

مقایسه اثر سناریوهای تغییر اقلیم بر شدت خطر و ریسک بیابانزایی حوضه حبله رود، استان تهران

نوید ضیایی^۱، مجید اونق^{۲*}، حمیدرضا عسگری^۳، علیرضا مساح بوانی^۴، عبدالرسول سلمان ماهینی^۵، محسن حسینیعلیزاده^۶

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۴/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۶/۲۰

چکیده:

تغییر اقلیم، خشکسالی و تغییر کاربری اراضی، پیامدهای منفی از جمله گسترش بیابانها را به دنبال دارد. بیابانزایی به مفهوم تخریب سرزمین، سومین چالش مهم جهانی قرن ۲۱ محسوب می شود. در این تحقیق، تلاش شده که تأثیر پدیده تغییر اقلیم بر تغییرات برخی از متغیرهای اقلیمی (دما و بارش) ایستگاههای سینوپتیک فیروزکوه و گرمسار در دو دوره آینده نزدیک (۲۰۳۰-۲۰۱۱) و آینده میانه (۲۰۶۵-۲۰۴۶) با کاربرد مدل LARS-WG و سناریوهای A2، B2 و A1B و نیز شدت خطر و ریسک بیابانزایی با کاربرد مدل ESAs در حوضه حبله رود، باتوجه به حساسیت اکولوژیکی و موقعیت خاص سیاسی این منطقه بررسی شود. نتایج نشان داد بارش ماهانه حوضه، به طور متوسط در آینده نزدیک، بین ۰/۲۳ تا ۴/۸۰ میلی متر افزایش و در آینده میانه ۰/۰۸ تا ۰/۱۵ میلی متر کاهش خواهد یافت و حداقل و حداکثر دما برای هر دو دوره آینده افزایش خواهد یافت. بیشترین تغییرات کلاسهای بیابانزایی در دوره آینده نزدیک، مربوط به سناریوی B1 و در آینده میانه، مربوط به سناریوی A1B بوده که طی آن، شاهد گذار و تغییر کلاسهای خطر F2، F3 و C1 به کلاسهای بحرانی تر C3 و C4 خواهیم بود. همچنین در هر دو دوره آینده، درصد مساحت کلاسهای ریسک IV و V (بحرانی) افزایش خواهد یافت؛ به طوری که این مقدار افزایش برای آینده میانه، از ۱۵/۴۹ درصد برای سناریوی B1 و کلاس IV تا ۵۰/۷۷ درصد در سناریوی A2 کلاس V خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: گرمایش جهانی، حبله رود، بیابانزایی، HadCM3، مدل Lars-WG

۱. دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، نویسنده مسئول / Email: mownegh@yahoo.com

۳. استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴. دانشیار دانشگاه تهران

۵. دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۶. استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

مقدمه

تغییرات آب و هوا و اثرات آن بر بخش‌های مختلف کره زمین، امروزه به یکی از اولویت‌های بزرگ دنیا تبدیل شده و زندگی انسان را به طور جدی تحت تأثیر قرار داده است. تغییر در میزان و الگوی بارش و افزایش دما آغازگر تغییراتی می‌شود که صدمات مختلفی را در بخش‌های مختلف ایجاد می‌کند. تحلیل داده‌های هواشناسی کشور نشان می‌دهند که به‌ویژه در دو دهه گذشته، فراوانی دوره‌های با کاهش بارش، رو به فزونی گذاشته است. علاوه بر این، افزایش دما نیز مشهود بوده است (دانشیان، ۲۰۱۴). توجه به تغییرات اقلیمی در سال‌های اخیر، به علت پیامدهای اقتصادی اجتماعی و خسارت‌های مالی مربوط به رویدادهای جوی، اهمیت فراوانی پیدا کرده است (محمدی و تقوی، ۲۰۰۵). پیش‌بینی می‌شود که با تغییر آب و هوا، سطح دریا تا سال ۲۱۰۰ بین ۸۹ تا ۸۸ سانتی‌متر افزایش یافته و به دنبال آن، سیل‌ها و حوادث دیگری از قبیل ایجاد تغییراتی در الگوی گردش عمومی جو، تخریب جنگل‌ها، مراتع و سایر اکوسیستم‌های مدیریت‌شده، اتفاق افتاده و در نهایت، منجر به گسترش پدیده بیابان‌زایی شود (پورکی^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). تخریب سرزمین و بیابان‌زایی اثرات پیچیده و متنوعی از خود در مقیاس محلی تا جهانی بر جای می‌گذارد که از میان آن‌ها می‌توان به کاهش امنیت غذایی و سلامت انسانی اشاره کرد (تسهیلات زیست‌محیطی^۲، ۲۰۱۶). به‌طور کلی، در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک و مرطوب جهان، پدیده بیابان‌زایی عامل اصلی تخریب و پسرقت اراضی است (سازمان هواشناسی جهانی^۳، ۲۰۰۵) لذا مقابله با این پدیده، به‌ویژه در کشورهای متأثر از این پدیده، کارساز و سودمند خواهد بود. بررسی فرایندهای بیابان‌زایی نشان داده که در مقیاس‌های جهانی و ناحیه‌ای، عوامل داخلی (گرم‌شدگی جهانی و ایجاد تغییراتی در الگوی بارندگی و بروز خشکسالی) و عوامل خارجی (فعالیت‌های مخرب انسان و کاهش قابلیت و توان اکولوژیک در این مناطق) سبب گسترش کمربند خشک در عرض‌های جغرافیایی میانی

اروپا-آسیا و در نهایت، بیابان‌زایی در این مناطق شده است (کانکو^۴ و همکاران، ۲۰۱۰). تحقیقات بادگر^۵ و همکاران نشان داده که بیش از ۲۵۰ میلیون نفر در جهان، به‌طور مستقیم متأثر از خطر بیابان‌زایی بوده و چندین میلیارد نفر نیز در بیش از صدها کشور دنیا در معرض ریسک این پدیده‌اند (بادگر و همکاران، ۲۰۰۰).

به‌منظور بررسی اثر تغییر اقلیم بر منابع مختلف در دوره‌های آتی، مدل‌های شبیه‌سازی گردش عمومی جو^۶ توسعه یافته‌اند که قادرند پارامترهای اقلیمی را برای یک دوره طولانی مدت با استفاده از سناریوهای تأییدشده هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم^۷ مدل‌سازی نمایند (دیبیک و کولیبالی^۸، ۲۰۰۵؛ کیلسبی^۹ و همکاران، ۲۰۰۷) و از آنجایی که خروجی این مدل‌ها دارای دقت مکانی و زمانی کافی برای مطالعات تأثیر تغییر اقلیم بر سیستم‌های هیدرولوژی نیست، لازم است داده‌های خروجی مدل‌های چرخش عمومی ریزمقیاس گردند (گراهام^{۱۰} و همکاران، ۲۰۰۷). کردجری و همکاران (۲۰۱۱) تغییر اقلیم و اثرات آن در استان گلستان در دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی را با مطالعه روی داده‌های دما و بارش ایستگاه‌های هواشناسی استان و بررسی سه سناریوی مدل HadCM3^{۱۱} اعلام کرده‌اند که در دوره مذکور، میانگین دما در آن استان نسبت به دوره آماری ۱۹۹۳-۲۰۰۷ میلادی به میزان ۰/۹ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد داشت و مقدار بارش سالانه استان ۶/۷ درصد افزایش خواهد یافت. مشهودی و پیرمردیان (۲۰۱۵) به‌منظور بررسی تغییرات پارامترهای اقلیمی دما و بارش در ایستگاه کشاورزی رشت، از مدل ریزمقیاس LARS-WG و سه سناریوی A1B، A2 و B1 برای سه دوره زمانی ۲۰۱۱-۲۰۳۰، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۹ استفاده کرده و نتیجه گرفته‌اند که تحت هر سه سناریو، دما در دوره‌های آینده در منطقه افزایش پیدا کرده، اما تحت سناریوی A2 افزایش دما، شدت بیشتری نسبت به سناریوهای A1B و B1 دارد.

4. Kaneko

5. Badger

6. Global Circulation Model(GCM)

7. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

8. Dibike & Coulibaly

9. Kilsby

10. Graham

11. Hadley Centre Coupled Model, version 3

1. Purkey

2. Global Environment Facility

3. World Meteorological Organization (WMO)

همکاران (۲۰۱۱) برای تهیه نقشه بیابان‌زایی بستر خشک هامون، از مدل ESAs^۵ استفاده کرده و نتیجه گرفته‌اند که ۴۸/۲ درصد منطقه در طبقه بحرانی متوسط قرار دارد. النا توپا^۶ و همکاران (۲۰۱۳) حساسیت به بیابان‌زایی دو منطقه نیمه‌شهری جنوب صحرائی اوآگادوگو (بورکینافاسو) و سنت لوئیس (سنگال) را با استفاده از روش اصلاح‌شده ESAs بررسی و بخش شمالی منطقه سنت لوئیس را با حساسیت بحرانی به بیابان‌زایی معرفی کرده‌اند. آن‌ها در نهایت، نقشه بیابان‌زایی توسعه‌یافته را ابزاری ارزشمند برای ترویج مدیریتی کارآمدتر از مناطق آسیب‌دیده و جهت‌یابی مؤثر برای سیاست‌های پیشگیری از بیابان‌زایی قلمداد کرده‌اند؛ در این باره، فلاح سورکی و همکاران (۲۰۱۶) استفاده از نرم‌افزار GIS را به‌عنوان یک ابزار کمکی مؤثر برای برنامه‌ریزی‌های مدیریتی حفاظت منابع آب و خاک اعلام کرده‌اند. سیلاخوری و همکاران (۲۰۱۴) بیابان‌زایی را یکی از بزرگ‌ترین چالش‌های زیست‌محیطی زمان حال برشمرده‌اند و به‌منظور ارزیابی شدت خطر و ریسک بیابان‌زایی منطقه سبزوار، از مدل بیابان‌زایی MICD و معادله ریسک (با اعمال کلاس خطر بیابان‌زایی، عناصر در معرض خطر و آسیب‌پذیری آن‌ها) استفاده کرده و نتیجه گرفته‌اند که بیشترین سطح منطقه را کلاس زیاد ریسک (۴۷ درصد) و کمترین سطح را کلاس خیلی کم‌ریسک (۹ درصد) به‌خود اختصاص داده است. در این تحقیق، تلاش شده است که تأثیر سناریوهای متفاوت تغییر اقلیم بر تغییرات برخی از متغیرهای اقلیمی (دما و بارش) و متأثر از آن، شدت خطر و ریسک بیابان‌زایی در حوضه حبله‌رود استان تهران با توجه به حساسیت اکولوژیکی و موقعیت خاص سیاسی این منطقه (مجاورت با پایتخت کشور) بررسی شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز حبله‌رود از نظر تقسیمات سیاسی جزء استان‌های تهران (شهرستان فیروزکوه و قسمتی از شهرستان دماوند) و نیز سمنان (قسمت‌هایی از شهرستان گرمسار و ایوانکی) بوده و از

پیرمردیان و همکاران (۲۰۱۶) دمای بیشینه، تابش و بارش را در ایستگاه سینوپتیک رشت، تحت سناریوهای مختلف تغییر اقلیم (A2 و A1B) و برای دو دوره ۳۰ ساله ۲۰۱۳-۲۰۴۲ و ۲۰۴۳-۲۰۷۲ برآورد کرده‌اند. نتایج پژوهش ایشان نشان داده که درباره پارامترهای دمای کمینه و بیشینه، بیشترین تغییرات میانگین بلندمدت سالانه، در دوره ۳۰ ساله دوم و به‌ترتیب تحت سناریوهای A2 و A1B و به‌میزان ۱/۳ و ۲/۰ درجه سانتی‌گراد است. لویز (۲۰۰۸) به‌منظور مقایسه دو روش ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM و LARS-WG در حوضه لیسین^۱، دوره آماری ۱۹۶۱-۱۹۹۰ را به‌عنوان دوره مبنا انتخاب کرده و داده‌های سناریو A2 مدل HadCM3 را برای دوره ۲۰۴۱-۲۰۷۰ با استفاده از مدل‌های SDSM و LARS-WG ریزمقیاس‌نموده است. آنالیزهای عدم اطمینان میانگین و واریانس دو مدل در تمام ماه‌های سال به داده‌های مشاهداتی خیلی نزدیک بوده و شبیه‌سازی‌های هر دو مدل از داده‌های دمای حداقل و حداکثر به داده‌های مشاهداتی بسیار نزدیک بوده، اما عدم اطمینان واریانس‌ها نشان داده که عملکرد شبیه‌سازی LARS-WG برای بارش کمی بهتر است. محمدلو و همکاران (۲۰۱۶) در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر روند تغییرات دما و بارندگی حوضه آبخیز بالاندوزچای در استان آذربایجان غربی، با استفاده از مدل‌های چرخش عمومی جو و کاربرد مدل ریزمقیاس لارس اعلام کرده‌اند که در دوره‌های آتی، مؤلفه‌های دما نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت و همچنین میزان بارندگی در دوره آتی، به‌میزان قابل‌توجهی افزایش خواهد یافت؛ با این حال، تغییر در الگوی زمانی بارندگی‌ها مشاهده می‌شود. در عین حال، افزایش دما می‌تواند این افزایش بارندگی را با افزایش میزان تبخیر و تعرق و افزایش نیاز آبی گیاهان خنثی کند. لادیس^۲ و همکاران (۲۰۰۲) برای ارزیابی بیابان‌زایی بر طبق روش مدالوس، با استفاده از میانگین هندسی شش شاخص خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، مدیریت و شاخص فشار انسانی، نقشه نهایی بیابان‌زایی منطقه باری^۳ ایتالیا را ترسیم کرده‌اند. پروری^۴ و

1. Lisbon
2. Ladisa
3. Bari
4. Parvari

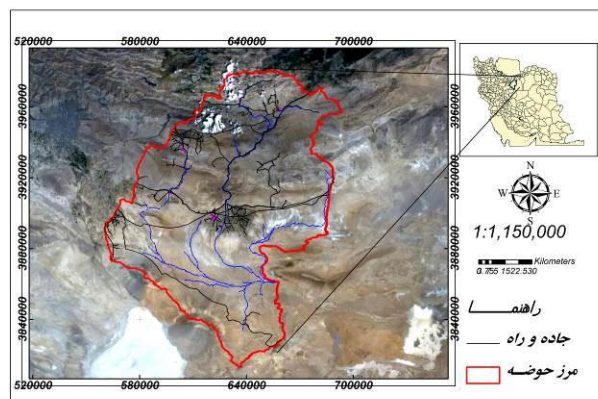
5. Environmental Sensitivity Areas to Desertification
6. Elena Topa

