



ارزیابی نقش تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت کرمان-باغین در افق ۲۰۵۵

بهرام چوبین*^۱، فرزانه ساجدی حسینی^۲، علی آذره^۳، فرشاد سلیمانی ساردو^۴

۱. دانشجوی دکتری آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
 ۲. دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
 ۳. دانش آموخته دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
 ۴. عضو هیات علمی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت
- * نویسنده مسئول: Bahram.choubin@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۵

چکیده

آب زیرزمینی از مهم‌ترین منابع تامین آب شیرین مورد نیاز انسان به‌ویژه در مناطق خشک است که با توجه به تغییرات اقلیمی آینده و گرم شدن جهانی، مورد تهدید جدی قرار خواهد گرفت. هدف این پژوهش بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت کرمان-باغین است. بر این اساس پایه پیش‌بینی اقلیم در افق ۲۰۵۵ (۲۰۴۶-۲۰۶۵) دشت کرمان-باغین از مدل گردش عمومی جو *HadCM3* طی سناریو انتشار *A2* استفاده شد. همچنین وضعیت کمی (سطح ایستابی) آب زیرزمینی طی سال‌های (۲۰۰۹-۱۹۸۶) و وضعیت کیفی (شوری) طی سال‌های (۲۰۰۹-۲۰۰۳) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج اجرای مدل *LARS-WG* نشان داد که میانگین بارش سالانه در دوره افق ۲۰۵۵ به مقدار ۳/۶ میلی‌متر کاهش خواهد یافت، همچنین میانگین سالانه دمای کمینه و بیشینه در افق ۲۰۵۵ به ترتیب به مقدار ۲/۸ و ۲/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت. بررسی هیدروگراف واحد و شیمی نگار (کموگراف) دشت کرمان-باغین حاکی از روند افت سطح ایستابی (۰/۸۹ متر افت در هر سال) و افزایش شوری آبخوان دشت کرمان-باغین را دارد. بنابراین با توجه به نتایج آینده مدل گردش عمومی جو *HadCM3* این روند نزولی در سطح ایستابی و روند افزایش در شوری آبخوان انتظار می‌رود که ادامه داشته باشد.

واژگان کلیدی: تغییر اقلیم؛ آب زیرزمینی؛ هیدروگراف واحد؛ کموگراف؛ دشت کرمان-باغین

■ مقدمه

اقلیم از جمله نیروهای مهم بوم شناختی (اکولوژیک) است که تغییر آن در عصر حاضر به عنوان مهم ترین تهدید برای توسعه پایدار مطرح است. افزایش گازهای گلخانه‌ای در جو موجب تغییر دما و بارش می‌شود. تغییرات در دمای هوا و بارندگی اثر معنی‌داری بر روی منابع آب و متغیرهای هیدرولوژی دارد. تغییر اقلیم و افزایش دما به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک بر روی منابع آبی اثرات شدیدتری خواهد داشت (Samadi et al, 2009). تاثیرات تغییر اقلیم به صورت تغییر مقدار رواناب سطحی و آب‌های زیرزمینی نیز نمود پیدا می‌کند.

در سال‌های اخیر بررسی‌های انجام شده توسط محققان برای بررسی اثرهای تغییر اقلیم بر روی منابع آب با استفاده از مدل‌های ناحیه‌ای و آماری در مقیاس‌های گوناگون، افزایش چشمگیری داشته که این مسئله حاکی از اهمیت این موضوع دارد. Zarghami و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی اثرات تغییر اقلیم در استان آذربایجان شرقی پرداختند و از نتایج خروجی مدل LARS-WG جهت پیش‌بینی رواناب دوره‌های آتی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداختند. Khazaei و همکاران (۲۰۱۱) اثرات تغییر اقلیم بر سیلاب‌های حوزه آبخیز پتاه در استان کهگیلویه و بویراحمد را مطالعه کردند. آن‌ها در این پژوهش از سناریوهای A1B، A2، B1 و با کاربرد یک مدل طراحی شده اقدام به تولید داده و بارش-رواناب ریزمقیاس نمودند. نتایج ایشان نشان داد که شدت سیلاب‌ها تحت تاثیر تغییر اقلیم در این منطقه افزایش می‌یابد.

آب‌زیرزمینی از مهم‌ترین منابع تامین آب شیرین مورد نیاز انسان به ویژه در مناطق خشک است که با توجه به تغییرات اقلیمی آینده و گرم شدن جهانی تحت تاثیر قرار خواهد گرفت. به رغم اهمیت فراوانی که تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی به عنوان یکی از مقولات مهم در زمینه شرب و آبیاری دارد تحقیقات پراکنده و کمی در این زمینه صورت گرفته است. خسروی و همکاران (۱۳۸۹) تأثیر تغییر اقلیم بر منابع آبی خاورمیانه تا سال ۲۰۲۰ بر پایه پیش‌بینی‌های هیأت

بین‌دول تغییر اقلیم (IPCC) بررسی و نشان داد که تا سال ۲۰۲۰ مقدار بارش ۲۰٪ کاهش پیدا می‌کند و به تبع آن چالش جدی برای منابع آب زیرزمینی رخ خواهد داد. کشاورزی حسن‌آبادی و همکاران (۱۳۹۱) با بررسی اثرات تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت قروه پرداخته و به ارائه راهکارهای مناسب برای کاهش اثرات بر روی منابع آبی پرداختند. Karamouz و همکاران (۲۰۱۱) اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب‌های زیرزمینی را از طریق مدل MODFLOW و ارتباط خروجی‌های آن با مدل WEAP مورد بررسی قرار دادند و با سناریوهای مختلف تراز آب زیرزمینی و توسعه طرح‌های تخصیص آب را در شرایط تغییر اقلیم ارزیابی کردند.

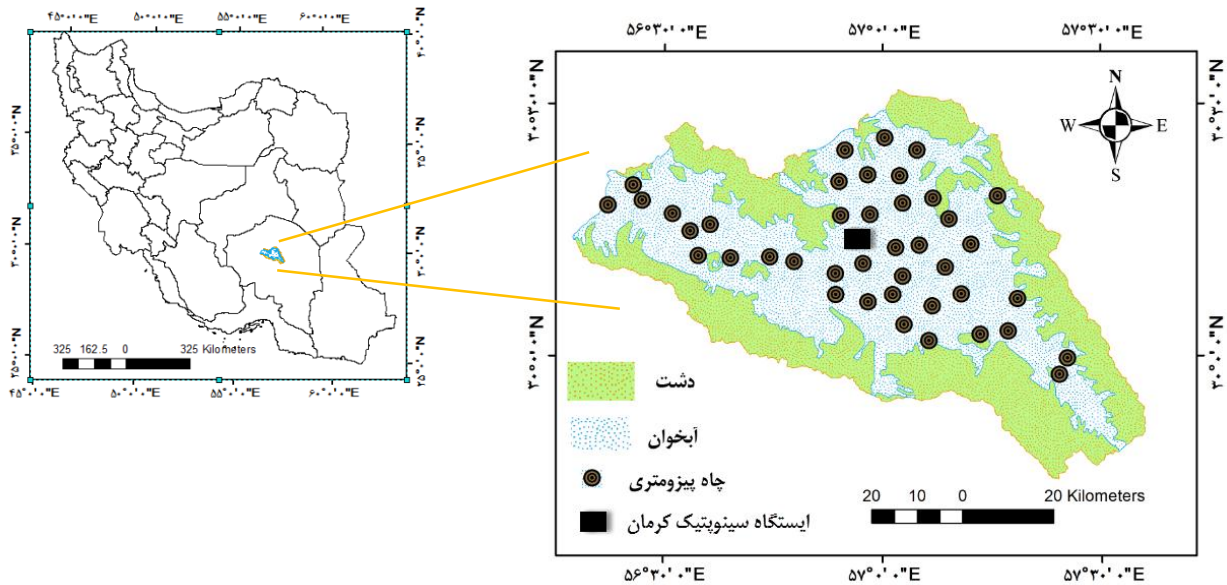
هدف این پژوهش بررسی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت کرمان- باغین است. با توجه به اینکه مقدار بارش به ویژه در سال‌های اخیر در کشور و همچنین در دشت کرمان- باغین کاهش زیادی داشته و با خشکسالی‌های اخیر و افت زیاد در کیفیت و سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی ناشی از برداشت‌های بیش از حد و غیراصولی آب‌های زیرزمینی این منطقه، انجام این پژوهش بسیار لازم و ضروری است تا از نتایج آن برای کمک به مدیریت منابع آب استفاده کرد.

■ مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی دشت کرمان- باغین (شکل ۱) است. که در محدوده جغرافیایی ۱۷' ۵۶° تا ۳۷' ۵۷° طول شرقی و ۴۶' ۲۹° تا ۳۱' ۳۱° عرض شمالی واقع شده است. بخشی از حوزه آبخیز کویر مرکزی ایران و در جنوب غرب دشت لوت واقع شده است. وسعت دشت ۵۴۲۰ کیلومترمربع می‌باشد که ۳۲۰۰ کیلومترمربع آن را سطوح آبرفتی و ۲۲۲۰ کیلومترمربع دیگر آن را نواحی کوهستانی و کوهپایه‌ای تشکیل داده است. در این پژوهش اطلاعات تعداد ۴۱ چاه پیژومتری آبخوان دشت کرمان- باغین شامل اطلاعات کمی (تراز آب زیرزمینی) در طی سال‌های آماری (۲۰۰۹-۱۹۸۶) و اطلاعات کیفی (شوری) در طی سال‌های آماری (۲۰۰۹-۲۰۰۳) جمع آوری شد.

روزانه در طی سال‌های آماری ۲۰۱۰-۱۹۵۱ استفاده شد.

همچنین برای بررسی وضعیت اقلیمی دشت از آمار ایستگاه سینوپتیک کرمان واقع در میانه دشت (شکل ۱) شامل آمار بارش، دمای حداقل و حداکثر و ساعات آفتابی



شکل ۱- موقعیت دشت کرمان-باغین

تصادفی وضع هوا است و برای تولید بارش روزانه، تابش، دمای کمینه و بیشینه تحت شرایط اقلیم حاضر و آینده به کار می‌رود. ابتدا توسط Racsko و همکاران (۱۹۹۱) ارائه و سپس توسط Semenov و همکاران (۱۹۹۸) بازنگری شد.

LARS-WG برای شبیه‌سازی طول دوره‌های خشک و تر، بارندگی و تابش خورشیدی از توزیع‌های نیمه تجربی به فرم کلی زیر استفاده می‌کند:

$$EPM = \{a_0, a_i, h_i, i=1 \dots 10\} \quad (1)$$

که هیستوگرامی شامل ۱۰ طبقه است و هر یک از طبقات در فاصله $[a_{i-1}, a_i]$ تعریف می‌شود به طوری a_i و $1 < h_i$ که فراوانی پدیده‌های مشاهده شده در طبقه نام می‌باشد.

در این پژوهش برای بررسی تغییر اقلیم از مدل گردش عمومی جو به نام *HadCM3* استفاده شد. *HadCM3* از نوع مدل‌های گردش عمومی جفت شده جوی-اقیانوسی ($AOGCM^1$) است که در مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلیس طراحی و توسعه یافته است.

ریزمقیاس سازی (*Downscaling*)

از جمله مشکلات کار با مدل‌های گردش عمومی، وضوح مکانی اندک آن‌ها و نیاز به داده‌های منطقه‌ای برای مطالعات تغییر اقلیم است. برای اینکه خروجی این مدل‌ها مورد استفاده قرار گیرد نیازمند تبدیل آن به مدل‌های منطقه‌ای است. تبدیل کردن داده‌های بزرگ مقیاس مدل‌های گردش عمومی به داده‌های منطقه‌ای و محلی یا ایستگاهی، ریزمقیاس‌نمایی گفته می‌شود. امروز دو کلاس متفاوت از دیگه ریزمقیاس کردن در جوامع علمی مطرح است که شامل روش‌های دینامیک و روش‌های آماری است. روش‌های دینامیک شامل حل صریح سیستم‌ها بر پایه فرآیندهای فیزیکی-دینامیک آن‌ها است. اما روش‌های آماری با هدف توسعه روابط بین متغیرهای اقلیمی بزرگ مقیاس و متغیرهای اقلیمی منطقه‌ای و شناسایی روابط بین سیستم‌ها با استفاده از داده‌های مشاهداتی توسعه داده شده‌اند (حسینی، ۱۳۸۷). در اجرای این پژوهش از مدل آماری *LARS-WG* استفاده شد. این مدل از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های

¹. Atmosphere-Ocean General Circulation Model

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2 \sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2}} \right)^2 \quad (3)$$

که در رابطه‌های ذکر شده N تعداد داده‌هاست. O_i و P_i به ترتیب مقادیر مشاهده و پیش‌بینی شده‌اند و \bar{O} و \bar{P} میانگین مقادیر مشاهداتی و پیش‌بینی شده است. در ادامه برای مطالعه بررسی اقلیم آینده دشت از سناریوی A2 که نشان دهنده رشد سریع جهان همراه با رشد اقتصادی ناهمگن می‌باشد استفاده شد و تغییرات متغیرهای دما و بارش در افق ۲۰۵۵ (۲۰۴۶-۲۰۶۵) نسبت به دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۵۱) مورد بررسی قرار گرفت.

بررسی وضعیت آب زیرزمینی دشت کرمان-باغین

وضعیت کمی (سطح ایستابی) آب زیرزمینی دشت کرمان-باغین در طی سال‌های (۲۰۰۹-۱۹۸۶) و وضعیت کیفی (شوری) طی سال‌های (۲۰۰۹-۲۰۰۳) مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی وضعیت کمی و کیفی آبخوان از تعداد ۴۱ حلقه چاه استفاده شد و به کمک نرم افزار Arc GIS9.3 پس از پلیگون‌بندی تیسسن و برآورد حدود چاه متوسط تراز آب زیرزمینی و شوری برای هر سال بدست آمد. و سپس هیدروگراف واحد و کموگراف دشت ترسیم گردید.

بررسی سطح ایستابی دشت کرمان-باغین و ترسیم

هیدروگراف واحد دشت

سال آبی ۱۹۸۵ برای ترسیم هیدروگراف واحد به عنوان مبنای محاسبه قرار گرفته و تغییرات سطح ایستابی نسبت به این سال مورد بررسی قرار گرفت. برای رسم هیدروگراف واحد، اختلاف سطح آب زیرزمینی هر سال نسبت به سال ما قبل خود برآورد و در پایان تغییرات تجمعی در برابر زمان رسم شد (چوبین و ملکیان، ۱۳۹۲).

قدرت تفکیک این مدل، شبکه‌ای با ابعاد ۲/۷۵ درجه عرض جغرافیایی و ۳/۷۵ درجه طول جغرافیایی است (IPCC, 2007). توصیف این مدل توسط Gordon et al. (2000) و Pope et al. (2000) انجام شده است. HadCM3 از دو مولفه جوی و اقیانوسی به نام‌های HadAM3 (مدل جوی) و HadOM3 (مدل اقیانوسی) که دارای مدل یخ-دریا نیز می‌باشد، تشکیل شده است. این مدل نیازی به تنظیمات شار سطحی (شار مصنوعی اضافی برای سطح اقیانوس) برای بهبود شبیه‌سازی ندارد. شبیه‌سازی‌ها بر مبنای تقویم سال ۳۶۰ روزه و ماه‌های ۳۰ روزه انجام می‌شود. قدرت تفکیک بالای مولفه اقیانوسی، مهمترین مزیت این مدل است. از جمله دیگر مزیت این مدل هماهنگی خوب بین مولفه‌های جوی و اقیانوسی آن می‌باشد.

در این پژوهش با توجه به آمار موجود دوره ۲۰۱۰-۱۹۵۱ به‌عنوان دوره پایه انتخاب شد، پارامترهای اقلیمی مورد نیاز برای اجرای مدل لارس جمع‌آوری و مورد پردازش قرار گرفت. مدل برای دوره پایه اجرا شد و بدین ترتیب کالیبراسیون مدل انجام پذیرفت. با توجه به اینکه نتایج حاصل از مدل‌های اقلیمی صرفاً در مناطق آزمون از اعتبار لازم برخوردار است، مرحله اعتبار سنجی مدل متناسب با داده‌های منطقه مطالعاتی صورت گرفت. به منظور اطمینان از صحت مدل، ابتدا سناریوی حالت پایه برای دوره پایه تدوین و مدل برای این دوره اجرا شد، سپس خروجی‌های مدل شامل دمای حداقل و حداکثر و بارش آن با داده‌های مشاهده‌ای ایستگاه سینوپتیک کرمان مقایسه گردید.

ضریب کارایی ناش (NSE) و ضریب تبیین (R^2) (معادلات ۲ و ۳ به ترتیب) جهت بررسی کارایی مدل لارس استفاده شد.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (2)$$

بررسی تغییرات شوری در دشت کرمان-باغین و ترسیم

شیم نگار (کموگراف) دشت

شیمی نگار نموداری است که معرف کیفی آب زیرزمینی است، به طوریکه میانگین هدایت الکتریکی یا شوری (میکروزیمنس بر سانتی متر) در برابر زمان رسم می‌شود (چوبین و ملکیان، ۱۳۹۲). میانگین شوری آبخوان طی دوره آماری (۲۰۰۹-۲۰۰۳) محاسبه شد. و سپس روند تغییرات شوری (کموگراف) آبخوان ترسیم شد.

■ نتایج

نتایج ریزمقیاس سازی مدل اقلیمی *HadCM3*

جدول ۱ آماره‌های خطا حاصل از پارامترهای اقلیمی مشاهداتی و مدلسازی شده را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه ضریب کارایی ناش (*NSE*) و ضریب تبیین (R^2) برای هر سه متغیر اقلیمی در ایستگاه‌های مورد مطالعه نزدیک به یک است بنابراین مدل لارس دقت مدل‌سازی بالایی جهت ریزمقیاس سازی دارد.

جدول ۱- آماره‌های خطا حاصل از پارامترهای اقلیمی مشاهداتی و مدلسازی شده (۲۰۱۰-۱۹۵۰)

ایستگاه	میانگین بارش ماهانه		میانگین دمای حداقل ماهانه		میانگین دمای حداکثر ماهانه	
	<i>NSE</i>	R^2	<i>NSE</i>	R^2	<i>NSE</i>	R^2
سینوپتیک کرمان	۰/۹۷	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹

پس از اطمینان از قابلیت مدل *LARS-WG* در تولید داده‌های اقلیمی، این مدل جهت ریزمقیاس نمایی برون داده‌های مدل گردش عمومی جو *HadCM3* و تولید داده‌های مصنوعی جهت پیش‌بینی اقلیم در افق ۲۰۵۵ (۲۰۴۶-۲۰۶۵) اجرا شد. پس از اجرای مدل و تولید مقادیر روزانه پارامترهای دمای حداقل و حداکثر و بارش برای دوره ۲۰۴۶-۲۰۶۵ می‌توان شرایط اقلیمی را برای آینده و اثر اقلیم بر وضعیت آب زیرزمینی دشت کرمان-باغین را مشخص کرد.

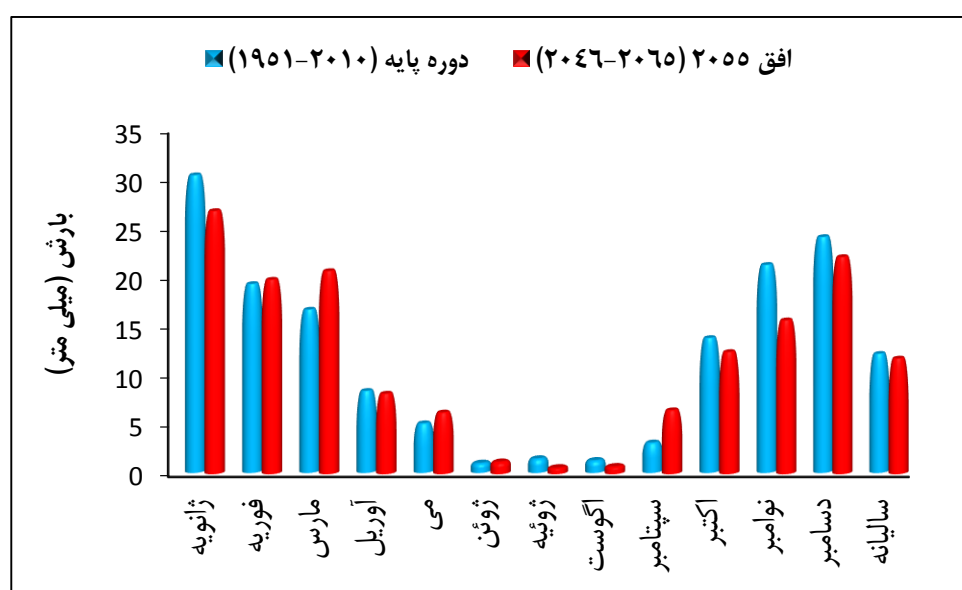
جدول ۲ مقادیر میانگین ماهیانه و سالیانه متغیرهای بارش، دمای حداقل و حداکثر برای دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۵۱) را نسبت به افق ۲۰۵۵ (۲۰۴۶-۲۰۶۵) نشان می‌دهد. همچنین این مقادیر در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ نیز ارائه شده‌اند. بررسی وضعیت بارندگی افق ۲۰۵۵ نشان

می‌دهد که در ماه‌های ژانویه، آوریل، ژوئیه، آگوست، اکتبر، نوامبر و دسامبر مقادیر میانگین بارندگی ماهیانه نسبت به دوره پایه کاهش پیدا می‌کند. البته در ماه‌های فوریه، مارس، می، ژوئن و سپتامبر مدل لارس افزایش مقادیر ماهیانه بارش را نشان می‌دهد. اما به‌طور کلی متوسط بارش سالیانه در دوره افق ۲۰۵۵ به مقدار ۳/۶ میلی‌متر کاهش خواهد یافت (جدول ۲).

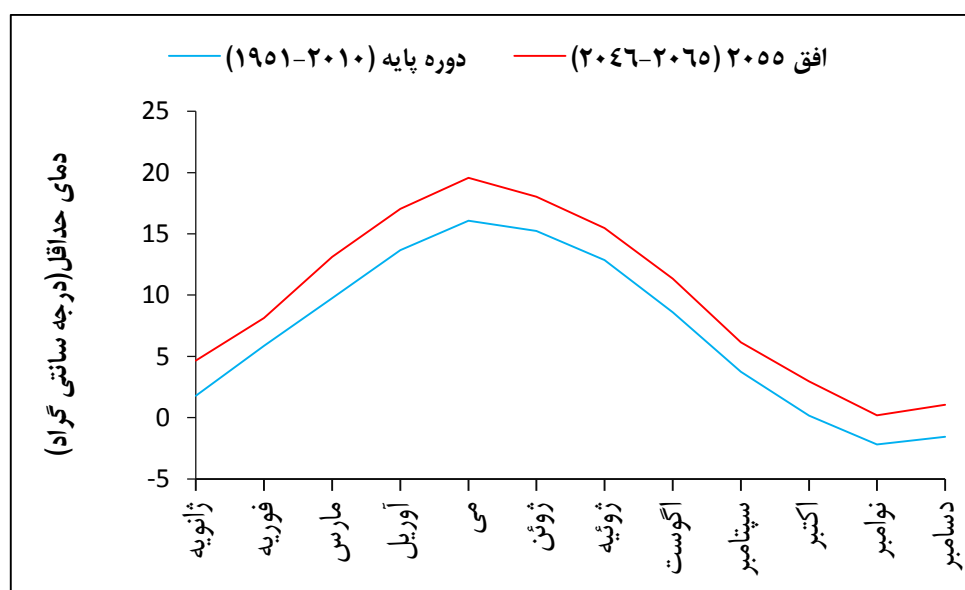
شکل ۳ و ۴ متوسط دمای کمینه و بیشینه ماهانه برای دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۵۱) و افق ۲۰۵۵ (۲۰۴۶-۲۰۶۵) را نشان می‌دهند. همانطور که مشخص است در تمامی ماه‌ها افزایش دمای حداقل و حداکثر را در دوره افق ۲۰۵۵ مشاهده می‌کنیم. بطوریکه متوسط سالیانه دمای حداقل و حداکثر در دوره افق ۲۰۵۵ به ترتیب به مقدار ۲/۸ و ۲/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت.

جدول 2- مقدار میانگین ماهیانه و سالیانه متغیرهای بارش، دمای حداقل و حداکثر برای دوره پایه (2010-1951) و افق 2055 (2046-2065)

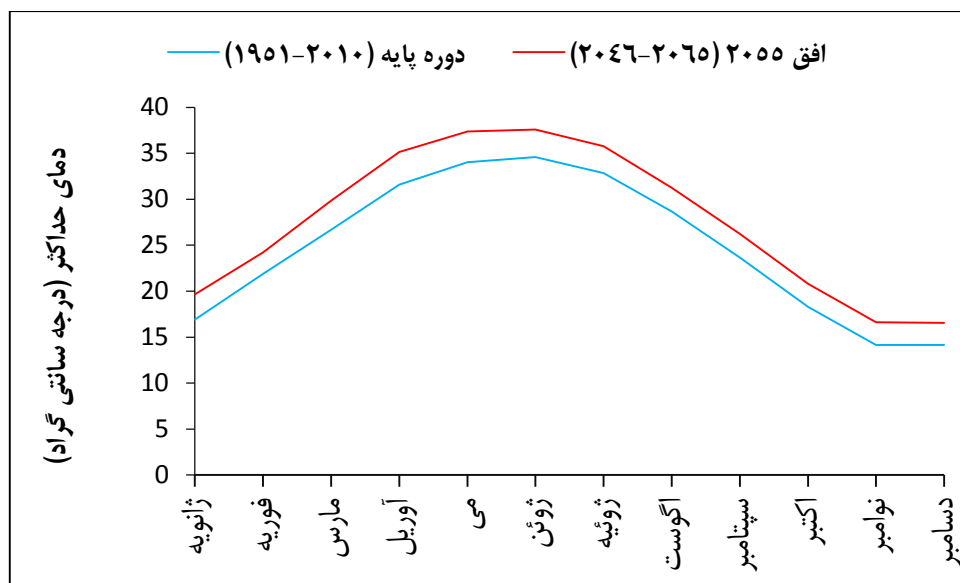
دوره آماری	متغیر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مئ	ژوئن	ژوئیه	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	سالیانه
دوره پایه (2010-1951)	بارش	30/3	19/2	16/6	8/3	5/0	0/1	1/4	1/3	3/0	13/7	21/1	24/0	142/7
دوره پایه (2010-1951)	دمای حداقل	1/8	5/9	9/7	13/7	16/1	15/2	12/9	8/6	3/7	0/2	-2/2	-1/6	7
دوره پایه (1951)	دمای حداکثر	16/9	21/9	26/7	31/6	34/0	34/6	32/8	28/7	23/6	18/3	14/1	14/1	24/8
افق 2055	بارش	26/6	19/6	20/5	8/1	6/1	1/1	0/5	0/6	6/3	12/2	15/9	21/9	139/1
افق 2055 (2046-2065)	دمای حداقل	4/7	8/1	13/1	17/0	19/6	18/0	15/5	11/3	6/1	3/0	0/2	1/1	9/8
افق 2055 (2046-2065)	دمای حداکثر	19/6	24/2	26/7	29/8	35/1	37/4	37/6	31/2	26/2	20/8	16/6	16/6	27/6



شکل 2- مقایسه بارش ماهانه و سالانه برای دوره پایه (1951-2010) و افق 2055 (2046-2065)



شکل 3- مقایسه دمای کمینه ماهانه برای دوره پایه (1951-2010) و افق 2055 (2046-2065)



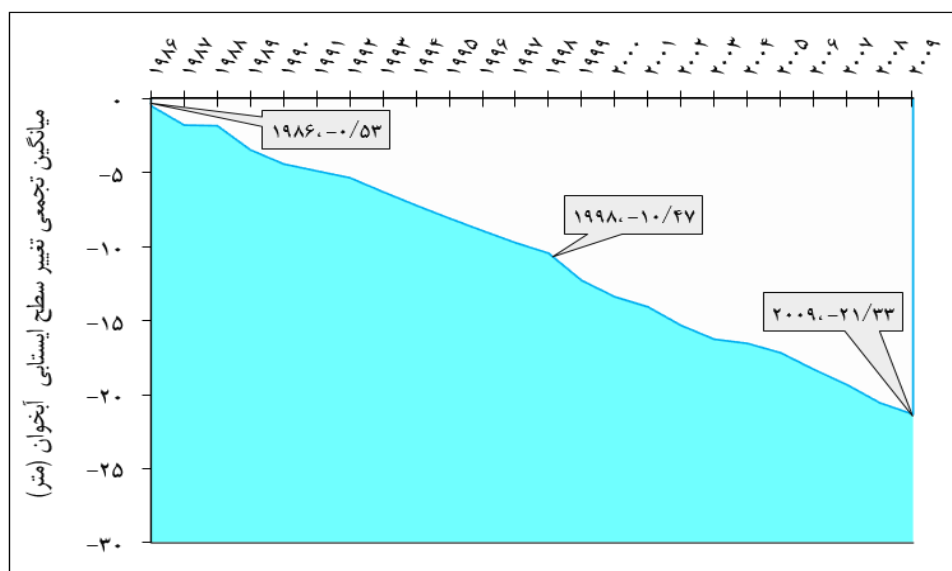
شکل ۴- مقایسه دمای بیشینه ماهانه برای دوره پایه (۱۹۵۱-۲۰۱۰) و افق ۲۰۵۵ (۲۰۴۶-۲۰۶۵)

وضعیت منابع آب زیرزمینی

نتایج بررسی سطح ایستابی دشت کرمان-باغین

برای رسم هیدروگراف واحد آبخوان سال آبی ۱۹۸۵ به عنوان مبنای محاسبه قرار گرفته و تغییرات سطح ایستابی نسبت به این سال مورد بررسی قرار گرفت. شکل

۵ هیدروگراف واحد آبخوان دشت کرمان-باغین را در طی سال‌های ۱۹۸۶-۲۰۰۹ نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است در طی این سال‌ها مقدار کل افت آب زیرزمینی ۲۱/۳۳- متر (میانگین ۰/۸۹ متر افت در هر سال) نسبت به سال ۱۹۸۵ بوده است. روند نزولی در تغییرات سطح ایستابی کاملاً مشهود می‌باشد.



شکل ۵- هیدروگراف واحد آبخوان دشت کرمان-باغین

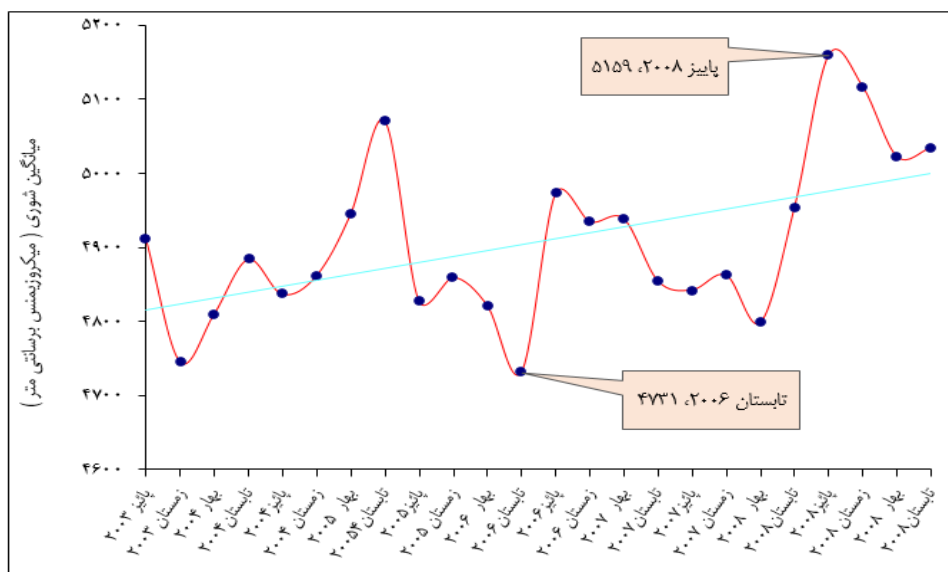
نتایج بررسی تغییرات شوری دشت کرمان-باغین

با توجه به کمبود آمار کیفی در دشت کرمان-باغین تنها به بررسی تغییرات شوری در دشت پرداخته شد.

کموگراف یا شیمی نگار (معرف کیفی آبخوان) در طی سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۸ ترسیم شده است (شکل ۶). بیشترین مقدار شوری مربوط به پاییز ۲۰۰۸ برمی‌گردد

می‌کند بنابراین رفته رفته آبخوان دشت شورتر می‌شود.

که برابر با ۵۱۵۹ میکروزیمنس بر سانتی‌متر می‌باشد. در این شکل خط روند شوری حالت افزایش را مشخص

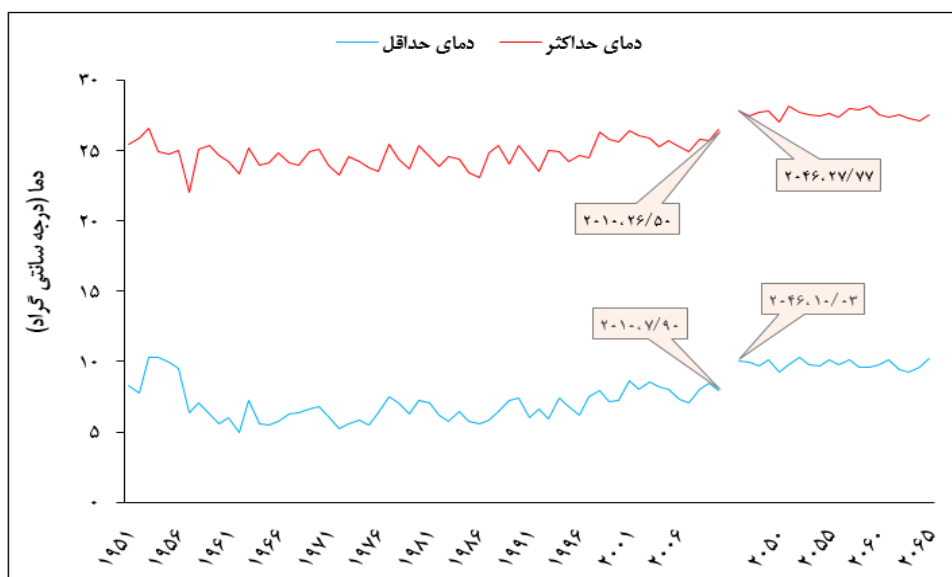


شکل ۶- شیمی نگار (معرف کیفی آبخوان) دشت کرمان-باغین

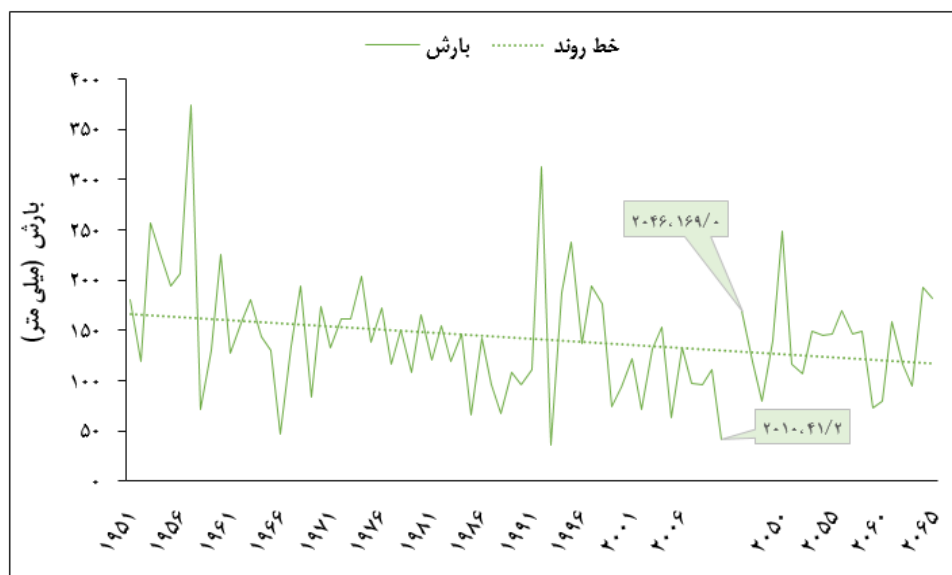
حوضه گرگانرود به اندازه ۰/۵ درجه سلسیوس افزایش خواهد یافت. شکل ۷ تغییرات دمای کمینه و بیشینه سالانه را در دوره آینده (۲۰۴۶-۲۰۶۵) دشت کرمان-باغین نسبت به دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۵۱) بر اساس سناریو A2 مدل گردش عمومی جو HadCM3 نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود روند افزایش دما در دشت کرمان-باغین به‌طور زیاد مشهود است. تغییرات بارش سالانه آبی (دوره افق ۲۰۵۵) نسبت به دوره پایه حاکی از آن است که متوسط بارش سالانه ۰/۵ میلی‌متر کاهش پیدا خواهد کرد (مقدار بارش در دوره ۲۰۱۰-۱۹۵۱ برابر با ۱۲/۱ و برای دوره آبی ۲۰۴۶-۲۰۶۵ برابر با ۱۱/۶ میلی‌متر است). شکل ۸ نیز تغییرات بارش سالیانه دوره آبی (۲۰۴۶-۲۰۶۵) دشت کرمان-باغین نسبت به دوره پایه (۲۰۱۰-۱۹۵۱) را نشان می‌دهد که روند نزولی در داده‌های بارش مشاهده می‌شود. در این راستا مساح بوانی و مرید (۱۳۸۴) نشان دادند که مقدار بارش طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۳۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ و تحت سناریو A2 و B2 به ترتیب ۱۰ و ۱۶٪ کاهش می‌یابد.

■ بحث و نتیجه‌گیری

مقایسه میانگین متغیرهای اقلیمی گذشته دشت کرمان-باغین و آینده آن نشان می‌دهد که دمای حداقل ۲/۸ درجه افزایش خواهد یافت (مقدار میانگین دمای حداقل در دوره ۲۰۱۰-۱۹۵۱ برابر با ۷ و برای دوره آبی ۲۰۴۶-۲۰۶۵ برابر با ۹/۸ درجه سلسیوس است). همچنین مدل لارس نشان داد که تا سال ۲۰۶۵، دمای بیشینه سالانه هم ۲/۸ درجه سلسیوس افزایش خواهد داشت (مقدار دمای کمینه در دوره ۲۰۱۰-۱۹۵۱ برابر با ۲۴/۸ و برای دوره آبی ۲۰۴۶-۲۰۶۵ برابر با ۲۷/۶ درجه سلسیوس است). در این راستا مساح بوانی و مرید (۱۳۸۴) تغییر اقلیم را در طی سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۳۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ بررسی کردند. نتایج آن‌ها حاکی از افزایش دمای ۳/۲ و ۴/۶ تحت سناریو A2 و B2 می‌باشد. رضایی زمان و همکاران (۱۳۹۲) نیز نشان دادند که در حوضه سیمینه-رود دمای هوا تا سال ