

پیش‌بینی و مقایسه تغییرات اقلیمی آینده با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو تحت سناریوهای مختلف در حوزه آبخیز تالار استان مازندران

- ❖ عباس غلامی*؛ دانشجوی دکترای آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، عضو هیات علمی دانشگاه شمال آمل
- ❖ کاکا شاهی؛ استادیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
- ❖ محمود حبیب نژاد روشن؛ استاد گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
- ❖ مهدی وفاخواه؛ دانشیار گروه آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس.
- ❖ کریم سلیمانی؛ استاد گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

چکیده

هدف پژوهش حاضر پیش‌بینی و مقایسه تغییرات اقلیمی آینده با استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو تحت سناریوهای مختلف در حوزه آبخیز تالار استان مازندران بوده است. با توجه به بررسی آمار ایستگاه‌های موجود، جهت بررسی پدیده تغییر اقلیم در حوزه مطالعاتی از مدل LARS-WG5 و سه سناریوی B1، A2، A1B و هر کدام در سه سری انتشار ۲۰۱۱-۲۰۲۶، ۲۰۱۱-۲۰۶۱، ۲۰۴۶-۲۰۶۱ و ۲۰۸۰-۲۰۹۵ با تعیین سال پایه ۲۰۰۷-۱۹۹۲ (به مدت ۱۵ سال) از آمار ایستگاه سینوپتیک منطقه‌ای قراخیل قائم شهر استفاده شد. نظر به اینکه مدل LARS-WG5 یکی از معتبرترین روش‌های ریزمقیاس نمائی آماری می‌باشد که تولید داده‌ها توسط این مدل در سه مرحله کالیبره کردن، ارزیابی و ایجاد داده‌های هواشناسی صورت می‌گیرد، لذا مبنایی برای پژوهش صورت گرفته در حوزه مورد مطالعه بوده است. بر اساس نتایج این پژوهش ماه‌های می و اکتبر دارای بیشترین تغییرات بارش و ماه‌های جولای و آگوست دارای تغییرات شدید کاهشی مخصوصاً در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۵ در دوره‌های آتی حوزه مطالعاتی می‌باشند که پیامدهای این تغییرات می‌تواند در وقوع سیلاب‌های فصلی در ماه‌های پربارش و همین‌طور وقوع خشکسالی‌ها و کمبود آب در فصول کم بارش در حوزه مورد مطالعه مورد توجه دقیق‌تر قرار گیرد. از لحاظ دمائی نیز ماه‌های ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر با افزایش درجه حرارت در دوره‌های آتی و ماه‌های ژانویه و فوریه نیز دارای کمترین میانگین دمای شبیه‌سازی شده آتی می‌باشند.

واژگان کلیدی: تغییرات اقلیمی، مدل‌های GCM، دما و بارش آتی، سناریوهای اقلیمی، حوزه تالار

۱. مقدمه

در سال ۲۰۰۷، چهارمین گزارش کمیسیون بین‌الدول تغییرات اقلیمی (IPCC) اعلام می‌دارد که در طول ۱۰۰ سال گذشته (۱۹۰۶-۲۰۰۵) متوسط درجه حرارت سطح زمین ۰/۷۴ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. بنابراین بر این اساس یک روند افزایشی در وقایع حدی اقلیمی مانند سیل‌ها و خشکسالی‌ها ایجاد می‌شود [۸، ۱۰، ۱۳، ۲۴، ۲۵، ۲۸]. در سال ۲۰۰۰ نیز، کمیسیون بین‌الدول تغییرات اقلیمی (IPCC) یک سری از سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق را در اتمسفر زمین در طول قرن ۲۱ منتشر کرد. همگام با گزارشات قبلی، یک عامل مهم بهبود این راهنما برای حدود عدم قطعیت تغییرات اقلیمی مناطق در آینده می‌باشد [۱۹]. با توجه به این مسائل نیاز مبرمی به منظور تعیین اثرات تغییرات اقلیمی بر هیدرولوژی و منابع آب وجود دارد [۲۸]. در مقیاس جهانی تغییرات آب و هوا شامل تغییرات درجه حرارت و تغییرات در طول مدت بارش، شدت و تناوب آن می‌باشد [۱۳]. هوای گرم قادر به نگهداری رطوبت بیشتر می‌باشد که افزایش تبخیر از سطوح مرطوب را به همراه دارد. با افزایش رطوبت در اتمسفر، رخدادهای بارش باران و برف شدیدتر شده و پتانسیل وقوع سیلاب افزایش می‌یابد. با توجه به اینکه مقدار رطوبت در خاک برای تبخیر کم و یا ناچیز می‌باشد، میزان بازتابش خورشیدی از سطح خاک بیشتر شده که این نیز به شدت و مدت گرم شدن می‌افزاید. بنابراین تغییر در اقلیم، مقدار رطوبت خاک، تغذیه آب‌های زیرزمینی، فراوانی سیلاب و وقوع خشکسالی در مناطق مختلف را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۶]. مطالعات مختلفی که با استفاده از الگوهای فعلی بارش انجام شده نیز نشان داده که بالاتر رفتن دما منجر به افزایش میزان تبخیر، کاهش جریان رودخانه و افزایش فراوانی وقوع خشکسالی می‌گردد [۷]. ارزیابی پدیده تغییر اقلیم و پیامدهای احتمالی آن بر فرآیندهای هیدرولوژی حوضه کمک

فراوانی به چالش‌های مدیران و برنامه ریزان منابع آب در دوره‌های آتی خواهد کرد. در تحقیقی [۱۶] اثرات پدیده تغییرات اقلیمی بر جریان رودخانه زاینده رود اصفهان تحت داده‌های گردش عمومی HADCM3 و دو سناریوی A2 و B2 در دو دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۷ مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل‌ها نشان از کاهش بارندگی و افزایش دما تا سال ۲۱۰۰ به خصوص در نیمه دوم قرن دارد. در تحقیق دیگری [۲] تأثیر عدم قطعیت تغییر اقلیم بر رژیم سیلاب را در حوزه آیدوغموش، آذربایجان شرقی مورد بررسی و مطالعه قرار دادند. در این تحقیق در ابتدا مقادیر دما و بارندگی ماهانه هفت مدل AOGCM مدل‌های گزارش (TAR) تحت سناریوی A2 در دوره آتی و دوره پایه ۲۰۰۰-۱۹۷۱ برای حوضه تهیه گردید. سپس این مقادیر با روش کوچک مقیاس کردن مکانی و زمانی کوچک مقیاس شدند. نتایج نشان از افزایش ۱ تا ۶ درجه‌ای دما و تغییرات ۸۰- تا ۱۰۰ درصدی بارندگی دوره ۲۰۵۰s نسبت به دوره مشاهداتی دارد. تأثیر عدم قطعیت مدل‌های چرخه عمومی جو و اقیانوس (AOGCM) و سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای بر رواناب حوضه تحت تأثیر تغییر اقلیم در حوزه قرقنو، آذربایجان شرقی مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت [۳]. در این تحقیق ابتدا مقادیر دما و بارش ماهانه هفت مدل AOGCM تحت سناریوهای A2 و B2 در دوره آتی و دوره پایه ۲۰۰۰-۱۹۷۱ برای حوضه، تهیه شده و سپس کوچک مقیاس شدند. نتایج نشان از کاهش بارندگی و افزایش دما در دوره آتی داشته، به طوری که دمای حوضه در دوره آتی برای سناریوی A2 بین ۰/۲ تا ۳ و برای B2 بین ۰/۳ تا ۴ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. در پژوهشی دیگر [۴] با عنوان ارزیابی اثرات هیدرولوژیکی تغییر اقلیم در حوزه آبخیز گرگانرود با استفاده از سناریوهای تغییر اقلیم از خروجی‌های مدل چرخش عمومی جو برای حد پائین و بالای انتشار گازهای گلخانه‌ای انجام گردیده است، نتایج مطالعه ضمن تأیید کارایی مدل نشان داد که در شرایط اقلیمی آینده برای

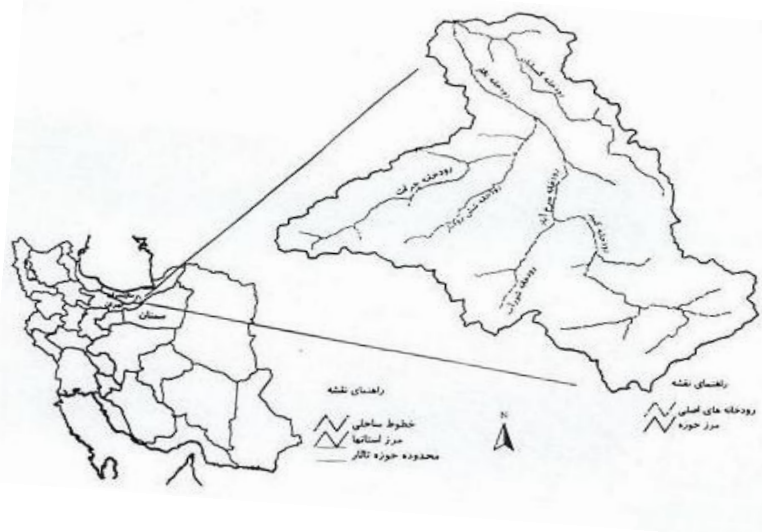
طول جغرافیائی شرقی و $۳۵^{\circ} ۴۴' ۲۳''/۰۶$ الی $۱۹^{\circ} ۱۱' ۱۱''/۰۶$ عرض جغرافیائی شمالی واقع شده است و توسط یک رودخانه اصلی بنام تالار که امتداد جنوب به شمال زهکش می‌گردد و از سرشاخه‌های مهم آن می‌توان به رودخانه‌های سرخ آباد، شورآب، کبیر، بزلا، چرات و شش رودبار اشاره کرد. رودخانه اصلی این حوضه دارای طول کل حدود ۱۰۰ کیلومتر بوده و در نزدیکی خروجی حوضه با رودخانه کسلیان تلاقی می‌کند. حوزه آبخیز تالار که بین حداقل و حداکثر ارتفاع در حدود ۳۶۹۵ متر اختلاف ارتفاع وجود دارد دارای ارتفاعات مهمی همچون برف پاجون، ورزاک، چیلکا شمعدان، چهارز، سامان سی، چهار تب، سفید لت، تروا، کند دره، سیاه کوه، بشم، سیاه دره، آسمان لو، شاه محمد قله، علم دار و ... می‌باشد. بلند ترین ارتفاع در منتهی الیه شمال غربی حوضه، قله شلجمار زردین با ارتفاع ۳۹۱۰ متر و پست ترین نقطه در خروجی حوضه با ارتفاع ۲۱۵ متر از سطح دریای آزاد قرار گرفته‌اند. رودخانه تالار پس از خروجی حوضه حدود ۵۰ کیلومتر را در دشت قائم شهر - بابل طی نموده و به دریای خزر می‌ریزد. شکل ۱ موقعیت حوزه تالار در استان مازندران و کشور ایران را نشان می‌دهد.

دوره زمانی ۲۰۷۰-۲۰۹۹ مقدار بارندگی سالانه حوضه به میزان $۳/۲$ تا $۶/۷$ درصد کاهش خواهد یافت. مدل‌سازی اقلیم استان‌های تهران و مازندران با استفاده از مدل اقلیمی LARS-WG و مقایسه تغییرات آن در جبهه شمالی و جنوبی البرز مرکزی در تحقیقی [۱۱] مورد ارزیابی قرار گرفت. در این تحقیق ایستگاه‌های سینوپتیک دو استان تهران و مازندران در دوره ۱۹۸۸-۲۰۰۵ مورد بررسی قرار گرفته و برای دوره ۲۰۱۰-۲۰۳۹ با استفاده از مدل اقلیمی LARS-WG و ریز مقیاس نمایی داده‌های گردش عمومی جو پیش‌بینی شده است. این محققین به این نتیجه رسیدند که در نهایت با توجه به افزایش دما و کاهش بارندگی در هر دو استان کویرزایی در آینده سرعت بیشتری خواهد یافت.

۲. روش شناسی

۱.۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه حوزه آبخیز تالار در البرز مرکزی و در دو طرف جاده آسفالت تهران، قائمشهر واقع گردیده و سطوح حوزه مورد مطالعه $۲۱۰۰۸۸/۷$ هکتار می‌باشد که در مختصات $۲۲^{\circ} ۲۲' ۳۴''/۱۹$ الی $۵۳^{\circ} ۲۳' ۳۴''/۱۹$



شکل ۱. موقعیت حوضه تالار در استان مازندران و کشور ایران

مراکز گوناگون تحقیقاتی دنیا تدوین و طراحی شده است [۱۴،۲۷]. جدول شماره ۱ مشخصات بعضی از این مدل‌های اقلیمی و کشوری که آن را ارائه داده است را نشان می‌دهد [۱۹].

از آنجا که مهم ترین ورودی این مدل‌ها میزان انتشار گازهای گلخانه ای در دوره‌های آتی بوده و از طرف دیگر محاسبه و تعیین انتشار این گازها در دوره‌های آینده به طور قطعی امکان پذیر نمی‌باشد، از این رو سناریوهای مختلفی که شامل چگونگی تغییرات این گازها در آینده می‌باشد ارائه شده است که آنها را سناریوهای انتشار (Emission Scenario) می‌نامند. شکل ۲ طبقات مختلف چهار سری اصلی از سناریوهای انتشار IPCC را نشان می‌دهد.

در تحقیق حاضر برای ارزیابی تغییرات اقلیمی در حوزه تالار استان مازندران از مدل Hadcm3 مربوط به مرکز تحقیقات هادلی کشور انگلستان استفاده شده است. جهت پیش بینی اقلیمی آینده از اطلاعات ایستگاه سینوپتیک قراخیل قائم شهر استفاده شده است که پس از بررسی آمار این ایستگاه، اطلاعات مربوط به سال آماری ۲۰۰۷-۱۹۹۲ این ایستگاه به مدت ۱۵ سال که کاملتر بوده است استخراج شد تا جهت پیش بینی وضعیت اقلیمی آینده مورد استفاده قرار گیرد.

رژیم بارندگی منطقه مورد مطالعه کاملاً مدیترانه‌ای است. بارندگی فصلی کاملاً متغیر است. ۳۳٪ بارش در زمستان، ۱۷٪ در تابستان، ۲۴٪ در پائیز و ۲۵٪ در بهار حادث می‌شود. ضریب برف‌گیری سالانه محدوده مطالعاتی حوضه ۲۱/۹ درصد برآورد شده است. متوسط درجه حرارت در شبکه ۱۲/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. براساس اقلیم نمای آمبروزه وضعیت اقلیمی این منطقه به ۵ ناحیه اقلیمی از نیمه خشک سرد تا مرطوب معتدل تقسیم بندی شده است. [۱۸]

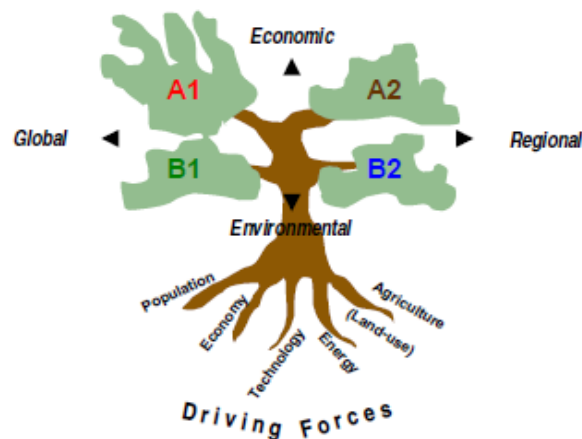
۲.۲. مدل‌های اقلیمی و مدل‌های چرخش عمومی

جو (GCM)

مدل‌های GCM (General Circulation Models) یا مدل‌های چرخش عمومی جو مدل‌های عددی بوده که فرایندهای مابین اتمسفر، اقیانوس، یخ کره (Cryosphere) و سطح زمین را به طور سه بعدی شبیه‌سازی می‌کنند. این مدل‌ها با در نظر گرفتن یک شبکه سه بعدی، نوعاً با مقیاس افقی (طول جغرافیائی) ۶۵۰ کیلومتر و عرض جغرافیائی ۲۵۰ کیلومتر، ۱۰ تا ۲۰ لایه عمودی در اتمسفر بخش خشکی زمین و بیش از ۳۰ لایه در اقیانوسها، پارامترهای اقلیمی را تولید می‌کنند. تاکنون مدل‌های گردش عمومی مختلفی در

جدول ۱. مشخصات بعضی از مدل‌های اقلیمی و کشور ارائه دهنده آن

نام خلاصه شده مدل	کشور	تسطیح زوایا	شبکه	تعداد نقاط در شبکه افقی	وضوح افقی (تعداد سطوح مدل)	تصحیح	تغییرات دما (در مقیاس جهانی به درجه سانتی‌گراد)
CCSRNIES	ژاپن	T21	۵/۶×۵/۶	۲۰۴۸	۲۰	بلی	۴/۴
CGCM2	کانادا	T32	۳/۸×۳/۸	۴۶۰۸	۱۰	بلی	۳/۵
CSIRO MK2	استرالیا	R21	۳/۲×۵/۶	۳۵۸۴	۹	بلی	۳/۴
ECHAM4/OPYC3	آلمان	T42	۲/۸×۲/۸	۸۱۹۲	۱۹	بلی	۳/۳
GFDLR30	آمریکا	R30	۲/۲×۳/۸	۷۶۸۰	۱۴	بلی	۳/۱
HADCM3	انگلستان	-	۲/۵×۳/۸	۷۰۰۸	۱۹	خیر	۳/۲
NCAR DOE PCM	آمریکا	T42	۲/۸×۲/۸	۸۱۹۲	۱۸	خیر	۲/۴



شکل ۲. طبقات مختلف چهار سری اصلی از سناریوهای انتشارن IPCC (۱۷)