جدید (که به‌عنوان شاخص‌های کلیدی بیابان‌زایی مطرح می‌شود) و درنهایت، انعطاف‌پذیری زیاد ساختار مدل در انتخاب شاخص‌های کلیدی بیابان‌زایی است (کاسماس^۱ و همکاران، ۱۹۹۹). شناخت معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی و تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر آن در هر منطقه، گام نخست برنامه‌ریزی منطقی به‌منظور بیابان‌زدایی است (ضیایی، ۲۰۰۷)، (سلیمانی ساردو، ۲۰۱۶). برای این منظور، لایه‌های درصد سنگریزه، مواد مادری، شیب، عمق خاک، شرایط زهکشی، بارندگی سالانه، شاخص خشکی، حفاظت از خاک، درصد پوشش گیاهی و کاربری اراضی استفاده شد. بعد از تهیه نقشه لایه‌ها، باتوجه‌به بازدهی‌های صحرائی و نقشه‌های پایه، ارزش‌های مربوط به شاخص‌های کیفیت خاک (با استفاده از میانگین هندسی لایه‌های درصد سنگریزه، مواد مادری، شیب، عمق خاک، شرایط زهکشی)، کیفیت پوشش گیاهی (با استفاده از میانگین هندسی لایه‌های حفاظت از خاک، درصد پوشش گیاهی)، کیفیت مدیریت اراضی (با استفاده از لایه کاربری اراضی) و کیفیت اقلیم (با استفاده از میانگین هندسی لایه‌های بارندگی سالانه، شاخص خشکی) ارزیابی و درنهایت، با میانگین‌گیری هندسی این شاخص‌ها با استفاده از رابطه (۱) و به‌کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی شاخص حساسیت $ESAI^2$ تعیین شد.

$$ESAs = [SQI \times VQI \times MQI \times CQI]^{1/4} \quad (1)$$

که در آن، $ESAs$ خطر بیابان‌زایی، SQI شاخص کیفیت خاک، VQI شاخص کیفیت پوشش گیاهی، MQI شاخص کیفیت مدیریت اراضی و CQI شاخص کیفیت اقلیم است. به‌عبارت دیگر، از میانگین هندسی لایه‌ها در هر شاخص، نقشه کیفی شاخص موردنظر به‌دست می‌آید و در انتها از میانگین هندسی شاخص‌ها، نقشه حساسیت منطقه به بیابان‌زایی حاصل می‌شود (کاسماس و همکاران، ۱۹۹۹). درنهایت، بر پایه جدول (۱)، کلاس‌های بیابان‌زایی مشخص شد. هریک از شاخص‌ها، باتوجه‌به اثری که در بیابان‌زایی دارند، براساس روش $ESAs$ وزن‌دهی شدند؛ به‌طوری‌که دامنه ارزش آن‌ها بین ۱ (بهترین حالت) و ۲ (بدترین حالت) است.

لحاظ موقعیت جغرافیایی، در طول $51^\circ 40' 00''$ تا $101^\circ 00' 00''$ شرقی و عرض $34^\circ 25' 00''$ تا $35^\circ 58' 00''$ شمالی قرار گرفته (شکل ۱) که مساحت کل آن $12661/5$ کیلومتر مربع است. حداقل ارتفاع حوضه 733 متر، حداکثر ارتفاع 3878 متر و ارتفاع متوسط آن 2301 متر است. شیب متوسط وزنی حوضه، $8/5$ درصد و جهت شیب جنوبی نیز با فراوانی $26/9$ درصد، دارای بیشترین مساحت در این حوضه است. در حوضه حبله‌رود، دو ایستگاه سینوپتیک گرمسار و فیروزکوه وجود داشته که در این تحقیق، پارامترهای حداقل و حداکثر دما، بارش و ساعات آفتابی ایستگاه‌های مذکور به‌صورت روزانه، مطالعه شده‌اند. دوره زمانی $1981-2010$ به‌عنوان دوره مشاهداتی انتخاب و داده‌های هواشناسی مذکور از سازمان هواشناسی کشور دریافت شدند.



شکل (۱): موقعیت حوضه حبله‌رود در کشور و استان

روش تحقیق

ارزیابی خطر بیابان‌زایی

در این تحقیق، به‌منظور ارزیابی و ارائه نقشه پهنه‌بندی خطر بیابان‌زایی، از روش $ESAs$ استفاده شد. این مدل به‌عنوان یکی از جدیدترین روش‌های ارائه‌شده در جهان، توسط کمیسیون اروپا در پروژه‌ای با عنوان *مدل‌لوس انجام شده* و در اکثر کشورهای خاورمیانه تست شده که انطباق نزدیکی را با شرایط خاورمیانه نشان داده است. دلایل انتخاب این مدل و تکمیل ساختار آن، وجود مزایای ویژه این مدل از قبیل دقت بیشتر آن در ارزیابی خطر به‌دلیل روش خاص وزن‌دهی لایه‌ها، استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در تلفیق نقشه‌ها، کاهش میزان خطای کارشناسی در ارزیابی خطر، استفاده از شاخص‌های

1. Kosmas

2. Environmental Sensitive Area Index

پیش‌بینی اقلیم آتی

در این مطالعه، داده‌های هواشناسی روزانه ذکر شده به قالب مناسب مدل LARS-WG 5.5 تبدیل شدند. این نسخه شامل پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی از ۱۵ مدل آب‌وهوایی مورد استفاده در گزارش ارزیابی چهارم (AR4) هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم است (پاچائوری^۲ و همکاران، ۲۰۰۸) و از مدل اقلیمی HadCM3 که دارای ۳ سناریوی انتشار مشترک ذکر شده می‌باشد، استفاده شده که دارای قدرت تفکیک مکانی $2.5^\circ \times 3.75^\circ$ است. در این سناریوها (از سری سناریوهای انتشار با نام SRES^۳)، میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای باتوجه‌به پیش‌بینی محرک‌هایی^۴ مانند میزان جمعیت، نرخ رشد اقتصادی و میزان اهمیت به محیط زیست برای دوره‌های آتی تعیین می‌شود (اسمیتسون^۵، ۲۰۰۲؛ مساح بوانی و مرید، ۲۰۰۶). همچنین به‌منظور ریزمقیاس‌نمایی^۶ در این پژوهش، از ریزمقیاس‌نمایی آماری با استفاده از مدل LARS-WG استفاده شده است که در آن، مدل باتوجه‌به روند موجود در سری زمانی داده‌های مشاهداتی، اقدام به بازتولید داده‌های ایستگاه‌ها در همین دوره کرده و درنهایت، با استفاده از آزمون‌های آماری (شامل آریبی یا بایاس^۷، ضریب ناش-ساتکلیف^۸، میانگین مطلق خطا^۹ و خطای جذر میانگین مربعات^{۱۰})، به شرح جداول ۴ و ۵) و رسم نمودار، میانگین‌های ماهانه داده‌های شبیه‌سازی شده با داده‌های مشاهداتی مقایسه شده است تا توانایی مدل در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی در این ایستگاه‌ها ارزیابی گردد. پس از ارزیابی توانمندی مدل در هر ایستگاه، برای تولید داده برای دوره‌های آینده، لازم است فایل سناریوی تغییر اقلیم باتوجه‌به خروجی مدل‌های گردش عمومی جو برای محل مورد مطالعه، تدوین و برای مدل تعریف گردد (سمنوف و بارو^{۱۱}، ۲۰۰۲). درنهایت، برای هر سناریو، بارش و دمای پیش‌بینی شده دوباره

شاخص حساسیت مناطق به بیابان‌زایی (ESAI) براساس جدول (۱)، به چهار تیپ بحرانی، شکننده، پتانسیل تخریب و بی‌اثر تقسیم می‌شود:

جدول (۱): تیپ‌های ESAs (کاسماس و همکاران، ۱۹۹۹)

کلاس	علامت	دامنه ESAs
	C3	>۱/۵۳
بحرانی	C2	۱/۴۲-۱/۵۳
	C1	۱/۳۸-۱/۴۱
	F3	۱/۳۳-۱/۳۷
شکننده	F2	۱/۲۷-۱/۳۲
	F1	۱/۲۳-۱/۲۶
مناطق دارای پتانسیل تخریب در صورت عدم رعایت مدیریت بالقوه	P	۱/۱۷-۱/۲۲
بی‌اثر	N	<۱/۱۷

