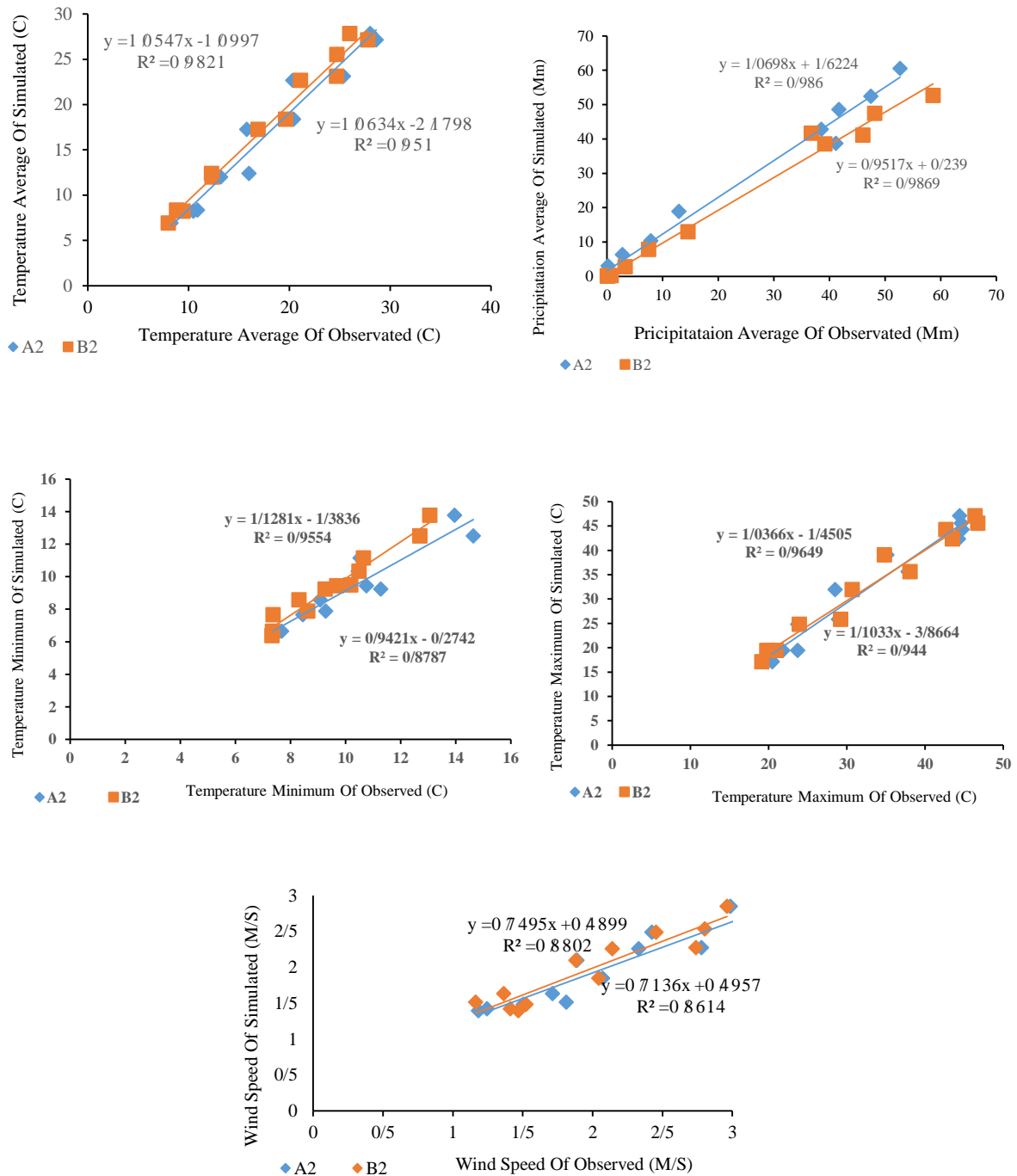


شکل ۲- فلوجارت روش انجام مطالعه
Figure 2. Flowchart of study method

جهت ارزیابی مدل اقلیمی با توجه به داده‌های دوره پایه، از بازه زمانی ۲۰۰۱-۱۹۶۱ استفاده شده است. در شکل (۳)، نمودارهای همبستگی مقادیر پارامترهای اقلیمی شامل بارش و دما (متوسط، بیشینه و کمینه) و باد شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل‌های اقلیمی به کار رفته در پژوهش حاضر با مقادیر میانگین واقعی این پارامترها در دوره پایه برازش داده و نشان داده شده‌است.

نتایج و بحث

ارزیابی قابلیت مدل‌های اقلیمی استفاده شده در شبیه‌سازی پارامترهای اقلیمی ارزیابی قابلیت مدل‌های اقلیمی استفاده شده در تحقیق حاضر، با استفاده از رسم نمودارهای همبستگی و محاسبه شاخص‌های خطاسنجی صورت گرفته‌است. ارزیابی مدل بر اساس نمودارهای همبستگی در دوره پایه



شکل ۳- مقایسه مقادیر پارامترهای اقلیمی شبیه سازی شده تحت دو سناریو توسط مدل و مقادیر مشاهده شده در دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۱.

الف) میزان بارش ب) میزان دمای متوسط ب) میزان دمای حداکثر ج) میزان دمای حداقل د) سرعت باد

Figure 3. Comparison of the values of climatic parameters simulated under two scenarios by the model and the values observed in the period 1961-2001 A) Precipitation b) Average temperature b) Maximum temperature c) Minimum temperature d) Wind speed

می شود که نشان از توانایی زیاد مدل به کار رفته در شبیه سازی این پارامترها دارد.

نتایج شبیه سازی پارامترها در دوره پایه و مقایسه با دوره های آتی

نتایج شکل (۳) نشان داد، مقدار ضریب همبستگی در تمامی موارد بسیار بالا است، اما بیشترین همبستگی مقادیر مدل سازی شده و مشاهده شده در مورد پارامترهای بارش و دما (بین ۸۶ درصد تا ۹۸ درصد در تمامی مدل ها) دیده

متوسط، سرعت باد، تبخیر و بارش روزانه در بازه‌های زمانی آینده نزدیک و دور، با دوره‌های پایه هر یک از مدل‌های گردش عمومی جو شبیه سازی شدند. سپس نتایج ریز مقیاس نمایی در این مرحله، به دو روش آماری و ترسیمی با داده‌های مشاهداتی مقایسه گردید. نتایج به تفکیک مدل‌های اقلیمی، در زیر ارائه می‌شود.