TGCM, base, در دوره آتی برای هرماه AOGCM میانگین دمای ۳۰ ساله دوره پایه در دوره مشابه با دوره شبیه‌سازی شده برای هرماه می‌باشد. برای بارندگی نیز موارد ذکر شده برقرار می‌باشد. کوچک مقیاس کردن به لحاظ مکانی و زمانی انجام می‌شود. یکی از روش‌های کوچک مقیاس کردن مکانی، روش تناسبی است. در این روش، متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده توسط AOGCM از اطلاعات مربوط به سلولی استخراج می‌شود که منطقه مورد مطالعه در آن قرار می‌گیرد. از روش‌های کوچک مقیاس کردن زمانی نیز می‌توان به روش عامل تغییر (Change factor) اشاره کرد در روش عامل تغییر برای بدست آوردن سری زمانی سناریوهای اقلیمی در آینده، سناریوهای تغییر اقلیم به مقادیر مشاهده‌ای (دوره پایه) افزوده می‌شود:

$$T = T_{obs} + \Delta T \quad (۳)$$

$$P = P_{obs} \times \Delta P \quad (۴)$$

در روابط فوق T_{obs} بیانگر سری زمانی دمای مشاهداتی در دوره پایه. T سری زمانی دما حاصل از

۳.۲. ریز مقیاس نمائی (Down Scaling)

به دلیل بزرگ بودن سلول‌های محاسباتی مدل‌های AOGCM شبیه‌سازی نوسانات اقلیمی همرا با اغتشاش (NOISE) است. به منظور حذف این اغتشاشات، معمولاً به جای استفاده مستقیم از داده‌های AOGCM در محاسبات تغییر اقلیم، از میانگین دوره ای این داده‌ها استفاده می‌شود بنابراین برای محاسبه سناریوی تغییر اقلیم در هر مدل مقادیر "اختلاف" برای دما (رابطه ۱) و "نسبت" برای بارندگی (رابطه ۲) برای متوسط درازمدت هر ماه در دوره آتی یا شبیه‌سازی شده پایه توسط همان مدل برای هر سلول از شبکه محاسباتی محاسبه می‌شود:

$$\Delta T_i = (\bar{T}_{GCM, fut, i} - \bar{T}_{GCM, base, i}) \quad (۱)$$

$$\Delta P_i = \left(\frac{\bar{P}_{GCM, fut, i}}{\bar{P}_{GCM, base, i}} \right) \quad (۲)$$

در روابط فوق ΔT_i و ΔP_i به ترتیب بیانگر سناریوی تغییر اقلیم مربوط به دما و بارندگی برای میانگین دراز مدت ۳۰ ساله هر ماه $(1 \leq I \leq 12)$ ، $\bar{T}_{GCM, fut, I}$ میانگین دمای شبیه‌سازی شده ۳۰ ساله توسط

استفاده شده است. با توجه به دوره پایه در نظر گرفته شده ۲۰۰۷-۱۹۹۲ به مدت ۱۵ سال مربوط به نزدیکترین ایستگاه سینوپتیک منطقه (ایستگاه قراخیل قائم شهر)، میانگین بارش و دمای ماهانه دوره پایه برای ماه‌های مختلف سال از آمار این ایستگاه استخراج شد و سپس مدل LARS-WG5 میانگین بارش و دمای ماهانه را برای دوره‌های آتی شبیه‌سازی نمود. همچنین دمای کمینه (حداقل) و دمای بیشینه (حداکثر) برای دوره‌های آتی نیز توسط مدل محاسبه شد و با توجه به این موارد، مقدار ΔT (اختلاف برای دما) و ΔP (نسبت برای بارندگی) جهت ریزمقیاس نمایی برای این حوضه محاسبه گردیده است. جدول ۲ محاسبه این نسبت‌ها برای این حوضه را نشان می‌دهد.

پدیده تغییر اقلیم در دوره آتی و ΔT سناریوی تغییر اقلیم کوچک مقیاس شده می‌باشد. در رابطه (۴) برای بارندگی نیز موارد ذکر شده برقرار می‌باشد. روش‌های ریزمقیاس‌سازی به دو بخش عمده تقسیم می‌شوند: ۱- آماری ۲- دینامیکی. با استفاده از روش‌های مختلف ریزمقیاس کردن می‌توان تغییرات اقلیمی را در آینده موردبررسی قرار داد [۹]. از مدل‌هایی که برای ریزمقیاس نمایی دینامیکی استفاده می‌شود می‌توان MM5، RegCM3، و PRECIS اشاره کرد. انواع مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری عبارتند از: GEM، MET&ROLL، USCLIMATE و SDSM، CLIMGEN، LARS-WG و... می‌باشد [۲۰]. در این پژوهش جهت تولید داده‌های تصادفی آینده وضعیت اقلیمی از مدل LARS-WG

جدول ۲. محاسبه نسبت برای بارندگی و اختلاف برای دما در حوضه تالار

سناریوهای تغییر اقلیم بارش ماهانه	سناریوهای تغییر اقلیم دمای ماهانه	میانگین دمای ماهانه دوره شبیه‌سازی شده	میانگین دمای حداکثر ماهانه دوره شبیه‌سازی شده	میانگین دمای حداقل ماهانه دوره شبیه‌سازی شده	میانگین دمای ماهانه دوره پایه	میانگین دمای حداکثر ماهانه دوره پایه	میانگین دمای حداقل ماهانه دوره پایه	میانگین بارش ماهانه دوره شبیه‌سازی شده	میانگین بارش ماهانه دوره پایه	ماه‌های سال
۱/۱۷	-۰/۰۴	۷/۳۸	۱۱/۹۴	۲/۸۱	۷/۳۴	۱۲/۴۸	۲/۹۲	۷۴/۹۶	۶۴/۱۲	ژانویه
۱/۱۲	-۰/۲۶	۸/۰۲	۱۲/۳۵	۳/۶۹	۸/۲۶	۱۳/۰۸	۳/۴۸	۶۲/۹۲	۵۶	فوریه
۱/۰۴	-۰/۰۴	۱۰/۶۲	۱۴/۸۸	۶/۳۹	۱۰/۶۵	۱۵/۱۶	۶/۱۳	۷۱/۰۱	۶۹	مارس
۱/۱۸	۰/۱	۱۵/۳۶	۱۹/۸۶	۱۰/۹۲	۱۵/۴۹	۲۰/۱۷	۱۰/۸۱	۵۶/۷۴۴	۴۸	آوریل
۱/۷۱	-۰/۱۶	۱۹/۹۶	۲۴/۳۲	۱۵/۶	۲۰/۱۲	۲۴/۶۲	۱۵/۶۲	۴۱/۷۸	۳۵/۶۹	می
۰/۸۱	-۰/۷۳	۲۳/۶۱	۲۷/۸۱	۱۹/۴۱	۲۲/۸۸	۲۶/۳۸	۱۹/۷۵	۲۶/۷۶	۳۶/۶۲	ژوئن
۱/۰۱	-۰/۰۸	۲۵/۸۸	۳۰/۲۳	۲۱/۵۲	۲۵/۹۵	۳۰/۲	۲۱/۷	۳۶/۶۹	۳۶/۰۶	جولای
۱/۱	-۰/۳۴	۲۷/۷۴	۳۱/۱۵	۲۲/۳۳	۲۷/۰۸	۳۱/۷۱	۲۲/۴۴	۳۲/۹۳	۲۹/۸۸	اگوست
۰/۹۸	-۰/۲۱	۲۳/۷۶	۲۸/۱۴	۱۹/۳۷	۲۳/۹۶	۲۸/۵۴	۱۹/۳۸	۸۰/۷۶	۸۲/۴۴	سپتامبر
۱/۴۱	-۰/۲۶	۱۹/۱	۲۳/۹۲	۱۴/۲۸	۱۹/۳۶	۲۴/۴۵	۱۴/۲۷	۱۱۹/۷۷	۸۴/۷۵	اکتبر
۱/۰۲	-۰/۰۶	۱۳/۷۷	۱۸/۶۹	۸/۸۴	۱۳/۸۲	۱۸/۷۳	۸/۹	۱۲۳/۶	۱۲۰/۶۲	نوامبر
۱/۱۵	-۰/۱۷	۹/۵	۱۴	۵	۹/۳۳	۱۴/۰۳	۴/۶۲	۹۲/۷۹	۸۰/۶۹	دسامبر

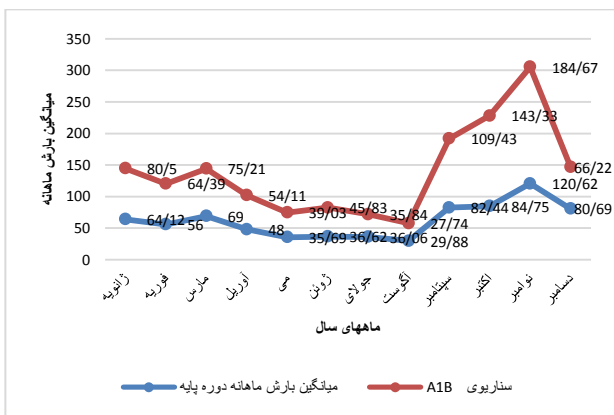
با توجه به شرایط تعریف شده موجود در آنها استفاده شود تا تغییر پذیری آن و طبعاً تاثیر گذاری آن بر روی پدیده تغییرات اقلیمی آینده مشخص تر شود و با توجه به

سری سناریوهای انتخاب شده در این پژوهش شامل سه سری- سناریوی A1B، A2 و B1 می‌باشد. در انتخاب سری سناریو سعی شده است تا از انواع متنوعی

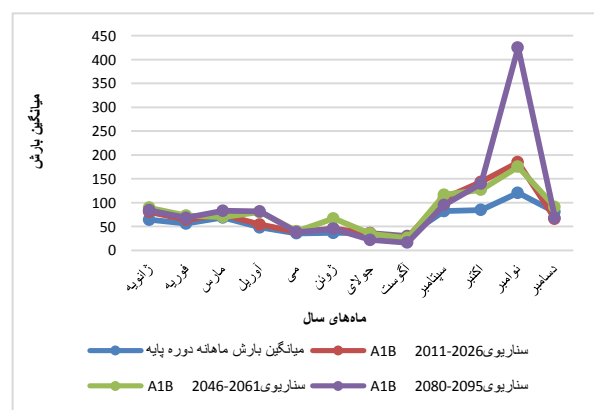
۳. نتایج

شکل ۳ نتایج مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A1B در دوره‌های مختلف اقلیمی آینده شبیه‌سازی شده در تحقیق را نشان می‌دهد. اشکال ۴، ۵ و ۶ نیز به صورت مجزا نتایج این مقایسه برای سال‌های ۲۰۱۱-۲۰۲۶، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۵ را نشان می‌دهد.

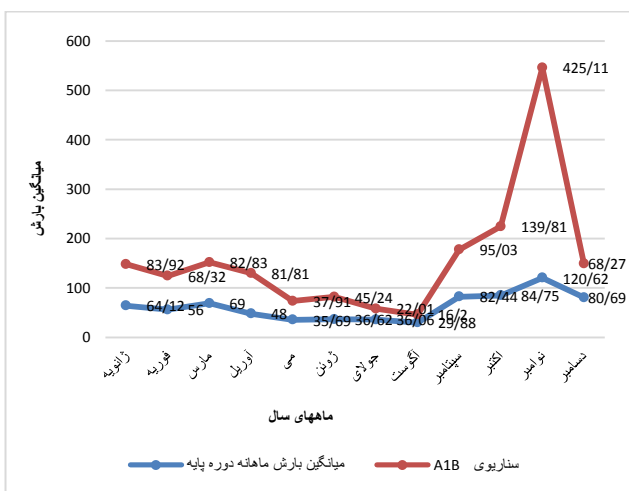
دوره پایه ۱۵ ساله ۱۹۹۲-۲۰۰۷ انتخاب شده و میانگین بارش و دمای ماهانه دوره پایه استخراج شده از آمار ایستگاه سینوپتیک قراخیل قائم شهر، میانگین بارش و دمای ماهانه برای سه سری مختلف مورد استفاده در تحقیق و سال‌های آتی شبیه‌سازی توسط آخرین مدل LARS-WG5 انجام گردید. سال‌های شبیه‌سازی خروجی این نسخه دوره ۱۵ ساله آتی ۲۰۱۱-۲۰۲۶، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۰-۲۰۹۵ برای هر یک از سری‌های A1B، A2 و B1 میانگین بارش و دمای ماهانه شبیه‌سازی گردید.



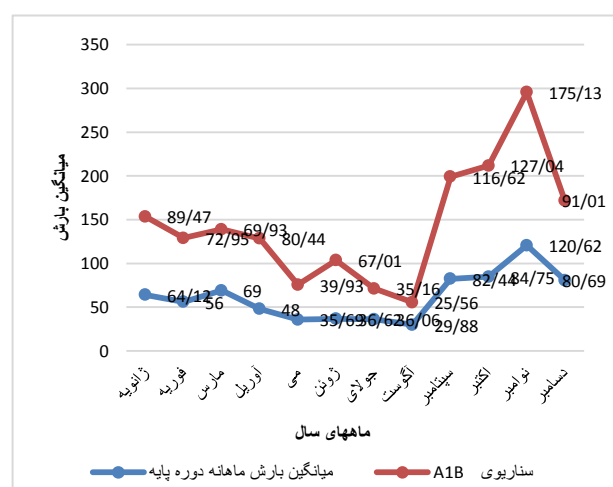
شکل ۴. مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A1B برای سال‌های (۲۰۱۱-۲۰۲۶)



شکل ۳. مقایسه کلی بارش ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A1B در سال‌های مختلف



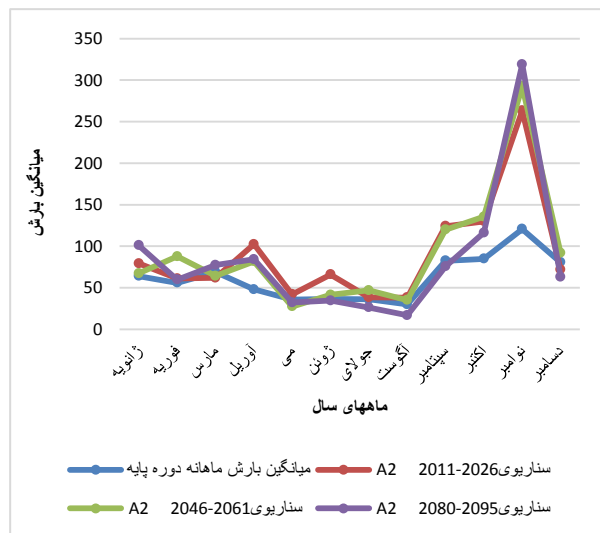
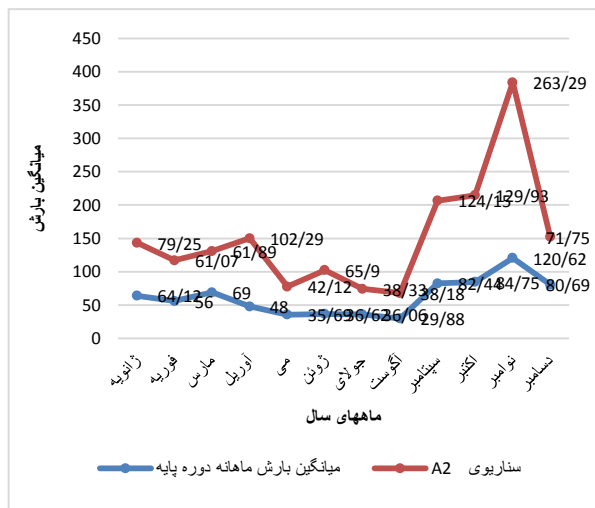
شکل ۶. مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A1B برای سال‌های (۲۰۸۰-۲۰۹۵)



شکل ۵. مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A1B برای سال‌های (۲۰۴۶-۲۰۶۵)

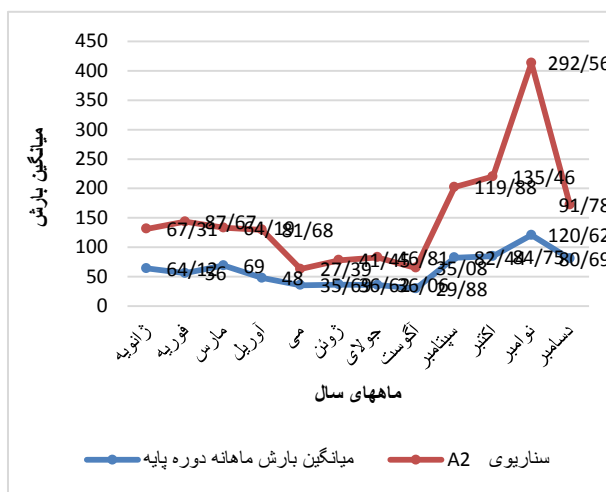
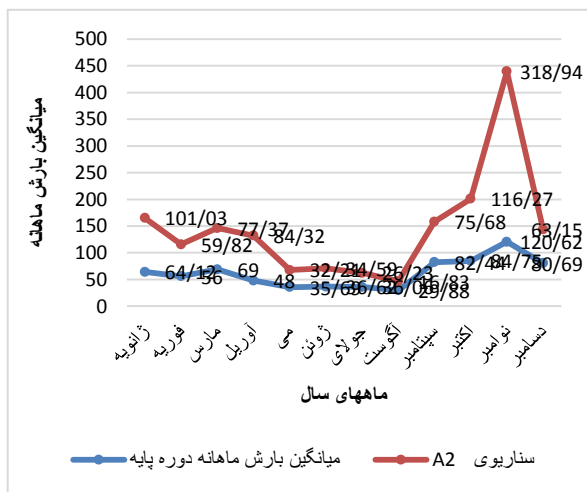
می‌دهد.

اشکال ۷، ۸، ۹ و ۱۰ نتایج برای سناریوی A2 و اشکال ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴ و نتایج برای سناریوی B1 را نشان



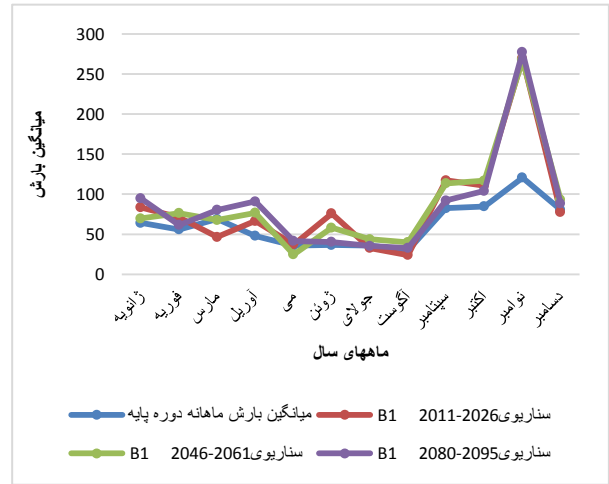
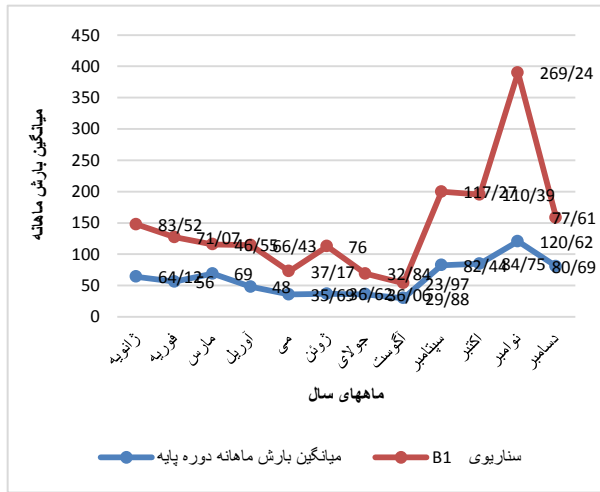
شکل ۸. مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A2، سال (۲۰۱۱-۲۰۲۶)

شکل ۷. نمودار کلی مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A2 در سال‌های مختلف



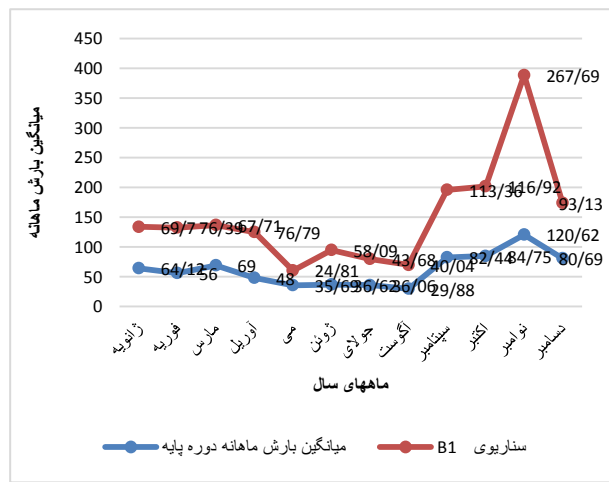
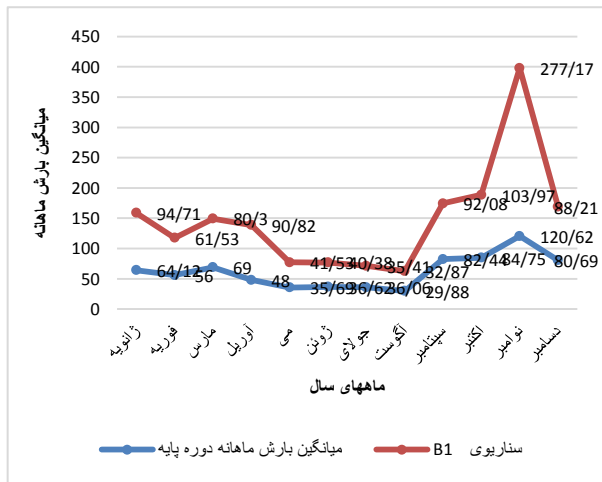
شکل ۱۰. مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A2، سال (۲۰۸۰-۲۰۹۵)

شکل ۹. مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A2، سال (۲۰۴۶-۲۰۶۱)



شکل ۱۲. مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی B1، سال (۲۰۱۱-۲۰۲۶)

شکل ۱۱. نمودار کلی مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی B1 در سال‌های مختلف

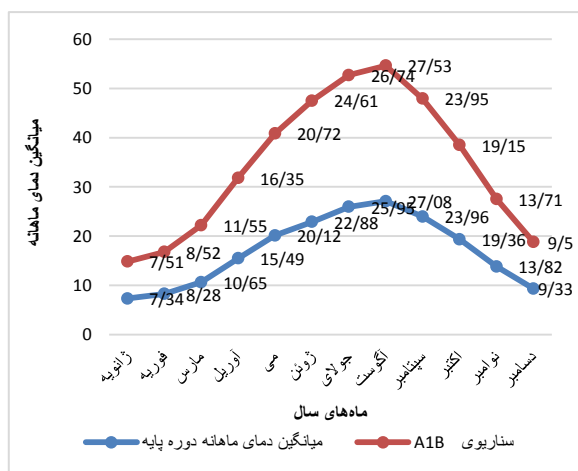


شکل ۱۴. مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی B1، سال (۲۰۸۰-۲۰۹۵)

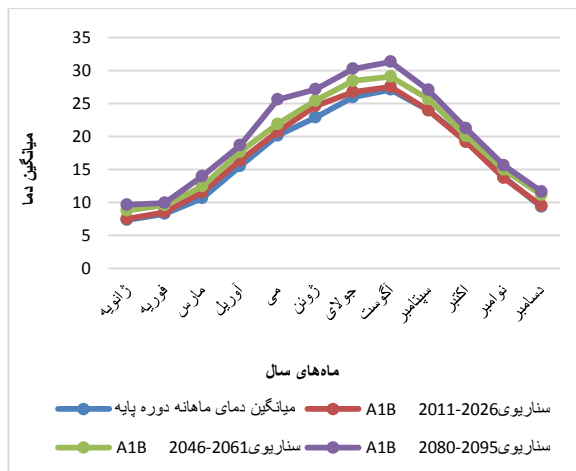
شکل ۱۳. مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی B1، سال (۲۰۴۶-۲۰۶۱)

پژوهش را نشان می‌دهد.

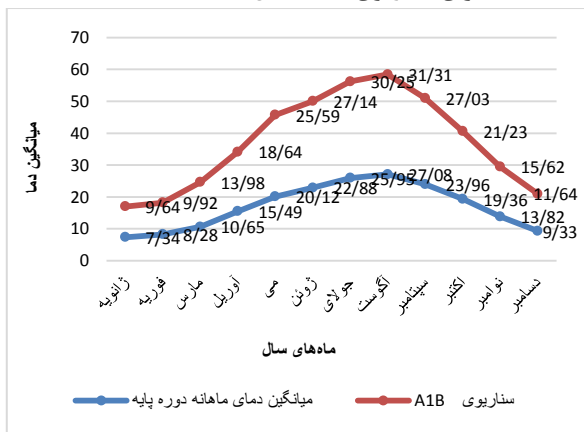
اشکال ۱۵ تا ۲۶ نیز همه این نتایج برای دمای ماهانه دوره پایه و دوره شبیه‌سازی شده مورد استفاده در



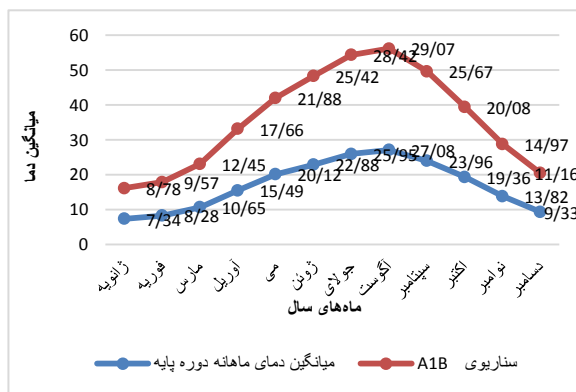
شکل ۱۶. مقایسه دمای ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با دمای شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A1B سال (۲۰۱۱-۲۰۲۶)



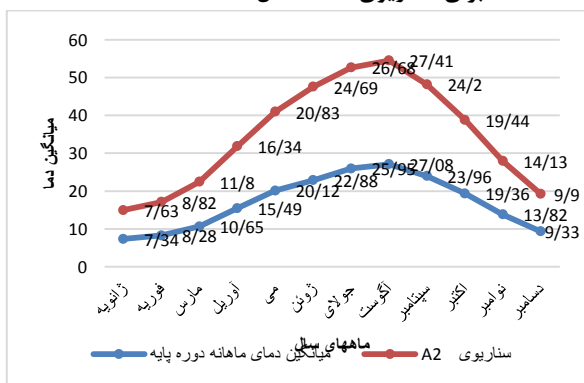
شکل ۱۵. مقایسه دمای ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با دمای شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A1B در سال‌های مختلف



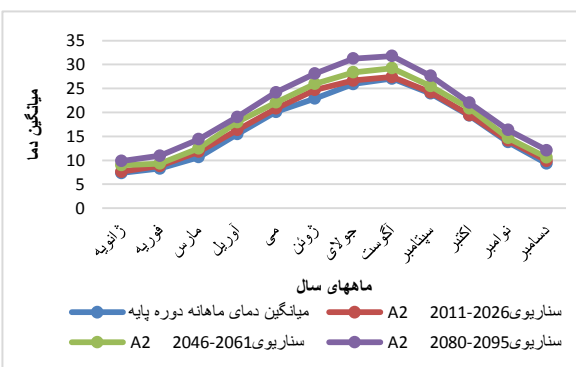
شکل ۱۸. مقایسه دمای ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با دمای شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A1B سال (۲۰۸۰-۲۰۹۵)



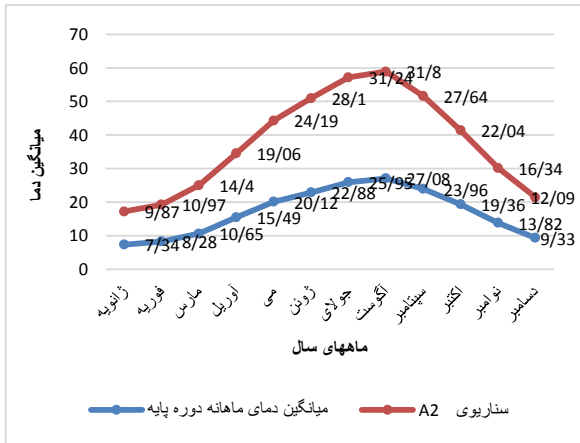
شکل ۱۷. مقایسه دمای ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با دمای شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A1B سال (۲۰۴۶-۲۰۶۱)



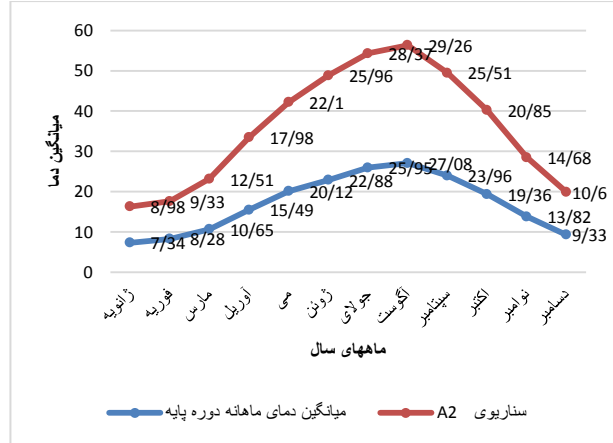
شکل ۲۰. مقایسه دمای ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با دمای شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A2 سال (۲۰۱۱-۲۰۲۶)



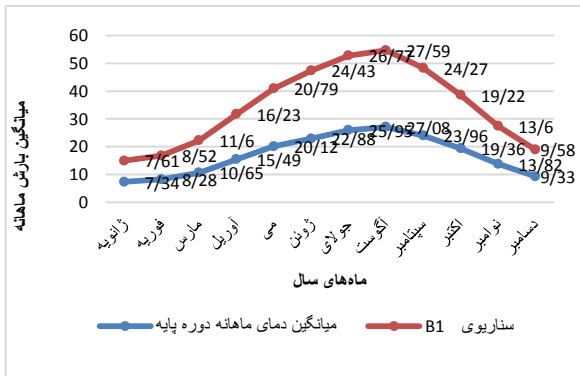
شکل ۱۹. مقایسه دمای ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با دمای شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A2 در سال‌های مختلف



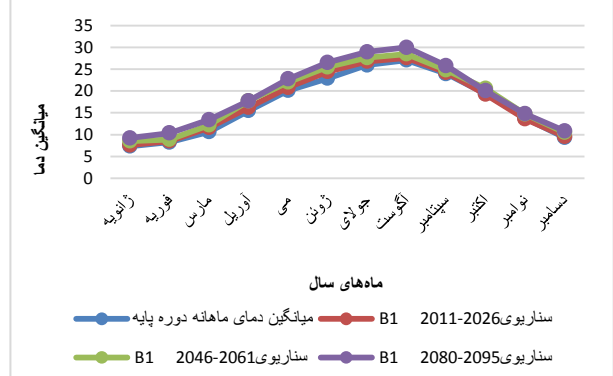
شکل ۲۲. مقایسه دمای ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با دمای شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A2 سال (۲۰۸۰-۲۰۹۵)



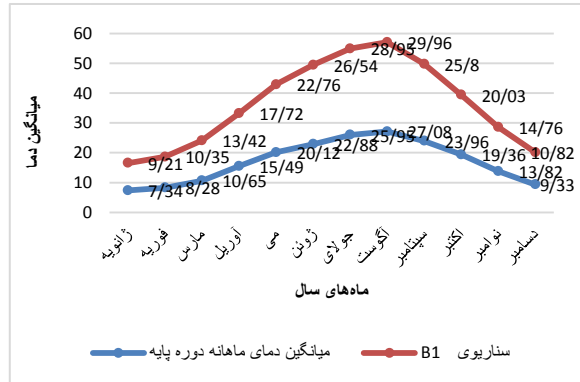
شکل ۲۱. مقایسه دمای ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با دمای شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A2 سال (۲۰۴۶-۲۰۶۱)



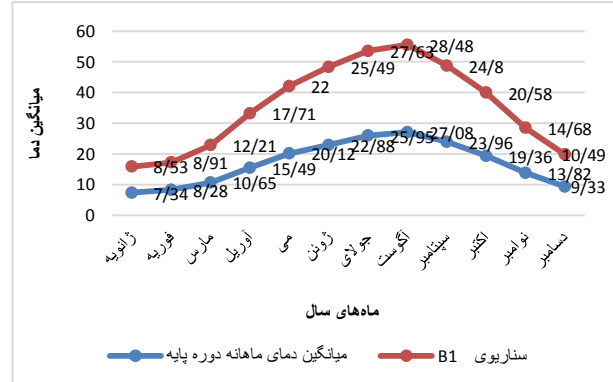
شکل ۲۴. مقایسه دمای ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با دمای شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی B1 سال (۲۰۱۱-۲۰۲۶)



شکل ۲۳. مقایسه دمای ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با دمای شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی B1 در سال‌های مختلف



شکل ۲۶. مقایسه دمای ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با دمای شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی B1 سال (۲۰۴۶-۲۰۶۱)



شکل ۲۵. مقایسه دمای ماهانه دوره پایه (۱۹۹۲-۲۰۰۷) با دمای شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی B1 سال (۲۰۴۶-۲۰۶۱)

بارش ماهانه شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 با رقم ۴۲۵،۱۱ میلی‌متر برای سناریوی A1B در ماه نوامبر می‌باشد که این رقم بیش از سه برابر بارش دوره پایه در منطقه مطالعاتی می‌باشد که از لحاظ ایجاد سیلاب‌های مهیب، آمادگی جهت مقابله با حوادث احتمالی را طلب می‌کند. روند افزایش و کاهش بارش در دو سناریوی دیگر نیز با تغییرات اندکی وجود دارد که مؤید افزایش بارندگی مخصوصاً در ماه‌های اکتبر و نوامبر و کاهش بارندگی در ماه‌های جولای و آگوست می‌باشد. شکل ۳ مقایسه کلی بارش ماهانه دوره پایه (۲۰۰۷-۱۹۹۲) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A1B در سال‌های مختلف را نشان می‌دهد که این نمودار نیز نشان دهنده افزایش چشمگیری در بارندگی ماه اکتبر با رقم ۴۲۵/۱۱ میلی‌متر و کاهش چشمگیری در بارندگی ماه آگوست با رقم ۱۶/۲۰ میلی‌متر برای دوره ۲۰۹۵-۲۰۸۰ را دارد. برای سناریوی A2 از بررسی شکل ۷ که نمودار کلی مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۲۰۰۷-۱۹۹۲) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 در سال‌های مختلف می‌باشد، نیز با اندک تغییراتی حاکی از تأیید نتایج به‌دست آمده توسط سناریوی A1B می‌باشد و همین موضوع در شکل ۱۱ برای سناریوی B1 نیز با تغییرات اندکی قابل مشاهده و بررسی است.

۲.۴. بررسی الگوی تغییرات زیست محیطی دمای

آینده توسط سری - سناریوهای مورد استفاده در

پژوهش

مقایسه الگوی تغییرات دمای ماهانه حوزه مورد مطالعه توسط سناریوهای A1B، A2 و B1 در دوره‌های آتی ۲۰۲۶-۲۰۱۱، ۲۰۶۱-۲۰۴۶ و ۲۰۹۵-۲۰۸۰ بر اساس خروجی به‌دست آمده از مدل Lars-wg5 مورد بررسی قرار گرفته است. از مطالعه شکل ۱۶ که مقایسه دمای ماهانه دوره پایه (۲۰۰۷-۱۹۹۲) با دمای

یکی از مواردی که در جدول ۲ مورد محاسبه قرار گرفته است میانگین بارش ماهانه دوره پایه (۲۰۰۷-۱۹۹۲) و دوره شبیه‌سازی با مدل HADCM3 در حوزه تالار بوده است که از مقایسه آن‌ها آشکار می‌شود که در ماه‌های مختلف سال اختلافات زیادی بین بارش‌های ماهانه مشاهده شده و شبیه‌سازی توسط مدل LARS-WG وجود دارد. کم شدن بارش ماه‌های خشک سال با توجه به دوره رویش گیاهی و نیاز آبی گیاهان زراعی و همچنین خزان زودهنگام مراتع در اثر تنش خشکی نقش مؤثری در تغییر فرآیندهای هیدرولوژیکی و طبعاً تأثیر آن بر سایر مؤلفه‌های محیط زیست دارد.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

۱.۴. بررسی الگوی تغییرات زیست محیطی

بارش آینده توسط سری - سناریوهای مورد استفاده در پژوهش

شکل ۴ مقایسه بارش ماهانه دوره پایه (۲۰۰۷-۱۹۹۲) با بارش شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A1B، سال (۲۰۲۶-۲۰۱۱) است که نشان دهنده افزایش قابل توجه بارش در این سری - سناریو در ماه‌های سپتامبر، اکتبر و نوامبر دارد که این روند با کمی تغییرات در سناریوهای A2 و B1 نیز وجود دارد که از نظر تأثیرات این پدیده قابل بررسی می‌باشد. در سری سناریوی A1B، A2 و B1 دوره ۲۰۶۵-۲۰۴۶ نیز از مقایسه اشکال ۵، ۹ و ۱۳ نیز نشان دهنده افزایش بارش ماهانه در ماه‌های سپتامبر، اکتبر و نوامبر و کاهش در ماه‌های جولای و آگوست می‌باشد که این روند مخصوصاً در سناریوی A2 با افزایش بیشتر بارش در ماه‌های گرم سال و در سناریوی B1 با کاهش بیشتر بارش در ماه‌های جولای و آگوست مشهودتر است. در سه سری - سناریوی A1B، A2 و B1 در سال‌های ۲۰۹۵-۲۰۸۰ نیز از مقایسه اشکال ۶، ۱۰ و ۱۴ نیز نشان دهنده بیشترین افزایش

ذوب برف حوضه را تحت تأثیر قرار دهد که این عوامل روی دبی اوج سیلاب در پائین دست حوضه تأثیر به‌سزایی دارد. با توجه به نتایج پژوهش حاضر محققان دیگر نیز در سایر مناطق دنیا پژوهش‌هایی را در این زمینه انجام دادند که می‌توان به تعدادی از آن‌ها اشاره نمود: در مطالعه‌ای [۲۳] شبیه‌سازی هیدرولوژیکی جریان رودخانه ((پو)) در شمال کشور ایتالیا را با استفاده از مدل RCM, COSO-CLM مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در این تحقیق علائم اقلیمی برای بارش و دما را پس از تصحیح نامتقارنی آن‌ها در دوره‌های بی‌نظمی اقلیمی سال‌های آتی ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۱۰۰-۲۰۷۱ نسبت به سال پایه ۲۰۱۱-۱۹۸۲ مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که تحت تمام مدل‌های مورد استفاده در این تحقیق و با تصحیح نامتقارنی داده‌های اقلیمی، درجه حرارت در کل حوزه آبخیز رودخانه ((پو)) در همه فصول افزایش خواهد یافت و اکثر تغییرات قابل رویت بارش و دبی در تابستان رخ خواهد داد. در تحقیقی [۲۱] در قسمت بالادست رودخانه سانتا کروز ایالت آریزونای آمریکا، تأثیر تغییرات اقلیمی و مدیریت منطقه‌ای منابع آبی را مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها در این تحقیق از ۸ مدل ریزمقیاس‌سازی نمایی جهانی تغییرات اقلیمی (GCM) استفاده نمودند. نتایج ارزیابی آن‌ها نشان داد که تغییر افزایشی و کاهش در تناوب روندهای خشک و مرطوب در تابستان در این منطقه رخ خواهد داد. اثرات تغییرات اقلیمی [۵] در جریان رودخانه‌ای انگلستان تحت سناریوی UKCPO9 مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها از تحقیقات خود نتیجه‌گیری نمودند که تغییرات در جریان‌های اوج بیشتر از تغییرات در بارش زمستانه و تغییرات در جریان‌های پائین به وسیله تغییرات در بارش‌ها و درجه حرارت تابستانه می‌باشد. اثرات تغییرات اقلیمی بر برداشت غلات [۲۲] با استفاده از مدل‌ها و سناریوهای GCM، EU-ENSEMBLES و با کاربرد مدل LARS-WG مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که انتخاب یک یا دیگر سناریوها

شبیه‌سازی شده توسط مدل HADCM3 برای سناریوی A1B سال (۲۰۱۱-۲۰۲۶) می‌باشد، نتیجه‌گیری می‌شود که ماه‌های ژوئن، جولای و آگوست به ترتیب با ۲۴/۶۱، ۲۶/۷۴ و ۲۷/۵۳ درجه سانتی‌گراد دارای بالاترین میانگین دمای ماهانه شبیه‌سازی شده‌آتی در این دوره می‌باشند و همچنین ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر به ترتیب با ۷/۵۱، ۸/۵۲ و ۹/۵۰ درجه سانتی‌گراد دارای کمترین میانگین دمای ماهانه‌آتی در این دوره شبیه‌سازی می‌باشند. همین نتایج برای دوره مذکور در سناریوهای A2 و B1 نیز با تغییراتی وجود دارد [اشکال ۲۰ و ۲۴]. برای دوره ۲۰۶۱-۲۰۴۶ از بررسی سناریوی A1B تغییر دمای آتی نیز ماه‌های ژوئن، جولای، آگوست و سپتامبر با ۲۸، ۴۲، ۲۵/۴۲، ۲۹/۰۷ و ۲۵/۶۷ درجه سانتی‌گراد دارای بالاترین دمای شبیه‌سازی شده‌آتی در این دوره می‌باشند و ماه‌های ژانویه و فوریه نیز با ۸/۸۷ و ۹/۵۷ درجه سانتی‌گراد دارای کمترین میانگین دمای شبیه‌سازی شده‌آتی برای دوره مذکور می‌باشند. همین نتایج با اندک تغییراتی در مورد دو سناریوی دیگر A2 و B1 نیز با بررسی اشکال ۲۱ و ۲۵ برای دوره ۲۰۶۱-۲۰۴۶ نیز وجود دارد. برای دوره ۲۰۹۵-۲۰۸۰ از مقایسه اشکال ۱۸، ۲۲ و ۲۶ برای سناریوهای A1B، A2 و B1 نیز روند افزایش میانگین دمای ماهانه را حتی بیشتر از دو دوره بررسی شده قبلی نشان می‌دهد به نحوی که مثلاً میانگین درجه حرارت ماه‌های جولای و آگوست در دوره آتی سال ۲۰۹۵-۲۰۸۰ توسط سناریوی A1B به ترتیب با ۳۰/۲۵ و ۳۱/۳۱ به بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید و میانگین درجه حرارت ماه‌های ژانویه و فوریه نیز با افزایشی نسبت به دوره پایه به ۹/۶۴ و ۹/۹۲ خواهد رسید. افزایش دما در ماه‌های تابستان که همزمان با کاهش بارش می‌باشد در رشد و توسعه پوشش گیاهی و بقایای گیاهی نقش قابل توجهی دارد و چرخش هیدرولوژی حوزه تالار را تحت تأثیر قرار می‌دهد. از طرفی تغییرات دمایی زمستان نیز می‌تواند زمان آغاز

۲۰۰۰-۱۹۹۰ برای این حوزه مطالعاتی نشان دهنده افزایش درجه حرارت تا ۱/۲ درجه سانتی گراد، افزایش ۲/۴ برابر بارش و افزایش ۳/۱ برابر مقدار دبی رودخانه‌ای در دوره‌های آتی می‌باشد. این نتایج و تحقیقات بسیار متنوع دیگر در خصوص تغییرات اقلیمی و در سایر نقاط دنیا با روش‌های مختلف که در این پژوهش به آن‌ها اشاره شده است، موید تأثیر این پدیده بر شرایط آتی حوزه‌های آبخیز می‌باشد، کما اینکه نتایج محققان بدلائل فرضاً قرار گرفتن منطقه مطالعاتی در مناطق متفاوت آب و هوایی دنیا، استفاده از روش‌های مختلف بررسی این پدیده، محدوده مورد تحقیق دارای اختلافاتی می‌باشد ولی در کل شباهت‌های زیادی نیز در اصل موضوع وجود دارد. بر این اساس با توجه به اینکه نتایج این پژوهش می‌تواند جهت پژوهش‌های آتی در محدوده مورد مطالعه و سایر مناطق مورد استفاده قرار گیرد، لذا پیشنهادات ذیل می‌تواند در این زمینه راهگشا باشد: ۱- استفاده از مدل و سناریوهای اقلیمی دیگر در دوره‌های آتی در منطقه مطالعاتی جهت بررسی بهتر موضوع. ۲- اجرای مدل LARS-WG5 در مناطق با شرایط اقلیمی مشابه یا متفاوت و بررسی تأثیر آن شرایط بر رفتار هیدرولوژیک حوضه.

(با وضوح متفاوت مدل‌های اقلیمی) در ارزیابی عدم قطعیت مدل تأثیر می‌گذارد. در مطالعه‌ای [۱۵] تغییرات هیدرولوژیکی تحت تأثیر تغییرات اقلیمی در آینده نزدیک با استفاده از مدل REGCM4 در آفریقای جنوبی را با استفاده از مدل‌های هیدرولوژیکی بزرگ مقیاس مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در کل نتیجه گیری نمودند که ما در آینده شاهد افزایش دما در آفریقای جنوبی و نیز شاهد تغییرات بارش ماه‌های مختلف در زیر حوزه‌های آن منطقه خواهیم بود. در تحقیق دیگری اثرات تغییرات اقلیمی بر هیدرولوژی حوزه رودخانه کیانتانگ (Qiantang) در شرق چین توسط [۲۶] مورد ارزیابی گرفت. آن‌ها در این پژوهش از نرم افزار SWAT در دوره‌های تغییر اقلیم آتی ۲۰۱۱-۲۱۰۰ با استفاده از سه سناریوی انتشار A1B، B1 A2 استفاده نمودند. بر اساس نتایج این تحقیق در این منطقه تحت تمام سناریوها و دوره‌های آتی رواناب کاهش خواهد یافت و کمبود آب در آینده این منطقه مخصوصاً در ماه‌های کم آبی مشهود است. تأثیر تغییرات اقلیمی بر شرایط هیدرولوژیکی فصل تابستان در منطقه نیمه خشک جنوب آریزونا توسط [۱۲] مورد بررسی قرار گرفت. آن‌ها در این پژوهش یک مدل GCM با حد بالای سناریوی انتشار را بکار بردند. نتایج تحقیقات آن‌ها برای دوره آتی ۲۰۴۰-۲۰۳۱ با سال پایه

References

- [1] Abbaspour, K.C., Faramarzi, M., Ghasemi, S.S and Yang, H. (2009). Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. *Water Resour. Res.* 45 (10), W10434.
- [2] Ashofteh P and A.R. Massah (2009). Uncertainty of Climate Change Impact on the Flood Regim ,Case Study: Aidoghmouh Basin, East Azerbaijan, Iran, *Iran-Water Resources Researc.* 5, 27-39
- [3] Ashofteh P and A.R. Massah(2012). Investigation of AOGCM Model Uncertainty and Emission Scenarios of Greenhouse Gase Impact on the Basin Runoff under ClimateChange, Case study Gharanghu Basin, East Azerbaijan, *Iran-Water Resources Researc.* 5, 36-47
- [4] Azari, M. Moradi M, Saghafian H and Faramarzi B.(2013). Assessment of Hydrological Effects of Climate Change in Gourganroud River, Basin, *Journal of Water and Soil*, 3, 537-547
- [5] Charlton, B, Matthew a, b, Nigel W and Arnell A. (2014). Assessing the impacts of climate change on river flows in England using the UKCP09 climate change projections *Journal of Hydrology* 519, 1723-1738

- [6] Chen H., Xu C.Y., and Guo S. (2012). Comparison and evaluation of multiple GCMs, statistical downscaling and hydrological models in the study of climate change impacts on runoff. *Journal of Hydrology*. 434–435(0): p. 36-45.
- [7] Chen J., F.P. Brissette, and R. Leconte (2011). Uncertainty of downscaling method in quantifying the impact of climate change on hydrology. *Journal of Hydrology*. 401(3–4): p. 190-202.
- [8] Dobler, C., Bürger, G and Stötter, J(2012). Assessment of climate change impacts on flood hazard potential in the Alpine Lech watershed. *J. Hydrol.* 460–461, 29–39.
- [9] Dubrovsky, M (1996). Validation of the stochastic Weather Generator Met&ROLL, *Meteorologickeo Zpravy*, Vol49, pp. 12q – 1380.
- [10] Eum, H and Simonovic, S.P(2012). Assessment on variability of extreme climate events for the Upper Thames River basin in Canada. *Hydrol. Process.* 26 (4), 485–499.
- [11] Haghtalab, N., Goodarzi M., Habibi nokhandan, M., Yavari, A and Jafari, H. (2013). Climatic modeling of Tehran and Mazandaran provinces by using of LARS-WG5 and Comparison in north fronts of central Alborz region, *Environmental science and technology journal*, 15, 37-49
- [12] Hawkins, A. a, Enrique R. Vivoni a, b, *, Agustin Robles-Morua b, c, Giuseppe Mascaro a, Erick Rivera d and Francina Dominguez d, e. (2015). A climate change projection for summer hydrologic conditions in a Gretchen semiarid watershed of central Arizona, *Journal of Arid Environments* 118, 9-20
- [13] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2012). Summary for policymakers. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1–19.
- [14] IPCC (2001). The Scientific Basis of Climate Change, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- [15] Li, Lu, Ismaila Diallo, Chong-Yu Xu and Frode Stordal (2015). Hydrological projections under climate change in the near future by RegCM4 in Southern Africa using a large-scale hydrological model, *Journal of Hydrology* S0022, 1649 (15) 00378-9
- [16] Massah A.R and Morid, saeid (2005) Effects of Climate change in zayandeh rood of Isfahan streamflow, *journal of sciences and technology in natural resources and agriculture*. 9(4), 17-27
- [17] Nakicenovic, N., J. Alcamo, G. Davis, B. de Vries, J. Fenhann, S. Gaffin, K. Gregory, A. Grübler, T.Y. Jung, T. Kram, E.L. La Rovere, L. Michaelis, S. Mori, T. Morita, W. Pepper, H. Pitcher, L. Price, K. Raihi, A. Roehrl, H.-H. Rogner, A. Sankovski, M. Schlesinger, P. Shukla, S. Smith, R. Swart, S. van Rooijen, N. Victor, and Z. Dadi (2000). Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 599 pp
- [18] Project Report of of Talar watershed (2000). Ministry of Jihad and agriculture, assistant of watershed management, bureau of studies, assessment of watersheds
- [19] Ruosteenoja, K, T.R. Carter, K. Jylha and H. Tuomenvirta (2003). Future climate in world regions: an intercomparison of model-based projections for the new IPCC emissions scenarios. *The Finnish Environment* 644, Finnish Environment Institute, Helsinki, 83 pp.
- [20] Semenov M.A. & Brooks R.J. (1999) Spatial interpolation of the LARSWG stochastic weather generator in Great Britain. *Climate Research* 11, 137-148.
- [21] Shamir Eylon a, Sharon B. Megdal b, Carlos Carrillo c, Christopher L. Castro c, Hsin-I Chang c, Karletta Chief e, Frank E. Corkhill d, Susanna Eden b, Konstantine P. Georgakakos a,f, Keith M. Nelson d and Jacob Prietto b (2015). Climate change and water resources management in the Upper Santa Cruz River, Arizona, *Journal of Hydrology* 521, 18–33
- [22] Vanuytrechta, Eline. Raesa Dirk, Willems Patrick b and Semenovc Mikhail A (2014). Comparing climate change impacts on cereals based on CMIP3 and EU-ENSEMBLES climate scenarios, *Agricultural and Forest Meteorology* 195–196, 12–23

- [23] Vezzoli. R. A., P. Mercogliano a,b, S. Pecora c, A.L. Zollo a,b, and C. Cacciamani d(2015). Hydrological simulation of Po River (North Italy) discharge under climate change scenarios using the RCM COSMO-CLM, *Science of the Total Environment* 521–522 346–358
- [24] Wang, D., Hejazi, M., Cai, X. and Valocchi, A.J. (2011). Climate change impact on meteorological, agricultural, and hydrological drought in central Illinois. *Water Resour. Res.* 47 (9), W09527.
- [25] Xu, Y.P., Zhang, X and Tian, Y. (2012). Impact of climate change on 24-h design rainfall depth estimation in Qiantang River Basin, East China. *Hydrol. Process.* 26 (26), 4067–4077.
- [26] Xu, Yue-Ping. Zhang, Xujie, Ran and Qihua, Tia, Ye (2013). Impact of climate change on hydrology of upper reaches of Qiantang River Basin, East China, *Journal of Hydrology* 483, 51–60
- [27] Yates D. N. and K. M. Strzepek (1998). Modeling the Nile basin under climate change. *J. Hydrol. Eng.* 3(2), 98-108.
- [28] Zhang Xujie a, Yue-Ping Xu a and Guangtao Fu b (2014). Uncertainties in SWAT extreme flow simulation under climate change. *Journal of Hydrology.* 515, 205–222.