ارزیابی ریسک بیابان‌زایی

برای برآورد خسارت ناشی از بیابان‌زایی، ابتدا عناصر در معرض خطر شناسایی شوند و براساس نقشه شدت خطر بیابان‌زایی و با تعیین درجه آسیب‌پذیری، خسارت با استفاده از رابطه ریسک (رابطه ۲) به‌دست می‌آید:

$$R = H \times E \times V \quad (2)$$

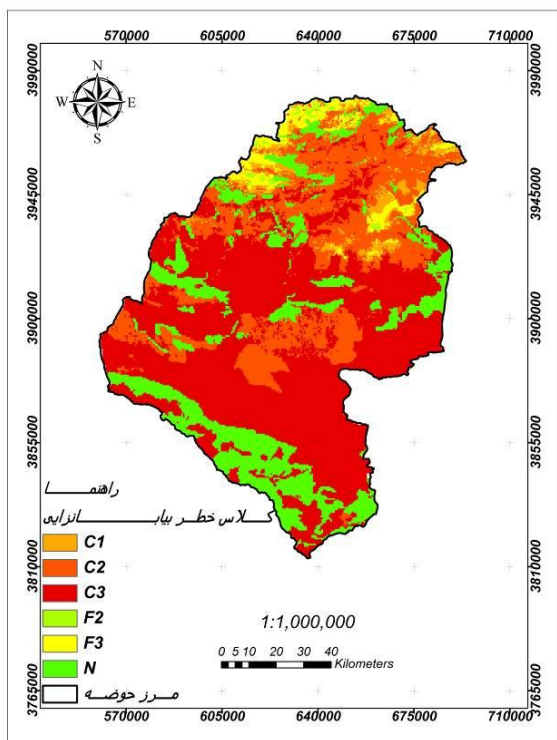
در این رابطه، R ریسک، H کلاس بزرگی خطر بیابان‌زایی، E کلاس عناصر در معرض خطر، V کلاس درجه آسیب‌پذیری عناصر است (امان^۱، ۲۰۱۶).

عناصر در معرض خطر بیابان‌زایی (جدول ۳) در منطقه مورد مطالعه، پس از شناسایی، براساس جدول (۲) کلاس‌بندی شدند (اکبری و همکاران، ۲۰۱۶) و پس از تعیین ارزش آسیب‌پذیری آن‌ها، نقشه آسیب‌پذیری نیز برای هر سناریو در هر دوره آماری تهیه شد.

جدول (۲): کلاس‌های عناصر در معرض خطر در منطقه حبله‌رود

ردیف	کلاس عناصر	طبقات کیفی	تعداد عناصر در واحد پلیگون
۱	I	خیلی کم	≤۲
۲	II	کم	۳
۳	III	متوسط	۴
۴	IV	زیاد	۵
۵	V	خیلی زیاد	≥۶

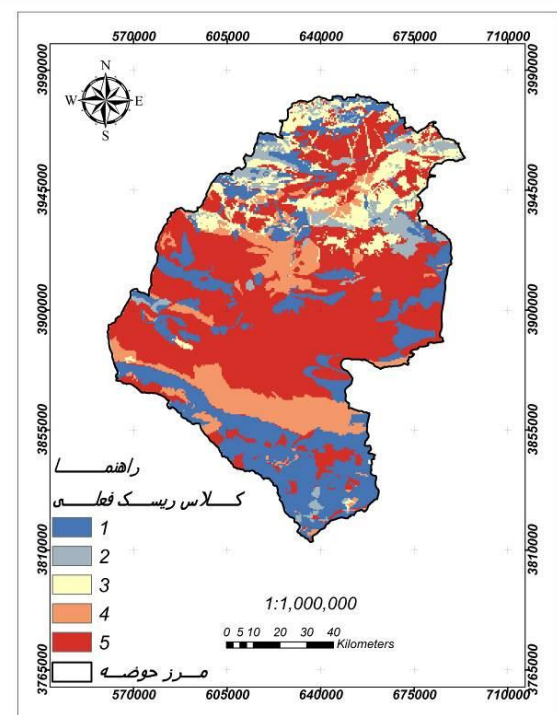
2. Pachauri
3. Special Report on Emissions Scenarios)
4. Drivers
5. Smithson
6. Down scaling
7. Bias
8. Nash-Sutcliffe Efficiency Coefficient (NSE)
9. Mean Absolute Error (MAE)
10. Root-Mean-Square Error (RMSE)
11. Semenov and Barrow



شکل (۲): کلاس‌های خطر بیابان‌زایی حوضه جله‌رود در زمان فعلی

ارزیابی ریسک بیابان‌زایی

براساس معادله ریسک، نقشه ریسک بیابان‌زایی برای دوره فعلی در ۵ کلاس خیلی کم، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد به دست آمد (شکل ۳).



شکل (۳): نقشه کلاس ریسک فعلی بیابان‌زایی حوضه جله‌رود

وارد مدل بیابان‌زایی شد تا اثر تغییر اقلیم در هر سناریو بر شدت خطر و ریسک بیابان‌زایی مشخص و پهنه‌بندی گردد.

جدول (۳): ارزش صفات عناصر در معرض خطر

عناصر	عامل	ارزش	آسیب‌پذیری
مرتع	با بالارفتن ارزش گیاهان مرتعی و افزایش شدت خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.	۲-۱۰	
اراضی درختکاری	با بالارفتن ارزش گیاهان مرتعی و افزایش شدت خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.	۲-۱۰	
زراعت	هرچه گیاه آسیب‌پذیرتر و شدت خطر افزایش پیدا کند، با ضریب ۳ افزایش پیدا می‌کند.	۳-۱۵	
چشمه، چاه، قنات	با افزایش کلاس خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.	۲-۱۰	
اماکن مسکونی	با افزایش کلاس خطر با ضریب ۳ افزایش پیدا می‌کند.	۳-۱۵	
تأسیسات	با افزایش کلاس خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.	۲-۱۰	
جاده‌های درجه ۱ در اولویت بیشتری	نسبت به جاده‌های درجه ۲ و ۳ قراردارند و با افزایش کلاس خطر با ضریب ۲ افزایش پیدا می‌کند.	۲-۱۰	

نتایج

ارزیابی خطر بیابان‌زایی

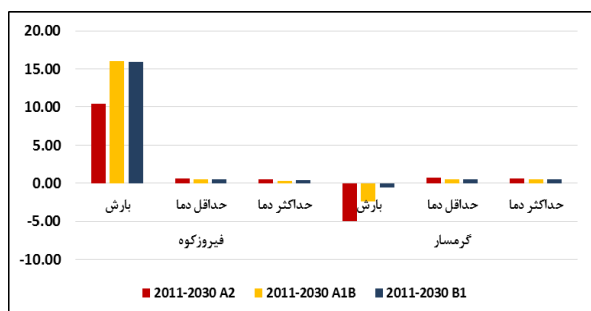
ارزیابی فعلی خطر بیابان‌زایی

لایه‌های شاخص در مدل ESAs مورد ارزش‌دهی قرار گرفته و درنهایت، نقشه هر شاخص براساس وزنی که به خود اختصاص دادند، تهیه شد. از میانگین هندسی لایه‌های هر شاخص، نقشه کیفیت شاخص‌های مربوط (کیفیت خاک (SQI)، اقلیم (CQI)، پوشش گیاهی (VQI) و مدیریت اراضی (MQI)) به دست آمد. از میانگین هندسی نقشه‌های کیفیت شاخص‌ها، نقشه خطر بیابان‌زایی فعلی (شکل ۲) تهیه شد. نقشه توزیع مکانی شدت بیابان‌زایی منطقه نشان می‌دهد که تعداد ۶ کلاس خطر (شامل کلاس‌های N، F2، F3، C1، C2 و C3) در منطقه شناسایی شده که بیشترین سطح منطقه را کلاس بحرانی شدید (C3) به خود اختصاص داده و نیازمند تمهیدات مدیریتی لازم برای مهار بیابان‌زایی است.

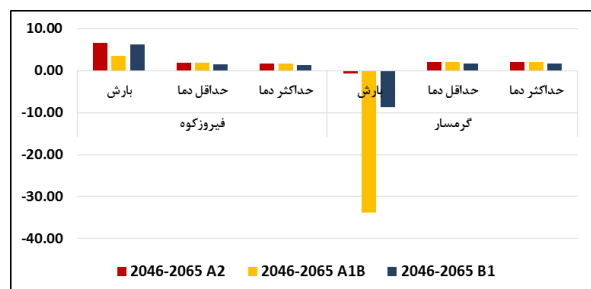
بارندگی در سناریوی مذکور ۴/۹۳ میلی‌متر کاهش خواهد یافت.

دوره آینده میانه (دوره ۲۰۴۵-۲۰۶۵)

مطابق شکل (۵)، در ایستگاه فیروزکوه، بارش، حداقل و حداکثر دمای سناریوی A2 بیشترین تغییرات را نشان خواهد داد؛ به طوری که برای بارش ۶/۵۴ میلی‌متر و برای حداقل و حداکثر دما به ترتیب ۱/۸۷ و ۱/۷۴ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. در ایستگاه گرمسار، بیشترین تغییرات بارش را سناریوی A1B با ۳۳/۸۴ میلی‌متر کاهش نشان خواهد داد. حداقل و حداکثر دما در سناریوی A2 بیشترین تغییر و روند افزایشی را خواهد داشت.



شکل (۴): نمودار تغییرات متغیرهای اقلیمی در دوره آینده نزدیک



شکل (۱): نمودار تغییرات متغیرهای اقلیمی در دوره آینده میانه

ارزیابی خطر بیابان‌زایی آینده نزدیک و میانه

با ثابت فرض کردن سایر پارامترها، اثرات تغییر اقلیم بر خطر بیابان‌زایی مطالعه شد که نقشه خطر بیابان‌زایی در آینده نزدیک و میانه سناریوی A1B به ترتیب در شکل‌های (۵) و (۶) و مقایسه کلاس‌های خطر بیابان‌زایی سناریوها در دو دوره آینده نزدیک و میانه در شکل‌های (۷) و (۸) ارائه شده است.

مقایسه کلاس‌های خطر بیابان‌زایی منطقه نشان می‌دهد که در آینده نزدیک، تغییرات بسیار اندکی در کلاس یک رخ

پیش‌بینی اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک فیروزکوه و گرمسار

اعتبارسنجی تولید داده

در جدول (۴) نتایج پارامترهای آماری حاصل از مقایسه مقادیر مشاهداتی و تولیدشده توسط مدل برای ایستگاه سینوپتیک فیروزکوه و در جدول (۵) نتایج مشابه برای ایستگاه گرمسار ارائه شده که مطابق هر دو جدول، بالا بودن مقدار NS و پایین بودن مقادیر مربوط به شاخص‌های خطاسنجی MAE و RMSE متغیرهای هواشناسی بارش، حداقل دما، حداکثر دما و ساعت آفتابی، نشان‌دهنده کارایی بالای مدل در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی حوضه حبله‌رود در دوره آماری است.

جدول (۴): نتایج پارامترهای آماری حاصل از مقایسه مقادیر واقعی و تولیدشده توسط مدل (ایستگاه فیروزکوه)

بارش	دمای حداکثر	دمای حداقل
۰/۵۶ Bias	-۰/۰۳ Bias	۰/۰۷ Bias
۰/۹۴ NSE	۱/۰۰ NSE	۱/۰۰ NSE
۰/۶۶ MAE	۰/۰۶ MAE	۰/۰۲ MAE
۳/۳۷ RMSE	۰/۲۷ RMSE	۰/۲۶ RMSE

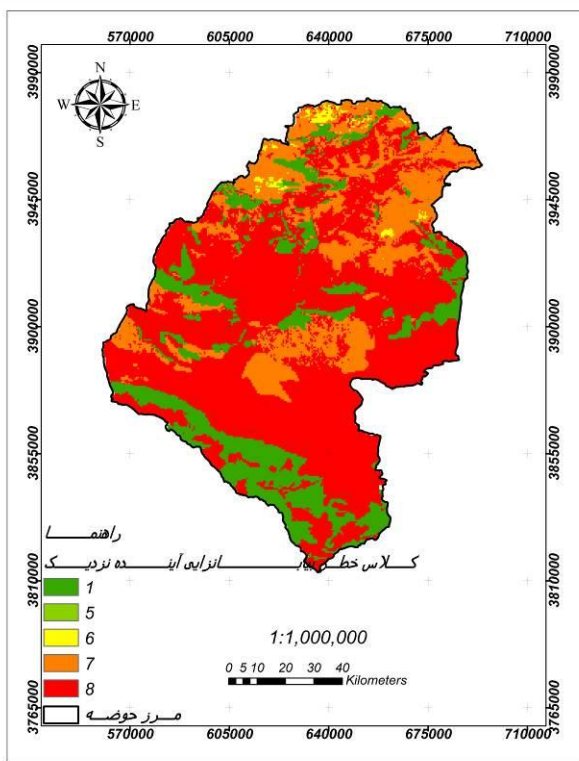
جدول (۵): نتایج پارامترهای آماری حاصل از مقایسه مقادیر واقعی و تولیدشده توسط مدل (ایستگاه گرمسار)

بارش	دمای حداکثر	دمای حداقل
-۰/۴۲ Bias	-۰/۰۳ Bias	-۰/۰۱ Bias
۰/۹۸ NSE	۱/۰۰ NSE	۱/۰۰ NSE
۰/۶۶ MAE	۰/۰۶ MAE	۰/۰۲ MAE
۲/۷۴ RMSE	۰/۳۳ RMSE	۰/۲۶ RMSE

تغییر متغیرهای هواشناسی آینده نزدیک و میانه ایستگاه‌ها

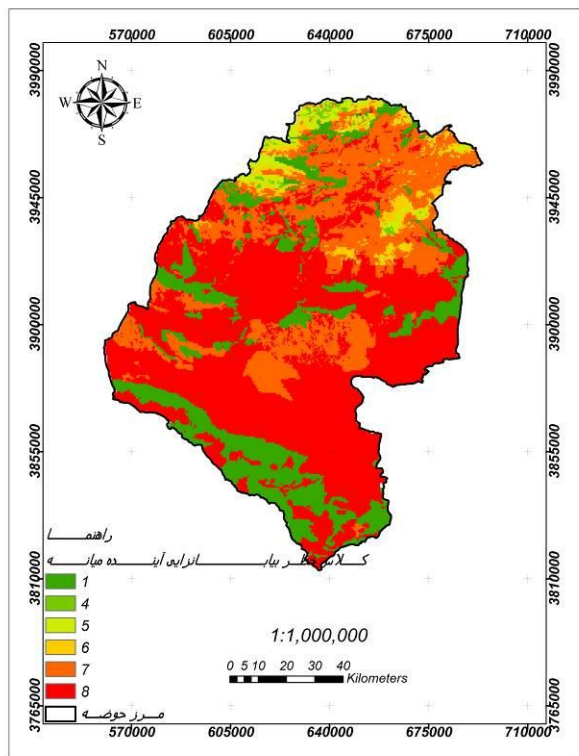
دوره آینده نزدیک (۲۰۱۱-۲۰۳۰)

همان‌طور که شکل (۴) نشان می‌دهد، در ایستگاه فیروزکوه، بیشترین تغییرات بارش در سناریوی A1B با ۱۶/۰۳ میلی‌متر افزایش است. حداقل و حداکثر دما در سناریوی A2 به ترتیب با ۰/۶۴ و ۰/۵۲ درجه سانتی‌گراد افزایش، پیش‌بینی می‌شود. در ایستگاه گرمسار، بارندگی، حداقل و حداکثر دما در سناریوی A2 بیشترین تغییرات را خواهند داشت؛ به طوری که



شکل (۶): کلاس‌های خطر بیابان‌زایی در دوره آینده نزدیک و سناریوی

A1B



شکل (۷): کلاس‌های خطر بیابان‌زایی در دوره آینده میانه و سناریوی

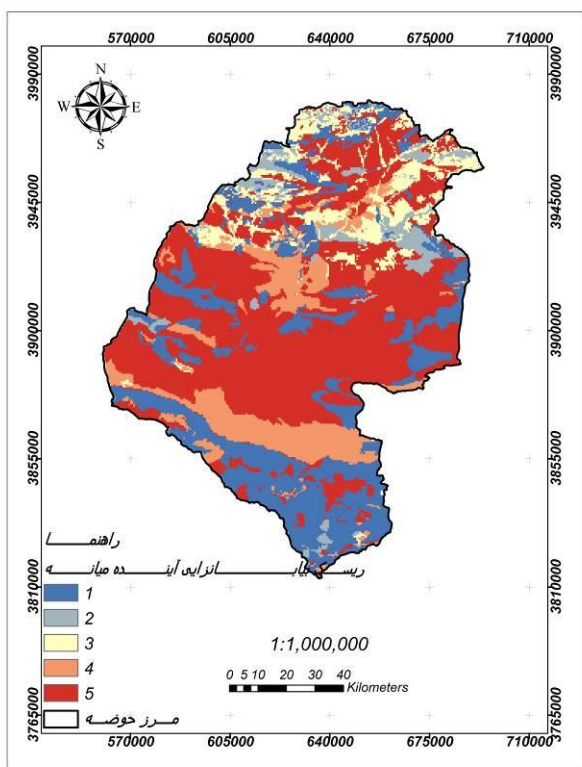
A1B

خواهد داد که کاهش خواهد بود؛ به طوری که درصد مساحت کلاس N از ۱۷/۷۹ به ۱۷/۷۸ درصد در سایر سناریوها کاهش خواهد یافت. کلاس F3 و C1 نیز پیش‌بینی می‌شود در هر سه سناریو، نسبت به شرایط فعلی مساحتشان کمتر شود. همچنین مساحت کلاس C3 (بحرانی) روند افزایشی خواهد یافت؛ به طوری که این افزایش از ۵۸/۷۵ درصد تا ۵۹/۲۹ درصد در سناریوهای A2 و B1 خواهد بود. در دوره آینده میانه، کلاس‌های C2 و C3 (بحرانی) افزایش خواهند یافت که این مقدار برای کلاس C3 از ۵۱/۱۰ درصد در سناریوی A2 تا ۵۴/۷۵ درصد در سناریوی B1 خواهد بود. در کلاس بحرانی C2 نیز این افزایش مساحت از ۲۶/۲۴ درصد در سناریوی B1 تا ۲۴/۷۹ درصد در سناریوی A2 پیش‌بینی می‌شود.

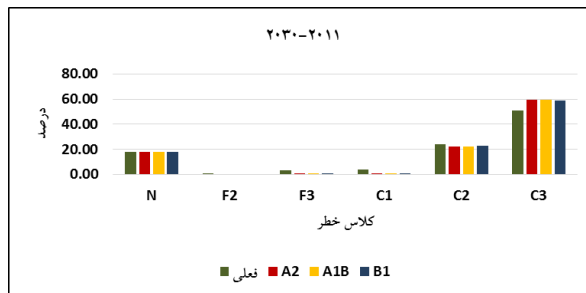
ارزیابی ریسک بیابان‌زایی آینده نزدیک و میانه

با فرض تحقق سناریوها و براساس معادله ریسک، ریسک بیابان‌زایی برای دوره‌های آتی به دست آمد که در جدول (۶) تغییرات کلاس ریسک در هر سناریو ارائه شده است. شکل (۹) و (۱۰) به ترتیب وضعیت ریسک بیابان‌زایی سناریوی A1B در دوره آینده نزدیک و میانه را نشان می‌دهد.

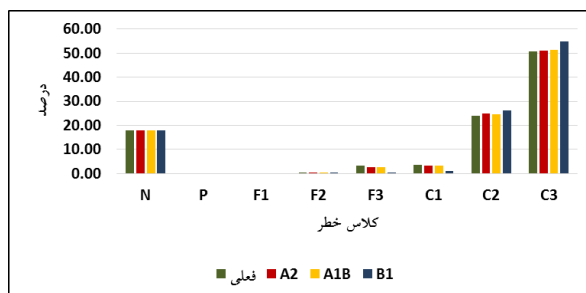
مقایسه نتایج بررسی کلاس‌های ریسک در دوره آینده نزدیک نشان می‌دهد که درصد مساحت کلاس ریسک I و II و III کاهش و در کلاس ریسک بحرانی (IV و V) روند افزایشی خواهد داشت؛ این افزایش در کلاس IV از ۱۵/۷۰ درصد در سناریوی B1 تا ۱۵/۸۷ درصد در سناریوی A2 خواهد بود. در کلاس V نیز این افزایش از ۵۰/۷۶ درصد در کلاس B1 تا ۵۰/۸۰ درصد در کلاس A2 پیش‌بینی می‌شود. در دوره آینده میانی نیز تغییراتی مشابه آینده نزدیک، درصد مساحت کلاس‌های ریسک IV و V (بحرانی) افزایش خواهند یافت. این مقدار افزایش از ۱۵/۴۹ درصد برای سناریوی B1 و کلاس IV تا ۵۰/۷۷ درصد در سناریوی A2 و کلاس V خواهد بود.



شکل (۱۱): وضعیت ریسک بیابان‌زایی سناریوی AIB دوره آینده میانه



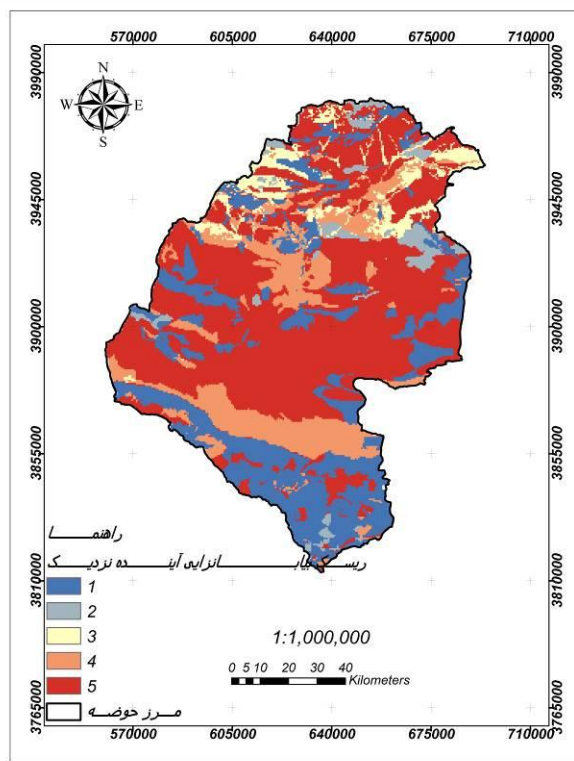
شکل (۸): مقایسه کلاس‌های خطر بیابان‌زایی سناریوها در دوره آینده نزدیک



شکل (۹): مقایسه کلاس‌های خطر بیابان‌زایی سناریوها در دوره آینده میانه

جدول (۶): درصد تغییرات مساحت کلاس‌های ریسک بیابان‌زایی در دوره‌های آتی

ریسک	۲۰۴۶-۲۰۶۵			۲۰۱۱-۲۰۳۰			ریسک
	B1	A1B	A2	B1	A1B	A2	
I	۲۳/۹	۲۴/۳	۲۴/۳	۲۳/۸	۲۳/۸	۲۳/۸	۲۴/۴
II	۳/۷	۵/۲	۵/۳	۳/۶	۳/۶	۳/۶	۵/۶
III	۷/۳	۹/۳	۹/۴	۶/۰	۵/۸	۵/۸	۹/۸
IV	۱۴/۴	۱۳/۴	۱۳/۲	۱۵/۷	۱۵/۸	۱۵/۸	۱۳/۱
V	۵۰/۶	۴۷/۶	۴۷/۶	۵۰/۷	۵۰/۷	۵۰/۸	۴۶/۹
مربع کای	۰/۹	۰/۰۳	۰/۰۲	۱/۷	۱/۸	۱/۸	-
مربع کای داخلی	۳۱/۶	۲۵/۴	۲۵/۴	۳۳/۰	۳۳/۳	۳۳/۳	۲۴/۲



شکل (۱۰): وضعیت ریسک بیابان‌زایی سناریوی AIB دوره آینده نزدیک

بحث و نتیجه گیری

نمودارهای مقایسه داده‌های مشاهداتی و تولیدی بارش، دمای حداقل و حداکثر در دو ایستگاه فیروزکوه و گرمسار نشان می‌دهد که همبستگی بالایی بین مقادیر مشاهداتی و تولیدشده توسط مدل وجود دارد و همچنین مقادیر دمای حداقل و حداکثر بیشترین همبستگی را دارند که با نتایج پژوهش پیرمادیان و همکاران (۲۰۱۶) همخوانی دارد. در پژوهش حاضر، با مقایسه میانگین‌های ماهانه مشاهداتی و تولیدشده متغیرهای هواشناسی بارش، دمای حداقل و حداکثر از پارامترهای آماری R^2 ، RMSE، MAE و NA مشخص شد که مدل کارایی لازم را برای تولید داده‌های روزانه پارامترهای ذکر شده در حوزه آبخیز حبله‌رود دارا بوده و می‌توان با طراحی سناریوها در مدل اقدام به پیش‌بینی داده‌های هواشناسی بارش، دمای حداقل و حداکثر نمود که با نتایج پژوهش‌های مشهودی و پیرمادیان (۲۰۱۵)، لویز (۲۰۰۸) و کردجری و همکاران (۲۰۱۱) همخوانی دارد. از بررسی نمودارهای خروجی برای دو ایستگاه سینوپتیک گرمسار و فیروزکوه، مشخص می‌شود که دمای حداقل و حداکثر در دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵ در مقایسه با دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ افزایش یافته و همان‌گونه که از پیش انتظار می‌رفت از بین سه سناریو مورد بررسی، بیشترین تغییرات مربوط به سناریو A2 و سپس سناریو A1B و در نهایت، سناریو B1 نسبت به دو سناریوی دیگر، کمترین تغییر در دمای حداقل و حداکثر را خواهند داشت که با پژوهش مشهودی و پیرمادیان (۲۰۱۵) همخوانی دارد. نتایج مقایسه‌ای دو ایستگاه نشان می‌دهد که در ایستگاه فیروزکوه، بارش برای دو دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ و ۲۰۴۶-۲۰۶۵ برای تمام سناریوها افزایش خواهد یافت. اما در ایستگاه گرمسار، تغییرات متفاوت‌تری را تجربه خواهیم کرد؛ به‌طوری‌که بارش در دو دوره مذکور و برای همه سناریوها به‌جز سناریوی A1B آینده نزدیک کاهش خواهد یافت که بیشترین کاهش را در سناریوی A2 آینده میانه مشاهده خواهیم کرد.

حداقل و حداکثر دما در هر دو ایستگاه سینوپتیک در دو دوره آینده نزدیک و میانه، افزایش خواهند یافت که این مقادیر برای ایستگاه گرمسار بیشتر است که با نتایج محمدملو و همکاران (۲۰۱۶) درخصوص افزایش دمای حداقل و حداکثر برای تمامی سناریوها همخوانی دارد.

نقشه خطر بیابان‌زایی نیز برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل ESAs به‌دست آمد. نقشه فعلی خطر بیابان‌زایی نشان می‌دهد که ۵۷/۱۵ درصد از سطح منطقه در کلاس خطر شدید بیابان‌زایی (C3) قرار دارد. پارامترهای اقلیمی به‌دست‌آمده برای دو دوره آتی و برای هر سناریو، دوباره وارد مدل ESAs گردید تا اثر تغییر اقلیم در خطر بیابان‌زایی مورد بررسی قرار گیرد. پیش‌بینی می‌شود با فرض ثابت ماندن سایر پارامترها، در آینده نزدیک و در اثر تغییر اقلیم باتوجه به سناریوی B1 نزدیک به ۶۰۰۰ هکتار از منطقه که در کلاس C2 و C3 قرار دارند به کلاس‌های F2، F3 و C1 بیابان‌زایی تغییر کنند. همچنین پیش‌بینی می‌شود بر مبنای سناریوی A1B آینده نزدیک، حدود ۵۵۰۰ هکتار از حوضه حبله‌رود به‌دلیل افزایش بارندگی کاهش کلاس بیابان‌زایی را از C3 به C1 شاهد خواهیم بود. در آینده میانی و در اثر تغییر اقلیم باتوجه به سناریوی A1B نزدیک به ۶۰۰ هکتار از منطقه که در کلاس F2، F3 و C1 بیابان‌زایی قرار دارند، به کلاس بحرانی C2 و C3 گذار کنند و شدت خطر بیابان‌زایی را افزایش یابد.

نقشه ریسک از معادله ریسک و با اعمال عناصر در معرض خطر و آسیب‌پذیری آنها به‌دست آمد که با نتایج سیلاخوری و همکاران (۲۰۱۴) در روش تهیه نقشه همخوانی دارد. در نهایت، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که در دوره آتی، کلاس‌های ریسک بیابان‌زایی کم (I تا III) جای خود را به کلاس‌های بحرانی خواهند داد و مساحت کلاس‌های بحرانی ریسک و خطر بیابان‌زایی افزایش خواهد یافت که نیازمند تمهیدات لازم در این زمینه خواهد بود.

منابع

10. Kaneko, D., P. Yang, N. B. Chang, and T. Kumakura. 2010. "Developing a Desertification Assessment System Using a Photosynthesis Model with Assimilated Multi Satellite Data." *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives* 38(2007):547-52.
11. Kilsby, C. G. et al. 2007. "A Daily Weather Generator for Use in Climate Change Studies." *Environmental Modelling and Software* 22(12): 1705-19.
12. Kordjazi, M., A. Meshkati, A. Babaeian and M. Razavi. 2011. Climate change analyzing on Golestan Province in the period 2039-2010 using general circulation models HadCM3 scenarios, The first national conference on drought and climate change, Water scarcity and droughts in the agricultural and natural resources research center, Tehran. 866-857
13. Kosmas, C, A Ferrara, H Briasouli, and A Imeson. 1999. "Methodology for Mapping Environmentally Sensitive Areas (ESAs) to Desertification." The Medalus project Mediterranean desertification and land use. Manual on key indicators of desertification and mapping environmentally sensitive areas to desertification. Edited by: C. Kosmas, M. Kirkby, N. Geeson. European Union 18882: 31-47.
14. Ladisa, G, M Todorovic, and G Trisorio_liuzzi. 2002. "Characterization of Area Sensitive to Desertification in Southern Italy".
15. Lopes, Pedro Miguel de Almeida Garrett Graça. 2008. "ASSESSMENT OF CLIMATE CHANGE STATISTICAL DOWNSCALING METHODS. Application and Comparison of Two Statistical Methods to a Single Site in Lisbon." : 69.
16. Jamshidi, M. Mapping sand dune hazard, risk and management plan of Khar Tooran Erg.
1. Akbari, M., M. Ownegh, H.R. Asgari, A. Sadoddin and H. Khosravi. 2016. Desertification risk assessment and management program, *Global Journal of Environmental Sciences and Management*, 2(4): 365-380
2. Ammann, W., 2016. Early Warning in Disaster Risk Reduction Needs and Potential. 7th International Conference on Integrated Natural Disaster Management-INDM 15-16 Feb, Tehran, Iran, pp. 9.
3. Badger, W N, T A Benjaminsen, K Brown, and H Svarstad. 2000. "Advancing a Political Ecology of Global Environmental Discourse. Centre of Social and Economic Research on the Global Environment."
4. Daneshian, J. 2014. Climate change orientation towards responding to new conditions, The oral article series presented in Workshop on Climate Change and Low-Tech Technologies.
5. Dibike, Yonas B, and Paulin Coulibaly. 2005. "Hydrologic Impact of Climate Change in the Saguenay Watershed: Comparison of Downscaling Methods and Hydrologic Models."
6. Fallah Sourki, M. , A. Kavian and E. Omidvar. 2016. Prioritization of Haraz sub-watersheds in order to Soil and Water Conservation Practices Based on Morphometric and Land Use Characteristics. *Journal of Water and Soil Sci. (Sci. & Technol. Agric. & Natur. Resour.)*, Vol. 20, No. 77(in Persian).
7. Global Environment Facility. 2016. Report to the Twenty-second Session of the Conference of the Parties to the United Nations. FCCC/CP/2016/6. 135p
8. Framework Convention on Climate Change
9. Graham, L. Phil, Stefan Hagemann, Simon Jaun, and Martin Beniston. 2007. "On Interpreting Hydrological Change from Regional Climate Models." *Climatic Change* 81(SUPPL. 1): 97-122.

- Future Climate Change Impacts on Water for Agriculture and Other Sectors: A Case Study in the Sacramento Valley." *Climatic Change* 87: 109–22.
25. Rahman, Kazi et al. 2015. "An Independent and Combined Effect Analysis of Land Use and Climate Change in the Upper Rhone River Watershed, Switzerland." *Applied Geography* 63: 264–72.
26. Semenov, Mikhail a, and Elaine M Barrow. 2002. "A Stochastic Weather Generator for Use in Climate Impact Studies." User Manual, Hertfordshire, UK (August): 0–27.
27. Silakhori, E., M. Ownegh & A. Sadodin. 2014. Assessing desertification hazard and risk in Sabzevar region using MICD Model. *Journal of crisis management*.5:89-99
28. Smithson, Peter A. 2002. "IPCC, 2001: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group 1 to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Edited by JT Houghton, Y. Ding, DJ Griggs, M. Noguer, PJ van Der Linden, X. Dai, K. Mas." *International Journal of Climatology* 22(9): 1144.
29. Soleimani Sardo, M., Ranjbar Fordoei A. and S. H. Mousavi. 2016. Evaluation of Desertification Hazard in the Jaz_Murian region based on Analysis of Geology-Geomorphology criterion. *Journal of Desert ecosystem engineering*. 5(10):109-122(in Persian)
- Smithson, Peter A. 2002. "IPCC, 2001: Climate Change 2001: International Journal of Climatology 22(9): 1144.
30. Topa, Maria Elena et al. 2013. "Evaluation of Sensitivity to Desertification by a Modified ESAs Method in Two Sub-Saharan Peri-Urban Areas : Ouagadougou (Burkina Faso) and." 15: 2229.
31. WMO. 2005. Climate and land degradation. No. 989, World meteorological organization, Geneva, Switzerland. ISBN 92-63-10989-3, 34p
32. Ziaee, N. 2007. Development of a regional Semnan Province. M.Sc. thesis, Gorgan University of agricultural sciences and natural resources. 102 pp
17. Mohammadi, H. and F. Taghavi. 2005. Trend of temperature and precipitation extreme indicators in Tehran Province. *Geographical Research*. 53:151-172(in Persian)
18. Mohammadlou, M., A. Haghizadeh, H. Zeinivand and N. Tahmasebi Pour. 2016. Assessment of climate change on Temperature and Precipitation change, Bandouz Chai Basin, West Azerbaijan Province. *Journal of Geographic Space*, Volume 16, Number 56-151-168
19. Mashhoodi, N. and N. Pirmoradian. 2015. Survey of climate change indicators changes on the global circulation models Incm3 data, case study: Agricultural station Rasht Province(Iran), Third International Conference on Applied Research in Agricultural Sciences, Tehran, University of Applied Sciences and Technology(in Persian)
20. Massah Bavani, A., and S. Morid. 2006. Climate change risk assessment and its impact on water resources. PhD Thesis, 187 page(in Persian)
21. Pachauri, Rajendra K et al. 2008. "IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I." II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: IPCC 104.
22. Parvari, Seyed Hedayat et al. 2011. "Application of Methodology for Mapping Environmentally Sensitive Areas (ESAs) to Desertification in Dry Bed of Hamoun Wetland (Iran)." 1(1): 65–80.
23. Pirmoradian, N., H. Hadinia, A. Ashrafzadeh. 2016. Prediction minimum and maximum temperatures, radiation and precipitation in Rasht station under various scenarios of climate change. *Joghrafiya and Barnamehrizi*, 20(55):29-44(in Persian)
24. Purkey, D R et al. 2008. "Robust Analysis of

Area .Tehran Province. M.Sc. thesis, Gorgan
University of agricultural sciences and natural
resources. 128 pp.

model for desertification hazard zonation using
Analytical Hierarchy Process (AHP) and
hazard management plan in Shahryar Desert

Comparison of climate change scenarios on the desertification hazard intensity and risk of Hablehroud basin, Tehran province

Navid Ziaee¹, Majid Ownegh^{2*}, Hamid Reza Asgari³, Ali Reza Massah Bavani⁴, Abdol Reza Salman Mahini⁵, Mohsen Hosseinalizadeh⁶

Received: 5/7/2017

Accepted: 11/9/2017

Abstract

Climate change and drought have negative consequences, including the spread of deserts. In this research, the impact of climate change on some climatic variables (temperature and precipitation) of Firoozkooch and Garmsar synoptic stations in the period 2030-2011 and 2065-2046 using LARS-WG model under scenario A2, B2 and A1B and finally desertification hazard and risk using ESAs model in Hablehroud basin due to ecological sensitivity of this area were assessed. The results revealed that the precipitation in the near future will increase from 0.23 to 4.80 mm and in the middle future will decrease from 0.80 to 0.15 mm. The minimum and maximum temperatures will increase for both future periods. Most changes in desertification classes in the near future are related to scenario B1 and scenario A1B in the middle future, in which we can consider transition and change of hazard classes (F2, F3 and C1) to the critical classes (C3 and C4). In both future periods, the percentage of the risk classes area of IV and V (critical) will increase. Therefore, this increase for the middle future will be from 15.49% for scenario B1 and class IV up to 77.50% for scenario A2 and class V.

Keywords: Desertification, Global Warming, Hablehroud, HadCM3 Model, Lars-WG.

-
1. PhD. Student of combat desertification. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
 2. Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Email: mownegh@yahoo.com
 3. Assistant Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
 4. Associate Professor of Tehran University.
 5. Associate Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
 6. Assistant Professor of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources