

اثرات گرمایش زمین بر بارش‌های حدی متناظر با سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های مختلف (مورد مطالعه: حوضه آبریز جاجرود)

علی علوی نائینی^۱ و بهرام ملک محمدی^{۲*}

^۱دانشجوی دکترا، گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، پردیس البرز، دانشگاه تهران، البرز، ایران
^۲دانشیار، گروه برنامه‌ریزی، مدیریت و آموزش محیط زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۳/۰۱

چکیده

در این تحقیق ابتدا داده‌های هواشناسی در حوضه آبریز جاجرود بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۸ مورد بررسی قرار گرفته‌اند و سپس با استفاده از مدل‌سازی تغییر اقلیم توسط نرم‌افزار LARS-WG، با داده‌های خروجی حاصل از مدل‌سازی در بازه زمانی سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، میانگین دماهای کمینه و بیشینه روزانه در بازه زمانی سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ می‌تواند روند افزایشی داشته باشند و میانگین میزان بارش روزانه نیز می‌تواند روند کاهشی داشته باشد. اگر چه میانگین میزان بارش‌های روزانه با کاهش همراه بوده است. اما تعداد نقاط حدی در میزان بارش‌های روزانه در دوره مدل‌سازی شده می‌تواند با افزایش همراه باشد. پس از استخراج داده‌های بیشینه روزانه بارش در دو دوره سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۸ و ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵، با انتخاب توزیع لوگ پیرسون تپ ۳، بارش‌های متناظر با سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه گردید. در نهایت با مقایسه میزان بارش‌های متناظر با سیلاب‌ها در این دو دوره نتیجه‌گیری شد که به طور میانگین میزان این بارش‌های حدی در بازه زمانی سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ می‌تواند حدود ۱۴ درصد افزایش یابد.

کلیدواژه‌ها: گرمایش کره زمین، بارش حدی، سیلاب، LARS-WG، حوضه آبریز جاجرود.

*نویسنده مسئول: بهرام ملک محمدی

E-mail: malekb@ut.ac.ir

۱- پیش‌نوشتار

و هوایی تا جایی پیش رفت که این سیل به مناطقی از کشورهای جمهوری چک و روسیه نیز رسید. خشکسالی که در سال ۱۹۷۶ رخ داد نیز نمونه‌ای دیگر از این رخدادها بود که از کشور اسپانیا آغاز شد؛ سپس بخش‌هایی از کشورهای فرانسه، آلمان و بریتانیا را فراگرفت و در نهایت این خشکسالی به منطقه اسکاندیناوی رسید (Bradford and Irvine, 2000). آنچه انتظار می‌رود، این است که با تغییرات آب و هوایی، میانگین دما و میزان بارش‌ها دچار تغییر و منجر به سیل و خشکسالی‌های شدیدتر خواهند شد (IPCC, 2001). در سال ۱۳۸۲، دفتر ملی تغییر اقلیم ایران مروری مستقل بر فعالیت‌های ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم در ایران ارائه نمود که در آن در مورد پیامدهای تغییر اقلیم بر منابع آب سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی‌هایی انجام شده است. این پیش‌بینی‌ها بر اساس استفاده از مدل MAGICC/SENEN بوده و کل کشور را شامل می‌شود. این گزارش مهم‌ترین نتیجه حاصل از گرم شدن زمین را تغییرات قابل توجهی در منابع تأمین آب ذکر نموده است. طبق این گزارش، نتیجه داده‌های رواناب دوره‌ای که از ۳۹۸ ایستگاه آب‌سنجی گردآوری شده‌اند، نشان می‌دهد که شاخص سیلاب در ۴۷٪ آنها تغییر کرده است. به علاوه در ۶۰۰ ایستگاه هواشناسی مورد مطالعه، مشخصاً تغییرات اقلیم مشاهده شده است. مدل درازمدت رواناب که برای ۳۰ حوضه رودخانه‌ای استفاده شد، نشان می‌دهد که افزایش دما، حجم رواناب را در زمستان، به دلیل تبدیل بارش برف به باران و در بهار، به دلیل آب شدن سریع برف‌ها افزایش می‌دهد. در تحقیق حاضر اثر گرمایش زمین بر بارش‌های حدی متناظر با سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های مختلف در حوضه آبریز جاجرود با توجه به سابقه رخداد سیلاب‌های متعدد مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور با استفاده از نرم‌افزار LARS-WG مدل‌سازی اثرات تغییر اقلیم بر بارش و دما در این حوضه آبریز صورت پذیرفته است.

اقلیم به معنی شرایط معتدل آب و هوا برای یک محدوده خاص و یک دوره طولانی خاص می‌باشد. تغییر اقلیم عبارت است از تغییرات رفتار آب و هوایی یک منطقه نسبت به رفتاری که در طول یک دوره زمانی بلند مدت از اطلاعات مشاهده یا ثبت شده در آن منطقه مورد انتظار است. تغییر اقلیم، تغییر معنی دار آماری در متوسط وضع اقلیم است که برای یک دوره طولانی ادامه می‌یابد. رشد صنایع و کارخانه‌ها و به موجب آن افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی از یک سو و تغییر کاربری اراضی از سوی دیگر باعث افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای مخصوصاً در جو زمین شده است (IPCC, 2007). ایران کشوری است که به لحاظ اقلیمی جزو کشورهای نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود؛ به طوری که میانگین بارندگی سالانه آن حدود یک سوم متوسط بارندگی خشکی‌ها و کمتر از یک سوم متوسط بارندگی کره زمین است و از سوی دیگر میزان تبخیر آن حدود سه برابر تبخیر خشکی‌های زمین می‌باشد (جهانبخش اصل و همکاران، ۱۳۸۰). امروزه تغییرات اقلیمی و اثرات آن در زمینه‌های انسانی و اجتماعی از نگرانی‌های اصلی بشر است. دمای زمین در طول قرن گذشته به طور قابل توجهی افزایش یافته است و اگر انتشار گازهای گلخانه‌ای به شدت کاهش پیدا نکند، همچنان نیز افزایش خواهد یافت (IPCC, 2001 and 2007). تغییرات اقلیمی منجر به افزایش شدت و یا مدت وقوع رخدادهای شدید آب و هوایی مانند بارندگی شدید، ذوب شدن یخ‌ها، خشکسالی، افزایش شدید طوفان و بالارفتن سطح آب دریاها می‌شود (IPCC, 2007 and 2012; Hunt and Watkiss, 2011; Romero-Lankao and Dodman, 2011; Rosenzweig et al., 2011). اثر تغییرات اقلیمی بر شدت و دوره بازگشت رخدادهایی مانند سیل و خشکسالی یکی از مهم‌ترین پیامدهای تغییرات آب و هوایی است (Katz and Brown, 1992). آنچه بدیهی است، رخدادهای شدید مانند سیل و خشکسالی قادر خواهند بود در اقتصاد و محیط زیست خسارات فراوانی به وجود آورند و حتی در حد شدیدتر سبب به خطر انداختن زندگی بشر شوند. این رخدادها به مرزهای سیاسی و جغرافیایی محدود نمی‌شوند و فراتر از مرزها مناطق متعددی از کشورهای گوناگون را تحت الشعاع خود قرار می‌دهند. به عنوان مثال در سال ۲۰۰۲ در مناطقی از آلمان و اتریش سیل شدیدی رخ داد و این پدیده آب

۲- معرفی محدوده مورد مطالعه

در این مطالعه حوضه آبریز جاجرود به عنوان محدوده مورد مطالعه انتخاب شده است (شکل ۱). حوضه آبریز جاجرود بخشی از حوضه آبریز دریاچه نمک بوده و

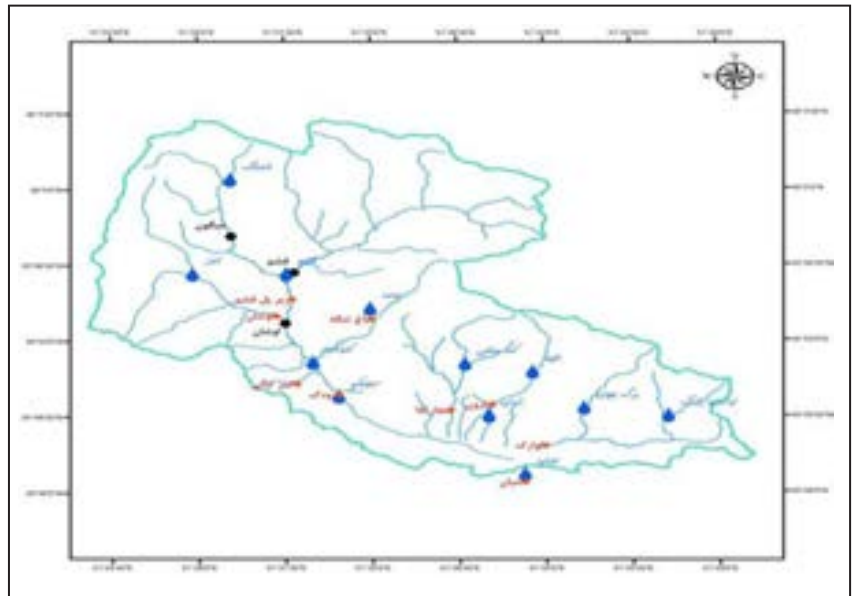
روزانه، بارش روزانه و تبخیر و تعرق روزانه از اداره کل هواشناسی استان تهران اخذ شده‌است. در مرحله بعدی مدل‌سازی تغییرات اقلیم با استفاده از مدل آب و هوایی Hadcm3 و سه نوع سناریوی غیراقلیمی A1B، A2، B1 و جهت مدل‌سازی تغییر اقلیم انجام شده است. سپس با به دست آمدن دمای مینیمم و ماکزیمم روزانه در دوره آتی بین سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ و بارش‌های روزانه در این دوره، این داده‌های خروجی با داده‌های دوره مشاهداتی بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۸ مورد بررسی قرار گرفته‌اند. سپس تحلیل فراوانی داده‌های بارش با استفاده از نرم افزار SMADA جهت توزیع بارش‌ها و به دست آوردن بارش‌های مربوط به سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های ۱۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ ساله، ۱۰۰۰ ساله و ۱۰۰۰۰ ساله صورت گرفته است. همچنین در شکل ۲ مراحل مختلف انجام تحقیق نشان داده شده است.

از شمال شرق و شرق به حوضه آبریز لار، از شمال غرب، غرب و بخشی از جنوب غرب به حوضه آبریز کرج و از جنوب شرق به حوضه آبریز دماوند محدود می‌شود و پس از گذر از دشت ورامین به دریاچه نمک می‌ریزد. رودخانه جاجرود به عنوان رودخانه اصلی در این حوضه، از ارتفاعات جنوبی البرز سرچشمه گرفته که پس از پیوستن به رودخانه‌ها و شاخه‌های فرعی از جمله شمشک (در محل دورود)، گرمابدر (در محل فشم) و آهار (در محل اوشان) به دریاچه سد لتیان منتهی می‌گردد (شرکت مشاور مهاب قدس، ۱۳۹۰).

۳- روش پژوهش

مرحله اول، انجام مطالعات کتابخانه‌ای می‌باشد. مرحله دوم، جمع‌آوری داده‌های هواشناسی محدوده مورد مطالعه است که داده‌های مربوط به دمای کمینه و بیشینه

شکل ۱- نمایی کلی از ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری حوضه آبریز جاجرود.



شکل ۲- نمودار مراحل مختلف انجام تحقیق.



۴- مدل اقلیم جهانی HadCM3

A1B: سناریوی A1B، برقراری توازن میان مصرف سوخت‌های فسیلی و غیر فسیلی را مورد توجه قرار می‌دهد (Nakicenovic et al., 2000).

داده‌های مورد نظر این تحقیق که به عنوان داده‌های ورودی نرم افزار LARS-WG مورد استفاده قرار گرفته‌اند، مربوط به ایستگاه لثیان هستند که از سازمان هواشناسی استان تهران اخذ شده‌اند. این داده‌ها مربوط به دمای کمینه و بیشینه، مقدار بارش و میزان تابش خورشید در سری زمانی روزانه بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۸ می‌باشند. بازه زمانی بین سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ به عنوان بازه زمانی آتی جهت پیش‌بینی اقلیم انتخاب شده است.

ابتدا داده‌های موجود مورد بررسی قرار گرفته‌اند، در مرحله دوم داده‌های حاصل از خروجی مدل‌سازی تغییر اقلیم بررسی شده و سپس مقایسه میان این داده‌ها صورت گرفته است.

۶- تحلیل داده‌ها

در خصوص کالیبراسیون و صحت‌سنجی داده‌ها ابتدا مدل‌سازی تغییر اقلیم برای دوره زمانی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰ انجام گرفت، که داده‌های موجود از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۸ با داده‌های حاصل از مدل‌سازی مقایسه در همین بازه زمانی مقایسه گردیدند که میانگین داده‌ها و میانگین نقاط حدی داده‌ها در حدود ۵ درصد اختلاف داشتند که مورد پذیرش است. میانگین دمای کمینه روزانه بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۸، ۴/۱۶ درجه سلسیوس و همچنین میانگین دمای بیشینه روزانه بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۸، ۱۳/۱۷ درجه سلسیوس بوده است. در جدول ۱، میانگین دمای کمینه و بیشینه در دو دوره مشاهداتی بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۸ میلادی و دوره آتی بین سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ در مدل‌سازی تغییر اقلیم مقایسه شده‌اند. همان‌طور که در جدول ۱ آمده است، مطابق با خروجی حاصل از مدل‌سازی صورت گرفته تحت سه سناریوی B1، A2 و A1B میانگین دمای کمینه و بیشینه در هر سه سناریو با افزایش همراه بوده است.

مرکز هدلی به عنوان مرکز پیش‌بینی آب و هوا و تحقیقات هواشناسی بریتانیا یکی از مراکز جهانی پیشرو برای مطالعه اقلیم و مدل‌سازی است. این مدل از جدیدترین مدل‌های جفت شده گردش جهانی جو-اقیانوس HadCM3 است. جز جوی HadCM3، ۱۹ سطح با قدرت تفکیک افقی ۲/۵ درجه عرض جغرافیایی و ۳/۷۵ درجه طول جغرافیایی دارد که یک شبکه جهانی با ۷۰۰۸ سلول شبکه تولید می‌کند.

۵- سناریوهای غیر اقلیمی

عوامل متعددی می‌توانند منجر به آلودگی‌های بسیار و تغییر شرایط طبیعی در محیط زیست شده و شرایط محیط را تحت تأثیر قرار دهند که از آن جمله می‌توان به فعالیت‌های اقتصادی جوامع و متعاقب آن رشد صنایع و کارخانه‌ها و تغییرات کاربری اراضی که منجر به آلودگی‌های بسیار و تغییر شرایط طبیعی در محیط زیست شده نام برد که همگی باعث افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای می‌گردد. از این رو لازم است وضعیت اقتصادی-اجتماعی کره زمین در دوره‌های آتی بررسی گردد. به طور کلی یک وضعیت غیر اقلیمی حاوی اطلاعاتی از وضعیت اقتصادی-اجتماعی و میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر کره زمین است که به آن سناریوی انتشار نیز گفته می‌شود. در سال ۱۹۹۶، IPCC سری جدید سناریوهای انتشار را به منظور به روز کردن و جایگزینی سناریوهای IS92 با نام SRES ارائه کرد. در مجموع ۴۰ زیرسناریو متفاوت SRES ارائه شده است که در برگزیده طیف وسیعی از تغییرات رشد جمعیت انسان در آینده، عوامل اقتصادی و تکنولوژیکی مؤثر بر انتشار گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق می‌باشد.

سه نوع سناریو غیر اقلیمی معرفی شده است (سناریوهای B1، A2 و A1B):

A2: سناریوی A2، بدبینانه‌ترین سناریوی غیر اقلیمی است که می‌توان رخداد آن در آینده محتمل دانست.

B1: سناریوی B1، خوش‌بینانه‌ترین سناریوی غیر اقلیمی است که می‌توان رخداد آن را در آینده محتمل دانست.

جدول ۱- میانگین دما بر اساس دوره مشاهداتی و سناریوهای B1، A2 و A1B.

نام سناریو / مشاهداتی	میانگین دمای بیشینه روزانه (درجه سلسیوس)	میانگین دمای کمینه روزانه (درجه سلسیوس)
دوره مشاهداتی	۱۳/۱۷	۴/۱۶
سناریوی B1	۱۴/۷۳	۵/۷۲
سناریوی A2	۱۵/۴	۶/۳
سناریوی A1B	۱۵/۱	۶/۰۹

سناریوی B1 در بازه زمانی سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵، می‌تواند ۱/۴۴ میلی‌متر باشد. در بازه سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵، میزان بارندگی روزانه بالاتر از ۶۰ میلی‌متر در شش روز احتمال رخداد دارد.

همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌گردد، میانگین میزان بارش روزانه تحت سناریوی A1B در بازه زمانی سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵، می‌تواند ۱/۴۵ میلی‌متر باشد. میزان بارندگی روزانه بالاتر از ۶۰ میلی‌متر در پنج روز احتمال رخداد دارد.

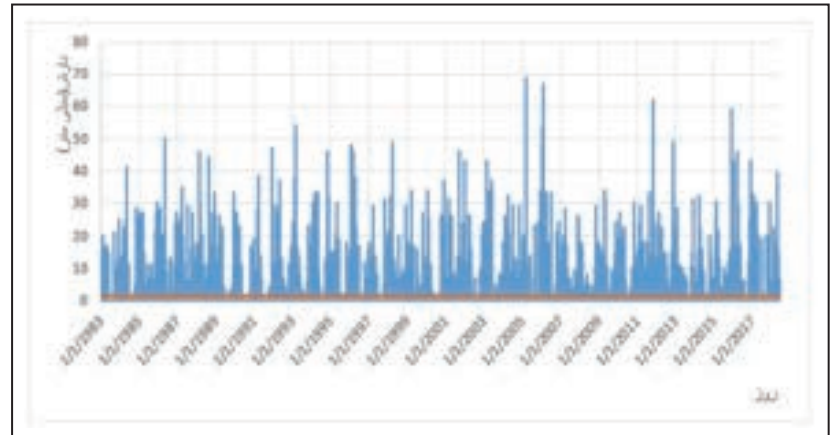
مطابق با شکل‌های ۳، ۴، ۵ و ۶ می‌توان نتیجه گرفت که تحت هر سه سناریوی B1، A2 و A1B میانگین بارش کاهش پیدا کرده است و تعداد نقاط حدی بارش (در این تحقیق، بارش‌های بیش از ۶۰ میلی‌متر در نظر گرفته شده‌اند)، می‌تواند افزایش یابد.

در ادامه به مقایسه میزان بارش‌ها در دو بازه سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۸ و ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ پرداخته شده است.

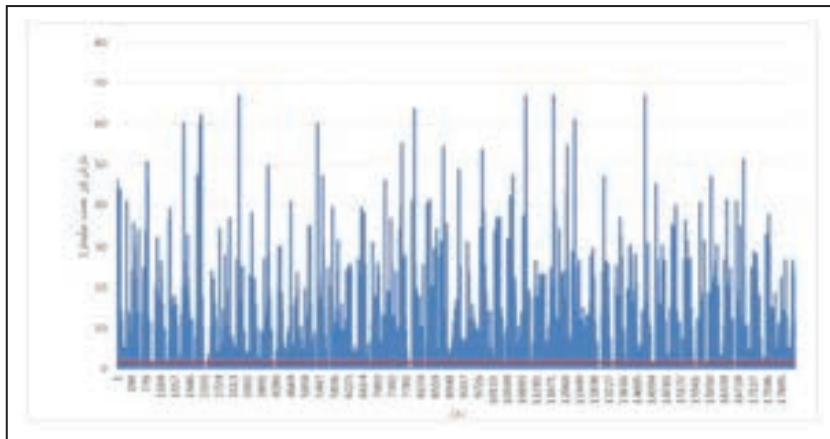
همان‌طور که در شکل ۳ میانگین میزان بارش روزانه بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۸، ۱/۵۱ میلی‌متر بوده است. در بازه سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۸، میزان بارندگی روزانه بالاتر از ۶۰ میلی‌متر در سه روز رخ داده است.

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌گردد، میانگین میزان بارش روزانه تحت سناریوی A2 در بازه زمانی سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵، می‌تواند ۱/۴۲ میلی‌متر باشد. در بازه سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵، میزان بارندگی روزانه بالاتر از ۶۰ میلی‌متر در هشت روز احتمال رخداد دارد.

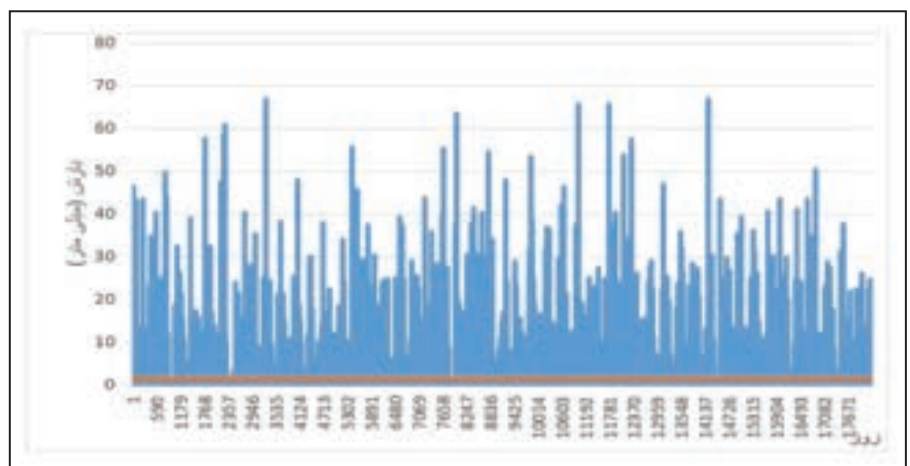
همان‌طور که در شکل ۵ مشاهده می‌گردد، میانگین میزان بارش روزانه تحت



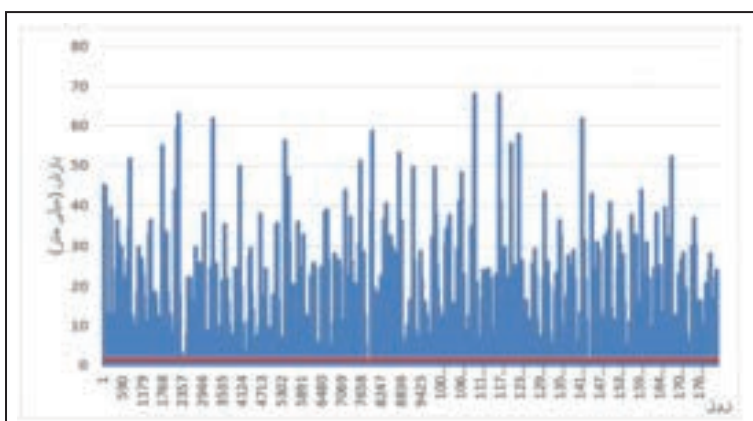
شکل ۳- میزان بارش روزانه بر اساس اطلاعات موجود (۱۹۸۳-۲۰۱۸) ایستگاه هواشناسی لتیان.



شکل ۴- نمودار میزان بارش روزانه بر اساس خروجی مدل تغییر اقلیم تحت سناریوی A2.



شکل ۵- نمودار میزان بارش روزانه بر اساس خروجی مدل تغییر اقلیم تحت سناریوی B1.



شکل ۶- نمودار میزان بارش روزانه بر اساس خروجی مدل تغییر اقلیم تحت سناریوی A1B.

مطابق با جدول ۳، میزان بارش‌های متناظر با سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های ۱۰ ساله، ۵۰ ساله، ۱۰۰ ساله، ۲۰۰ ساله، ۵۰۰ ساله و ۱۰۰۰ ساله برای دوره آتی بین سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ میلادی محاسبه شده است. با مقایسه میزان بارش‌های متناظر با سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های مختلف در دو دوره مشاهداتی بین سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۸ میلادی و دوره آتی سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ میلادی می‌توان به این نتیجه رسید که بارش‌های متناظر با سیلاب‌ها می‌تواند در دوره بازگشت ۱۰ ساله حدود ۱۰ درصد، در دوره بازگشت ۵۰ ساله حدود ۱۶ درصد، در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله حدود ۱۹ درصد، در دوره بازگشت ۲۰۰ ساله حدود ۱۶ درصد، در دوره بازگشت ۵۰۰ ساله حدود ۱۳ درصد و در دوره بازگشت ۱۰۰۰ ساله حدود ۸ درصد افزایش یابد.

میزان بارش بیشینه روزانه در دوره مشاهداتی ۶۶ میلی‌متر بوده است و در دوره زمانی مدل سازی شده نیز میزان بارش بیشینه روزانه می‌تواند ۶۹ میلی‌متر باشد. پس از استخراج داده‌های بیشینه روزانه بارش در دو دوره سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۸ و ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵، با استفاده از نرم افزار SMADA و با انتخاب توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳، بارش‌های با دوره بازگشت‌های ۱۰ ساله، ۵۰ ساله، ۱۰۰ ساله، ۲۰۰ ساله، ۵۰۰ ساله و ۱۰۰۰ ساله محاسبه گردیده‌اند. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌گردد، میزان بارش‌های متناظر با سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های ۱۰ ساله، ۵۰ ساله، ۱۰۰ ساله، ۲۰۰ ساله، ۵۰۰ ساله و ۱۰۰۰ ساله برای دوره مشاهداتی سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۸ میلادی برآورد شده است.

جدول ۲- میزان بارش متناظر با سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های مختلف در دوره مشاهداتی.

دوره بازگشت (سال)	میزان بارش متناظر با سیلاب‌ها (میلی متر)
۱۰	۶۹
۵۰	۷۲
۱۰۰	۷۸
۲۰۰	۸۶
۵۰۰	۹۹
۱۰۰۰	۱۱۸

جدول ۳- میزان بارش متناظر با سیلاب‌های با دوره بازگشت‌های مختلف تحت اثر تغییر اقلیم.

دوره بازگشت (سال)	میزان بارش متناظر با سیلاب‌ها (میلی متر)
۱۰	۷۶
۵۰	۸۴
۱۰۰	۹۳
۲۰۰	۱۰۰
۵۰۰	۱۱۳
۱۰۰۰	۱۲۸

خطر سیلاب در این حوضه آبریز می‌تواند نقش آفرین باشد. لذا می‌توان گفت گرمایش زمین علاوه بر بالا رفتن دمای سطح کره زمین، می‌تواند باعث وقوع سیلاب نیز شود. بنابراین آن چه مهم به نظر می‌رسد انجام اقدامات لازم در جهت پیشگیری و کاهش اثرات ناشی از تغییر اقلیم است. که این دو اقدام می‌تواند در کاهش اثرات ناشی از شدت و خطر سیلاب‌ها نیز مؤثر و مفید واقع شود. بر این اساس نیاز است که در مطالعات آتی، مقادیر دبی سیلاب‌های محتمل با دوره بازگشت‌های مختلف برآورد شود و با انجام بررسی دقیق تمهیدات مدیریت سیلاب متناسب با شدت خطر سیلاب در منطقه فراهم گردد.

در این تحقیق، با مقایسه میزان میانگین دماها و بارش‌های متناظر با سیلاب در دو دوره سال‌های ۱۹۸۳ تا ۲۰۱۸ و ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵، این نتیجه حاصل شد که میانگین دمای کمینه و بیشینه روزانه تحت تأثیر پدیده گرمایش زمین و تحت سه سناریوی مختلف می‌تواند با رویکردهای خوش بینانه و بدبینانه بیشتر شود و میانگین میزان بارندگی‌ها نیز احتمالاً کاهش می‌یابد. اما به طور میانگین میزان بارش‌های حدی روزانه (بیشتر از ۶۰ میلی‌متر) در بازه زمانی سال‌های ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ می‌تواند حدود ۸ تا ۱۹ درصد افزایش یابد. با افزایش بارندگی‌ها، بالطبع رواناب‌ها نیز افزایش می‌یابند و به تبع آن می‌توان گفت که دبی حداکثر رواناب‌ها افزایش می‌یابد. این افزایش دبی در افزایش

۷- نتیجه‌گیری

کتابنگاری

جهانبخش اصل، س.، موحددانش، ع.ا. و مولوی، و.، ۱۳۸۰- تحلیل مدل‌های برآورد تبخیر- تعرق برای ایستگاه هواشناسی تبریز، دانش کشاورزی، جلد ۱۱، شماره ۲. ص. ۵۱ تا ۶۵.
 شرکت مشاور مهتاب قدس، ۱۳۹۰- مطالعات آب‌های سطحی شهر تهران، ص ۱۷.

References

- Bradford, M. J. and Irvine, J. R., 2000- Land use, fishing, climate change, and the decline of Thompson River, British Columbia, coho salmon. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. Jan 1;57(1):13-6. <https://doi.org/10.1139/f99-283>.
- Hunt, A. and Watkiss, P., 2011- Climate change impacts and adaptation in cities: a review of the literature. Climatic change. Jan 1;104(1):13-49. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9975-6>.
- IPCC, 2001- climate change 2001. The climate change contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change 159. <https://doi.org/10.1177/095968360301300516>.
- IPCC, 2007- climate change the physical science basis. AGU Fall Meeting Abstracts.
- IPCC, 2012- 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, USA30.11: 7575-7613. <https://doi.org/10.1017/cbo9781139177245.016>
- Katz, R. W. and Brown, B. G., 1992- Extreme events in a changing climate: variability is more important than averages. Climatic change. Jul 1;21(3):289-302. <https://doi.org/10.1007/bf00139728>.
- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Grubler, A., Riahi, K., Roehrl, R. A. and Rogner, H. H., 2000- Victor N. Special report on emissions scenarios (SRES), a special report of Working Group III of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press.
- Romero-Lankao, P. and Dodman, D., 2011- Cities in transition: transforming urban centers from hotbeds of GHG emissions and vulnerability to seedbeds of sustainability and resilience: Introduction and Editorial overview. Current Opinion in Environmental Sustainability. May 1;3(3):113-20. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.02.002>.
- Rosenzweig, C., Solecki, W. D., Hammer, S. A. and Mehrotra, S., 2011- Climate change and cities: First assessment report of the urban climate change research network. Cambridge University Press; Apr 28. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511783142>.

The effects of global warming on the amount of extremes rainfall to floods with different return periods (Case Study: Jajrood watershed)

A. Alavi Naeini¹ and B. Malek Mohammadi^{2*}

¹Ph.D Student, Department of Environmental Planning and Management, Alborz Campus, University of Tehran, Tehran, Iran.

²Associate Professor, Department of Environmental Planning and Management, Faculty of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran.

Received: 2019 February 28

Accepted: 2019 May 22

Abstract

In this study by choosing the Jajrood watershed as case study the effects of global warming have been investigated on the amount of rainfall to floods with different return periods. At first, meteorological data was reviewed between 1983 and 2018. Then, using LARS-WG software, climate change modeling was compared with the output data from climate change modeling in the period 2046-2065. Considering the changes in modeling in the LARS-WG software, the average daily maximum and minimum temperature can be incremental over the period 2046-2065 and also, the average daily precipitation can be decreased. Although, the average amount of daily rainfall has decreased but number of extreme points of daily precipitation during the modeling can be increased. After extraction of maximum daily rainfall data in two periods from 1983 to 2018 and 2046 to 2065 by choosing Log Pearson's 3rd Distribution, rainfall is estimated at different return periods. Finally, by comparing the amount of rainfall corresponding to the floods in these two periods, Finally, comparing the amount of rainfall corresponding to the floods in these two periods was concluded that on average, these extreme rainfalls during the period from 2046 to 2065 could increase by about 14%.

Keywords: Global warming, Precipitation, Flood, LARS-WG, Jajrood watershed.

For Persian Version see pages 241 to 246

*Corresponding author: B. Malek Mohammadi; E-mail: malekb@ut.ac.ir