در پژوهش حاضر به منظور واسنجی و ارزیابی مدل، پیش‌بینی‌شونده‌های مدل‌های هواشناسی با دوره پایه (۲۰۰۱-۱۹۶۱ میلادی) با داده‌های پیش‌بینی کننده (NCEP)، در سناریوهای A2 و B2 مدل جهانی HadCM3 در شهر اهواز شبیه سازی شده و مورد مقایسه قرار گرفتند. به منظور ارزیابی کارایی مدل آماری پیش‌بینی دماهای کمینه، بیشینه،

جدول ۶- میزان اختلاف روزانه دوره آینده نزدیک و آینده دور در سناریوی B2

Table 6. The daily difference between the near future and the distant future in scenario B2

Parameter	Base period (1961-2001)	Near future (2002-2042)	Far future (2043-2083)	The amount of difference between the near future and the base period		The amount of difference between the Distant future and base period	
				amount	Percent	amount	Percent
				Maximum temperature(°C)	32.55	33.72	35.17
Minimum temperature(°C)	9.51	10.12	11.02	Increase 0.61	6.4	Increase 1.51	15.9
Medium temperature(°C)	17.57	19.1	20.04	Increase 1.53	8.7	2.47Increase	14.06
Evaporation (mm/day)	8.48	9.25	10.02	Increase 0.77	9.08	Increase 1.54	18.16
Prcipitation (mm/year)	245.39	257.16	260.93	Increase 11.77	4.8	15.5 Increase	6.33
Wind Speed(m/s)	2.12	2.09	2.08	Decrease 0.03	-1.4	Decrease 0.04	-1.89

دور نسبت به دوره پایه ۲/۴۷ افزایش داشته است. تبخیر (میلیمتر در روز) در آینده نزدیک نسبت به دوره پایه ۰/۷۷ افزایش و آینده دور نسبت به دوره پایه ۱/۵۴ میلی متر در روز افزایش داشته است. بارندگی در آینده نزدیک نسبت به دوره پایه ۱۱/۷۷ و آینده دور ۱۵/۵۴ میلیمتر در سال افزایش خواهد داشت.

جدول (۶) اختلاف میانگین بلند مدت کلیه پارامترها، مربوط به عملکرد مدل تحت سناریوی B2 را نشان می دهد. دمای حداکثر در دوره آینده نزدیک نسبت به دوره پایه ۱/۱۷ درجه افزایش و آینده دور نسبت به دوره پایه ۲/۶۲ افزایش داشته است. دمای حداقل در آینده نزدیک نسبت به دوره پایه ۰/۶۱ و آینده دور نسبت به دوره پایه ۱/۵۱ افزایش داشته است. دمای متوسط آینده نزدیک نسبت به دوره پایه ۱/۵۳ و آینده

جدول ۷- میزان اختلاف روزانه دوره آینده نزدیک و آینده دور در سناریوی A2

Table 7. The daily difference between the near future and the distant future in scenario A2

Parameter amount	Base period (1961-2001)	Near future (2002-2042)	Far future (2043-2083)	The amount of difference between the near future and the base period		The amount of difference between the Distant future and base period	
				amount	Percent	amount	Percent
				Maximum temperature(°C)	32.55	34.91	36.26
Minimum temperature(°C)	9.51	10.23	11.72	0.72 Increase	7.57	2.21Increase	23.23
Medium temperature(°C)	17.57	19.29	20.26	1.72 Increase	9.8	2.69Increase	15.31
Evaporation (mm/day)	8.48	9.67	10.25	1.19 Increase	14.03	1.77 Increase	20.87
Prcipitation (mm/year)	245.39	260.7	262.15	15.31 Increase	6.24	16.76 Increase	6.83

Wind Speed(m/s)	2.12	2.06	2.21	0.05Decrease	-2.4	0.1Increase	4.74
-----------------	------	------	------	--------------	------	-------------	------

سناریوی B2 مقداری خوشبینانه تر می باشد. ولیکن در سناریوی A2، رشد جمعیت جهان را شاهد خواهیم بود. توسعه اقتصادی در این جهان منطقه محور بوده و تغییرات تکنولوژی در این سناریو بسیار کندتر از سناریوی A1 است (۱۹ و ۲۰). می توان گفت این سناریو بحرانی ترین حالت بوده و در مسائل مدیریتی باید به تاثیرهای تغییر اقلیم بر منابع آب تحت این سناریو توجه خاصی اعمال شود (۱۸).

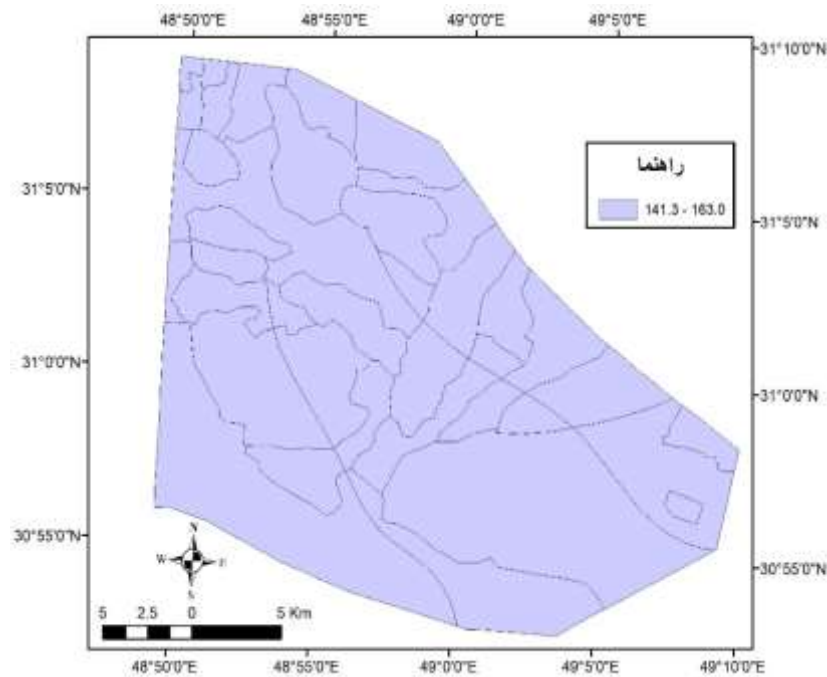
مدل مدالوس اصلاح شده

نتایج معیار کیفیت خاک

نتایج معیار کیفیت خاک بر اساس روش مدالوس نشان داد که بر اساس امتیازدهی وضعیت هشت شاخص بافت، ساختمان، عمق، وضعیت زهکشی، هدایت الکتریکی، مواد آلی، نسبت جذب سدیم و فرسایش پذیری خاک، کانون ریزگرد جنوب شرق دارای میانگین و انحراف معیار به ترتیب برابر با ۱۵۱ و ۶ می باشد. به نحوی که ۷۳ و ۲۷ درصد کانون به ترتیب در وضعیت تخریب بسیار شدید و شدید قرار گرفته است. قابل ذکر است که خاک کل کانون ریزگرد جنوب شرق کشور دارای عمق بیش از ۷۵ سانتی متر و ساختمان توده ای است. همچنین نقشه وضعیت معیار کیفیت خاک در شکل (۴)، نشان داده شده است. حداقل و حداکثر امتیاز معیار کیفیت خاک در منطقه مطالعاتی ۱۴۱ و ۱۶۳ می باشد. همچنین نتایج نشان داد که ساختمان خاک با امتیاز ۲۰۰ به دلیل توده ای بودن در تمام واحدهای اراضی بیشترین تأثیر را بر تخریب زمین بر اساس معیار کیفیت خاک داشته است. علاوه بر آن، کمترین نقش تخریبی مربوط به عمق خاک با میزان امتیاز ۱۱۰ ارزیابی شد. نتایج پژوهش حاضر با یافته های سایر مطالعات انجام شده با هدف ارزیابی تخریب زمین با استفاده از روش مدالوس مطابقت دارد.

جدول (۷) اختلاف میانگین بلند مدت کلیه پارامترها، مربوط به عملکرد مدل تحت سناریوی A2 را نشان می دهد. دمای حداکثر در دوره آینده نزدیک نسبت به دوره پایه ۲/۳۶ درجه افزایش و آینده دور نسبت به دوره پایه ۳/۷۱ افزایش داشته است. دمای حداقل در آینده نزدیک نسبت به دوره پایه ۰/۷۲ و آینده دور نسبت به دوره پایه ۲/۲۱ درجه افزایش داشته است. دمای متوسط آینده نزدیک نسبت به دوره پایه ۱/۷۲ و آینده دور نسبت به دوره پایه ۲/۶۹ درجه افزایش داشته است. تبخیر (میلیمتر در روز) در آینده نزدیک نسبت به دوره پایه ۱/۱۹ افزایش و آینده دور نسبت به دوره پایه ۱/۷۷ میلی متر در روز افزایش داشته است. بارندگی در آینده نزدیک نسبت به دوره پایه ۱۵/۳۱ و آینده دور ۱۶/۷۶ میلیمتر در سال افزایش خواهد داشت.

در نهایت از مقایسه دو سناریو انتشار A2 و B2 مشخص گردید، هر دو سناریو به طور مشترک روندی افزایشی را برای بارش و دمای منطقه برای هر دو دوره، پیش بینی کردند. اما شیب این افزایش تحت سناریوی A2 بیشتر از B2 بود. سناریوی B2 بر حل مشکلات اقتصادی محلی، پایداری اجتماعی و زیست محیطی تأکید می گردد. جمعیت جهان با سرعتی کمتر از سناریوی A2 در حال افزایش می باشد. سطوح توسعه اقتصادی متوسط و سرعت تغییرات تکنولوژی کمتر از سناریوی B1 می باشد. سناریوی A2 شرایط سخت تری تحت تاثیر فرایند تغییر اقلیم مد نظر قرار می دهد که می توان با در نظر گرفتن این حالت به بررسی حوادث حدی چون سیلاب پرداخت. با توجه به نتایج مشخص شد که سناریوی B2 تطابق بیشتری با شرایط اقلیمی دوره پایه را دارد. تحقیقات متعدد نشان می دهد که این سناریو به واقعیت تولید گازهای گلخانه ای نزدیک تر بوده و سناریوی واقعی تر و نرمال تری ارائه می دهد و



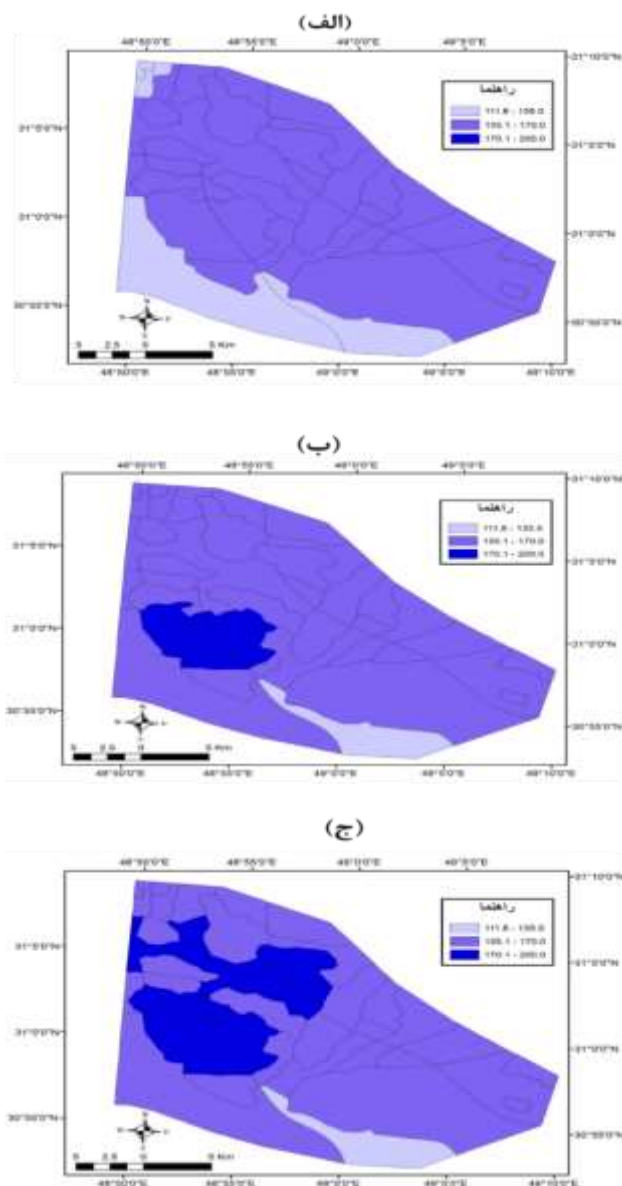
شکل ۴- وضعیت تخریب زمین کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز بر اساس معیار کیفیت خاک

Figure 4. The state of land degradation in the southeastern part of Ahvaz, based on soil quality criteria

معیار کیفیت اقلیم

در کانون گردوغبار جنوب شرق اهواز در شرق و شمال بیشترین بارش با ۲۰۵ میلی‌متر و در غرب و جنوب آن ۱۷۱ میلی‌متر است (Abbasi, 2021). اقلیم محدوده مطالعاتی بر اساس روش طبقه‌بندی اقلیمی دمارتن، فراهشک گرم تعیین شده است. متوسط بارندگی سالانه بین ۱۷۱ تا ۲۰۵ میلی‌متر، رطوبت نسبی سالانه ۴۴ تا ۴۸ درصد و متوسط تبخیر و تعرق سالانه ۱۲۰ تا ۱۲۵ میلی‌متر در کانون مذکور تغییر می‌نماید. درعین حال دمای متوسط سالانه بین ۲۶-۲۷ درجه سانتی‌گراد، دمای متوسط حداقل سالانه بین ۱۸-۱۹ و متوسط حداکثر سالانه بین ۳۲-۳۳ درجه سانتی‌گراد متغیر می‌باشد. دمای حداکثر مطلق منطقه نیز در بازه ۵۱-۵۲ درجه سانتی‌گراد و حداقل دمای مطلق، ۱ تا ۲- درجه سانتی‌گراد در منطقه تغییر می‌نماید. در کانون گرد و غبار جنوب شرق اهواز از سمت شمال غرب به جنوب شرق به علت نزدیک شدن به خلیج فارس بر میزان رطوبت هوا افزوده می‌شود. هرچند مقدار آن کم و در حدود دو تا سه درصد است. کانون گرد و غبار جنوب شرق اهواز در منطقه اقلیم فراهشک قرار دارد که در سال‌های اخیر روند کاهش بارش و افزایش دما را تجربه کرده است. این کانون گرد و غبار از گذشته وجود داشته اما

در سال‌های اخیر کاهش بارندگی و رخداد خشک‌سالی‌های پی‌در پی به‌ویژه در ماه‌های ژانویه، فوریه و مارس و افزایش میانگین دما، دمای حداقل و حداکثر و دمای حداقل و حداکثر مطلق منجر به فعال‌تر شدن آن طی دهه اخیر شده است. در این پژوهش، ارزیابی روش مدالوس مبتنی بر معیار کیفیت اقلیم بر اساس سناریوهای تعریف شده A2 و B2 برای دوره پایه (۲۰۰۱-۱۹۶۱) و دوره شبیه‌سازی آینده نزدیک (۲۰۴۲-۲۰۰۲) و آینده دور (۲۰۸۳-۲۰۴۳) انجام شده است. هم‌چنین دامنه تغییرپذیری امتیاز تخریب زمین مبتنی بر معیار کیفیت اقلیم بین ۱۱۱ و ۲۰۰ به ترتیب متعلق می‌باشد. وضعیت تخریب زمین کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز بر اساس معیار کیفیت اقلیم در سناریوی A2، دوره پایه (الف)، نسبت به آینده نزدیک (ب) و نسبت به آینده دور (ج) در شکل ۵ آمده است. با توجه به اینکه تغییرات اقلیمی در منطقه مورد مطالعه، زیاد نمی‌باشد، برای نشان دادن تغییرات، بازه‌های تعریف شده کوچکتر در نظر گرفته شده است. که واحدهای اراضی دشت رسوبی با شیب کمتر از ۲ درصد، از لحاظ اقلیمی پتانسیل تخریب بیشتری دارا می‌باشند و پتانسیل سطوح تخریب بر اثر تغییر اقلیم، در آینده دور نسبت به دوره پایه و آینده نزدیک افزایش خواهد یافت.



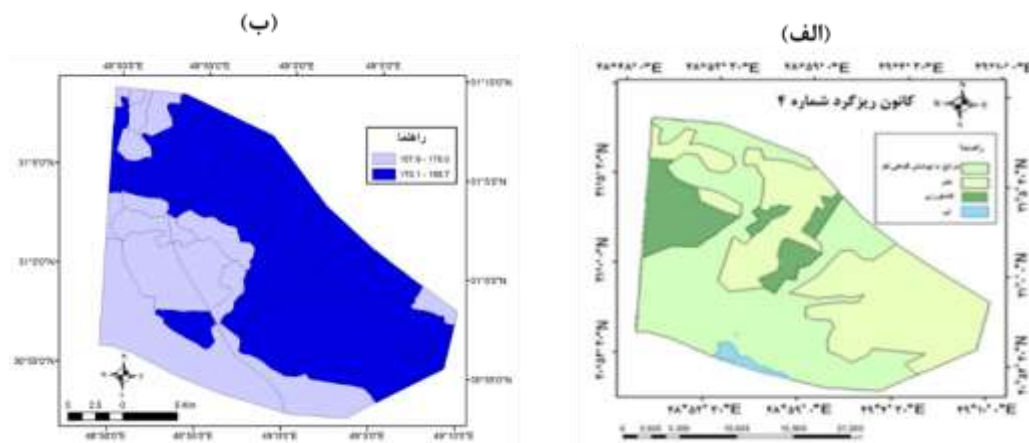
شکل ۵- وضعیت تخریب زمین کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز بر اساس معیار کیفیت اقلیم در سناریوی A2، (الف) دوره پایه، (ب) نسبت به آینده نزدیک، (ج) نسبت به آینده دور

Figure 5. The state of land degradation in the southeastern part of Ahvaz in climatic quality criteria based on the near future and the distant future in A2 scenario

گرفته‌اند که پوشش اندکی دارند. نقشه کاربری اراضی کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز در شکل ۶ (الف) ارائه شده است. بر اساس همین نقشه کاربری اراضی، شاخص‌های مورد ارزیابی در تعیین کیفیت پوشش گیاهی کانون مورد مطالعه امتیازدهی شدند هم‌چنین نقشه پهنه‌بندی معیار کیفیت پوشش گیاهی در شکل ۶ (ب) نمایش داده شده است. پوشش گیاهی منطقه به دلیل چرای بی رویه، خشکسالی، تغییر کاربری و به تبع آن شورشدن اراضی، از بین رفته است و شاخص کیفیت پوشش گیاهی در وضعیت بسیار شدید قرار گرفته است.

معیار کیفیت پوشش گیاهی

پوشش گیاهی منطقه با توجه به میزان حضور گونه‌ها و فراوانی افراد گونه‌ها، از دو سیمای نسبتاً مشخصی برخوردار می‌باشد به طوری که در مناطق پست و اراضی مرطوب فرم بوته‌ای و در حاشیه روستاها و گودال‌ها (حفیره‌ها) سیمای درختی و درختچه‌ای دارد و عرصه‌هایی که در حاشیه هور قرار دارند سیمایی گراس‌لند پوشیده از گرامینه چندساله بونی را دارا می‌باشند. اراضی زراعی که مورد چرای شدید دام بوده و به کرات مورد شخم قرار گرفته‌اند به علت عدم هرزآب و کاهش بارندگی در سال‌های اخیر سیمای لخت



شکل ۶- نقشه کاربری اراضی (الف) و وضعیت تخریب زمین کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز بر اساس معیار کیفیت پوشش گیاهی (ب) کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز

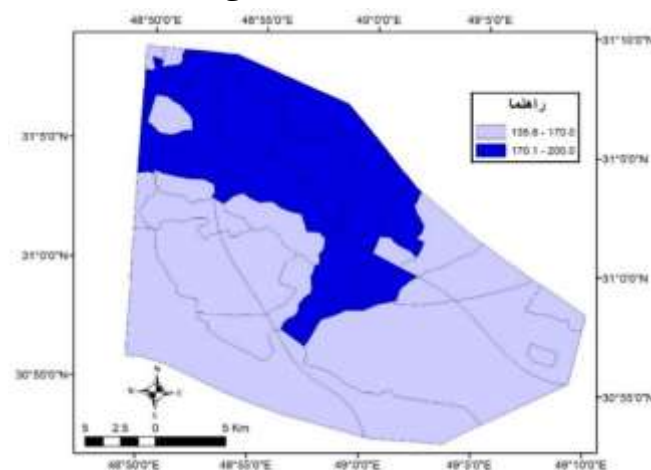
Figure 6. Land use map (right image) and land degradation status of Ahvaz Southeast dust center based on vegetation quality criteria (left image) Ahvaz Southeast dust center.

مدالوس بیش تر می باشد. به طوری که حداقل و حداکثر مقدار آن به ترتیب برابر با ۱۳۶ و ۲۰۰ است. نتایج پژوهش نشان داد به ترتیب ۷۵ و ۲۵ درصد منطقه مورد مطالعه در وضعیت تخریب بسیار شدید و شدید از نظر معیار کیفیت مدیریت قرار گرفته است. امتیاز متوسط معیار کیفیت مدیریت در کانون مطالعاتی برابر با ۱۶۸ ارزیابی شد که در طبقه بسیار شدید قرار می گیرد. در پژوهش حاضر معیار کیفیت مدیریت پس از معیار کیفیت پوشش گیاهی در رتبه دوم از لحاظ تاثیرگذاری بر وضعیت نهایی تخریب زمین ارزیابی شد (شکل ۷).

همان گونه که از نتایج استنباط می شود کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز دارای وضعیت بسیار شدیدی از لحاظ تخریب زمین مبتنی بر معیار کیفیت پوشش گیاهی است. به نحوی که امتیاز این معیار از ۱۵۸ تا ۱۹۶ بین ۲۷ واحد اراضی مورد مطالعه متغیر بوده است. میانگین معیار کیفیت پوشش گیاهی در این منطقه برابر با 175 ± 2 به دست آمد.

معیار کیفیت مدیریت

تغییرپذیری مکانی در امتیاز معیار کیفیت مدیریت منطقه مطالعاتی نسبت به سایر معیارهای مورد ارزیابی در روش



شکل ۷- نقشه وضعیت تخریب زمین کانون ریزگرد بر اساس معیار کیفیت مدیریت

Figure 7. Map of the land degradation status of the dust center based on the criteria of management quality

۲۰۴۳) در شکل ۸ نشان داده شده است. بررسی شکل های ۵ تا ۸ در کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز نشان داده است که معیار کیفیت پوشش گیاهی و مدیریت اراضی بیشترین تاثیر را بر تخریب اراضی داشته اند. در منطقه مورد مطالعه به دلیل سد سازی های بالا دست، چرای بی رویه، شخم اراضی برای تعیین مالکیت و جاده سازی غیر اصولی منجر به از بین رفتن پوشش گیاهی گردید که در نتیجه آن خاک منطقه شورتر می گردد. شور شدن خاک، باعث کاهش درصد پوشش گیاهی می گردد که به افزایش شوری خاک منجر می شود. این نتایج با نتایج محققینی مانند سپهر و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد. این محققین، با استفاده از روش مدالوس، تخریب زمین را برای دشت فیدویه-گرموش واقع در جنوب ایران ارزیابی کردند. نتایج آن ها نشان داد که معیار پوشش گیاهی دارای حداکثر نقش تخریبی از بین معیارهای خاک، اقلیم، فرسایش، آب زیرزمینی و مدیریت در منطقه بوده است. هم چنین طبق ارزیابی این پژوهشگران حدود ۹۳ درصد منطقه حساس به بیابانزایی شناسایی شده است. اما ارزیابی های بخشنده مهر و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از روش مدالوس نشان داده است که بالاترین امتیاز مربوط به دو معیار کیفیت اقلیم و مدیریت در دشت سگزی اصفهان می باشد. هم چنین آن ها ۶۳ درصد از منطقه را در طبقه بسیار شدید، ۳۵ درصد در طبقه شدید و فقط ۲ درصد از کل منطقه را در طبقه متوسط ارزیابی نمودند.

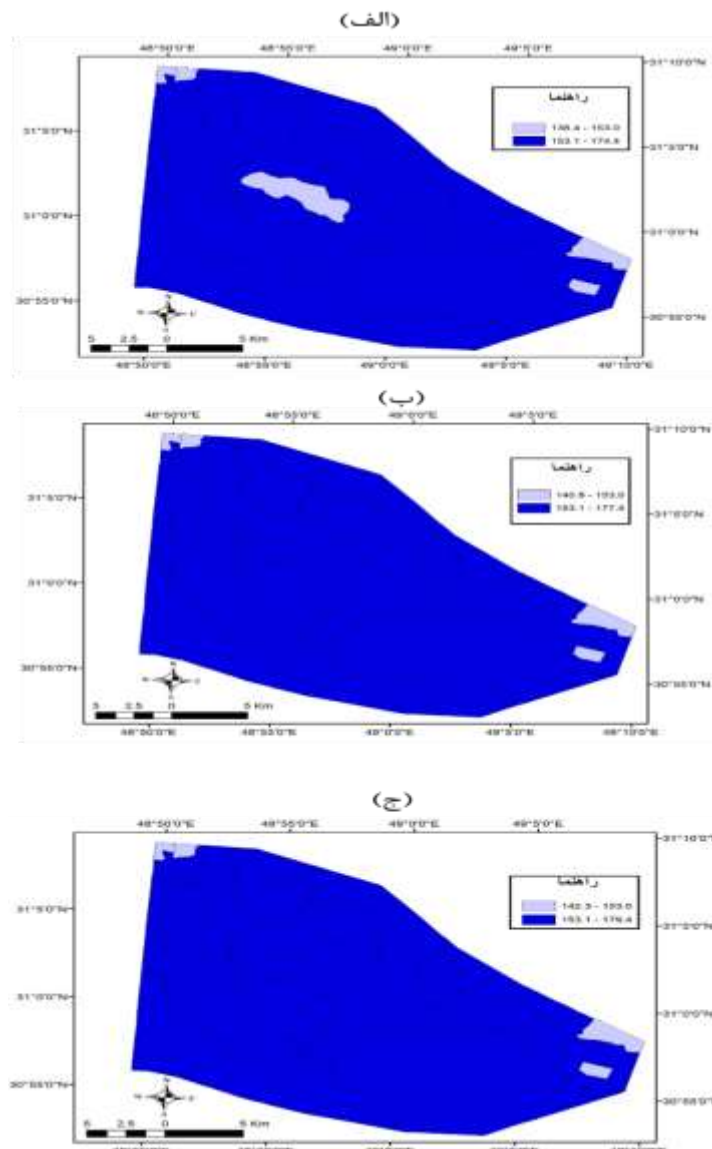
نتایج نهایی مدل تخریب زمین در کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز

روش مدالوس با در نظر گرفتن شاخص های مناسب و به تعداد نسبتاً کافی در مناطق خشک و نیز به علت سادگی کاربرد و وزن دهی نسبت به روش های دیگر ارزیابی تخریب زمین و بیابانی شدن اراضی برتری دارد. با محاسبه معیارهای مؤثر در تخریب زمین و ترسیم نقشه تخریب زمین بر اساس هر یک از معیارها، این لایه ها با هم ترکیب شده و نقشه نهایی تخریب زمین به دست آمد. برآیند میانگین هندسی معیارهای تأثیرگذار نشان داد، که کانون ریزگرد مورد مطالعه با امتیاز $158 \pm 7/6$ در طبقه بسیار شدید از لحاظ تخریب زمین قرار دارد. میزان تخریب اراضی بر اثر تغییر اقلیم در سناریو های اقلیمی تعریف شده A2 و B2 در دوره پایه (۲۰۰۱-۱۹۶۱)، دوره شبیه سازی آینده نزدیک (۲۰۴۲-۲۰۰۲) و آینده دور (۲۰۸۳-۲۰۴۳) در جدول ۸ آمده است. بر اساس این جدول، میزان افزایش تخریب اراضی بر اساس سناریو A2، برای دوره شبیه سازی آینده نزدیک (۲۰۴۲-۲۰۰۲) و آینده دور (۲۰۸۳-۲۰۴۳) نسبت به دوره پایه (۲۰۰۱-۱۹۶۱) به ترتیب ۲/۴۱-۰/۷۵ و ۸۲/۲۳-۰/۳ درصد می باشد. در حالی که طبق سناریوی B2، میانگین افزایش تخریب اراضی نسبت به دوره پایه، برای آینده نزدیک و دور به ترتیب ۱/۷۰-۰/۶۱ و ۲/۸۳-۰/۷۳ درصد است. نقشه تخریب نهایی زمین کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز در دوره پایه (۲۰۰۱-۱۹۶۱)، دوره شبیه سازی آینده نزدیک (۲۰۴۲-۲۰۰۲) و آینده دور (۲۰۸۳-۲۰۰۲)

جدول ۸- تغییرات مدل مدالوس اصلاح شده در دوره های آتی (دور و نزدیک) نسبت به دوره پایه (مشاهداتی)

Table 8. Changes of Modalus model modified in future periods (near and far) compared to base period (observations)

Time Period	scenario	Degradation index	percentage of index changes	Average of index changes
(1961-2001) Base period		138.41- 17.14	-	-
(2002-2042) Near future	B2	146.15- 17.15	0.61-1.7	1.67
	A2	147.18-17.23	0.75-2.41	2.43
(2043-2083) Far future	B2	147.78 -17.19	0.73-2.83	2.63
	A2	148.36- 17.36	0.82-3.23	2.94



شکل ۸- وضعیت نهایی تخریب زمین کانون ریزگرد جنوب شرق اهواز بر اساس مدل روش مدالوس (الف دوره پایه، ب نسبت به آینده نزدیک، ج نسبت به آینده دور)

Figure 8- Final status of land degradation in the dust center of southeast of Ahvaz based on Medalus model in the near future

نشان از توانایی زیاد مدل به کار رفته در شبیه‌سازی این پارامترها دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نتایج بررسی سناریوهای مختلف تغییر اقلیم نشان داد که میزان بارش در دوره آتی نسبت به دوره پایه تحت سناریوی A2 به میزان ۴/۸ درصد افزایش می‌یابد. هر دو سناریو به طور مشترک روندی افزایشی را برای دمای منطقه برای هر دو دوره، پیش‌بینی کردند. اما شیب این افزایش تحت سناریوی A2 بیشتر از B2 بود. نتایج نشان داد که با توجه به تغییرات بارش و دما، مقدار تبخیر و تعرق در دوره آتی نسبت به دوره پایه تحت

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه از خروجی مدل جهانی HadCM3 جهت پیش‌بینی تغییرات اقلیمی در حوضه کانون ریزگردهای فعال شرق اهواز، در سه دوره پایه (۲۰۰۱-۱۹۶۱) و دوره شبیه‌سازی آینده نزدیک (۲۰۴۲-۲۰۰۲) و آینده دور (۲۰۸۳-۲۰۴۳) استفاده گردید. همان‌طور که مشاهده گردید مقدار ضریب همبستگی در تمامی موارد بسیار بالا است، اما بیشترین همبستگی مقادیر مدل‌سازی شده و مشاهده شده در مورد پارامترهای بارش و دما (بین ۸۶ درصد تا ۹۸ درصد در تمامی مدل‌ها) دیده می‌شود که

میزان ۱/۶-۲/۶۳ درصد و تحت سناریوی A2 نیز به میزان ۲/۲-۳۴/۹۴ درصد خواهد داشت. در نهایت مشخص گردید تغییرات به وجود آمده در پارامترهای هواشناسی منتج شده از سناریوهای اقلیمی پدیده تغییر اقلیم (A2 و B2)، در دوره های آینده نزدیک و دور، حساسیت چندانی در تغییر معیار کیفیت اقلیم و در نتیجه در روند بیابانی شدن عرصه و پیشروی بیابانزایی در کانون گرد و غبار جنوب شرق اهواز ندارند. به عبارت دیگر مشخص شد با اینکه پدیده تغییر اقلیم در منطقه مطالعاتی کانون جنوب شرق اهواز در حال انجام است، اما تغییرات بوجود آمده در مقادیر آنها (پارامترهای اقلیمی خروجی از مدل های اقلیمی) باعث تخریب زمین و گسترش بیابانزایی و توسعه فرسایش بادی در منطقه نشده است و عوامل دیگری همچون عوامل مدیریتی و عوامل انسانی نظیر تغییرات کاربری اراضی، تشدید فعالیت های انسانی و توسعه فعالیت های اقتصادی و اجتماعی در منطقه و ... ؛ تاثیر بیشتری نسبت به تاثیر پدیده تغییر اقلیم در بیابانی شدن اراضی داشته است.

سناریوی A2 افزایشی معادل ۱۴/۳ درصد و تحت سناریوی B2 نیز افزایشی معادل ۹/۱ درصد خواهد داشت. نتایج حاصل از این پژوهش با یافته های، (Hashemi et al., 2010)، (Valizadeh et al., 2014)، (Aghashahi et al., 2012)، (Hajjarpour et al., 2014)، (Ajamzadeh., 2012)، (Mullaniya., 2014) مطابقت دارد.

در نهایت پارامترهای مدل مدالوس اصلاح شده برای این منطقه، به روز محاسبه و اندازه گیری گردید. از آنجایی که هدف از این تحقیق شبیه سازی و پیش بینی روند تخریب اراضی و توسعه کانون های ریزگردی با استفاده مدل مدالوس اصلاح شده و همچنین بررسی تأثیر پدیده تغییر اقلیم بر توسعه کانون ریزگردی برای دو دوره ۲۰۰۲-۲۰۴۲ و ۲۰۸۳-۲۰۴۳ نسبت به دوره پایه (۲۰۰۱-۱۹۶۱) است. بنابراین اثر همه پارامترها بجز پارامترهای اقلیمی ثابت در نظر گرفته شدند تا اثر مستقیم تغییرات اقلیمی بررسی گردید. نتایج نشان داد در واحدهای اراضی کانون ریزگرد جنوب شرقی اهواز، به طور متوسط تخریب اراضی در دوره آتی نسبت به دوره پایه تحت سناریوی B2 افزایشی به

References

- Abbasi H.R., 2021. Physico-chemical properties of soils in khuzestan dust sources, technical report no., *Research Institute Forests and Rangelands*, Iran, pp. 84.
- Abkar A. J., Habibnejad M., Soleimani K. And, e. Naqvi. 2013. Assessing the efficiency of the SDSM model in simulating temperature indicators in arid and semi-arid regions, *Journal of Irrigation and Water Engineering Research*, Fourth Year, No. 144: 1-17.
- Ajamzadeh A. and Mullaniya M R. 2014. Comparison of the performens SDSM and LARS-WG Downscaling, Case resources. *ASCE, J. Water Resoures, Planning and Managment*. 125(4): 194-204.
- Chu J.T., Xia J., Xu C. Y. and V.P. Singh. 2010. Statistical downscaling of daily mean Temperature, pan evaporation and precipitation for climate change scenarios in Haihe River, China, *Theoretical and Applied Climatology*, Vol. 99, Issue 1: 149-161.
- Dosti M., Habibnejad M., Shahedi K., Mirighoubzadeh M. H. 2013. Investigation of climatic characteristics of Tamar watershed, Golestan province in climate change conditions using LARS-WG model. *Journal of Earth and Space Physics*. Volume 39. Number 4, pp. 177-189.
- Ebrahimian N. 2012. Investigating the Uncertainty of the Impact of Climate Change on Plant-Water-Agricultural Performance in All of Iran with the AEZ/GIS Approach. Master Thesis, *Department of Agricultural Engineering, Irrigation and Drainage*, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran. (In Persian)
- Hajjarpour A. Yousefi, M. and Kamkar B. 2014. Precision test of simulators LARS-WG, Weather Man and CLIMGE Ninthree different climatessimulated (Gorgan, Gonabad and Mashhad), *Geographyand Development*, University of Sistan and Baluchestan; 35: 201-216. (In Persian)
- Hashemi M. Z. Shamseldin. A Y. and Melville. B W. 2010. Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a Watershed, *Stoch environmental Reserche Rick Assess*.
- Hassani A. Wow. Ebrahimi descent. 2012. Estimation of evaporation and potential transit of Saez city using experimental methods, *the first scientific-specialized conference on rural and agricultural development with emphasis on national production*. (In Persian)
- Khan M. S. Coulibaly P. Dibike Y. 2006. Uncertainty analysis of downscaling methods. *Journal of Hydrology*, 319: 357-382.

- Lamqadem A., Pradhan B., Saber H., and Rahimi A. 2018. Desertification Sensitivity Analysis Using MEDALUS Model and GIS: A Case Study of the Oases of Middle Draa Valley, *Morocco Sensors*, 18, 2230.
- Momirović N, Kadović R., Perović V., Marjanović M., Baumgertel A. 2019. Spatial assessment of the areas sensitive to degradation in the rural area of the municipality Čukarica. *International Soil and Water Conservation Research*. 7, 71–80.
- Poornazari N., Khalilimoghadam B., Hazbavi Z. 2021. Land degradation assessment in the dust hotspot of southeastern Ahvaz, Iran. *Land Degradation and Development*, 32: 896-913.
- Rezaei M., Nehtani M., Abkar A. J., Rezaei M. And m. Rigi's death. 2014. Evaluation of the Efficiency of Micro-Statistical Scale Model (SDSM) in Predicting Temperature Parameters in Two Dry and Extraterrestrial Climates (Case Study: Kerman and Bam), *Watershed Management Management Journal*, Fifth Year, No. 10: 117-131.
- Sepehr A., Hassanli A. M., Ekhtesasi M. R., and Jamali J. B. 2007. Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. *Environmental Monitoring and Assessment*, 134(1–3), 243–254. <http://doi.org/10.1007/s10661-007-9613-6>. (In Persian)
- Shukla R., Khare D. and R. Deo. 2015. Statistical downscaling of climate change scenarios of rainfall and temperature over Indira Sagar Canal Command area in Madhya Pradesh, India, *14th International Conference on Machine Learning and Applications*.
- Singh VP and Goyal MK. Analysis and trends of precipitation lapse rate and extreme indices over north Sikkim eastern Himalayas under CMIP5ESM-2M RCPs experiments. *Atmospheric Research*.2016 (167): 34-60.
- Taghavi F. Linkage between Climate Change and Extreme Events in Iran. *Journal of the Earth and Space Physics*. 2010(36): 33-43.
- Teimouri F. Bazrafshan O. 2021. Prediction of Climate Change Scenarios on Soil Erosion and Sediment Yield in Konoran Catchment, *Quarterly journal of Environmental Erosion Research*, Vol:40(10:4), Winter 2021, 18-38.
- Valizadeh J. Ziaei, S M. and Mazlounzadeh S M. 2014. Assessing climate change impacts on wheat production (a case study), *Journal of the Saudi Society of Agricultural Scienc*, Vol 13, Issue 2, P 107-115.
- Wilby R.L., Tomlinson O, J. Dawson C.W., (2007). Multi-site simulation of precipitation by condition resampling. *Journal of climate Research*, 23: 183-194.
- Zare M. Nazari A. A. Mohammadi M. Teimourian T. and Bazrafshan J.2016. Simulation of soil erosion under the influence of climate change scenarios, *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 75, 1405

Predicting the Land Degradation Changes in the Dust Center Under the Influence of Climate Change Phenomenon (Case study: Southeast Dust Center of Ahvaz)

Maryam Baranpour¹, Bijan Khalili Moghadam², Amin Zoratipour*³
Mohsen Bagheri Bodaghabadi⁴

(Received: June 2021

Accepted: October 2021)

Abstract:

The Climate Change is a complex atmospheric-oceanic phenomenon on a global scale. This phenomenon leads to improper distribution of climatic factors, reducing the quality of water and soil resources, and ultimately erosion and land degradation. The aim of this study was to predict the effects of climate change on land degradation and the development of dust in the dust center of southeastern Khuzestan. Therefore, one of the three-dimensional paired oceanic-atmospheric models of AOGCM called HadCM3, to simulate climatic variables of temperature, wind, precipitation and evaporation and transpiration; Used under diffusion scenarios B2 and A2. In order to downscaling daily climatic data, the SDSM model was used and also to simulate the land degradation process, the Modified MEDALUS model was used. The results of studying different climate change scenarios showed that the amount of precipitation in the next period compared to the base period under scenario A2 will increase by 6.4% and under scenario B2 will increase by 4.8%. Both scenarios jointly predicted an upward trend in regional temperature for both periods. But the slope of this increase under scenario A2 was greater than B2. The results showed that due to changes in precipitation and temperature, the amount of evapotranspiration in the next period compared to the base period under scenario A2 will increase by 14.3 % and under scenario B2 will increase by 9.1%. The highest correlation between the modeled and observed values was obtained in precipitation and temperature parameters (between 86% to 98% in all models). Finally, the research showed that in the land units of the southeastern dust center of Ahvaz, the average land degradation in the future period compared to the base period under scenario B2 will increase by 1.6-2.63% and under scenario A2 will also increase by 2.34-2.94. Therefore, the rate of land degradation in this region is partly affected by changing climate change scenarios. Therefore, despite the confirmation of the existence of climate change in the southeastern part of Ahvaz, it seems that other factors such as managerial and human factors such as land use change, intensification of human activities in the study area have played a more prominent role than climate change.

Keywords: Climatic Models, Land Degradation, Modified MEDALUS, Dust Center, Ahvaz

Baranpour M., Khalili Moghadam B., Zartipour A., Bagheri Bodaghabadi M. 2023. Predicting changes in land degradation in the critical dust center under the influence of climate change (Case study: Southeast dust center of Ahvaz). *Applied Soil Research*. Volume 10(4): 25-44.

1. MSc. graduate, Department of Soil Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.

2. Associate Professor, Department of Soil Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

3. Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan

4. Assistant Professor, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj

*Corresponding Author Email: Zoratipour@asnrukh.ac.ir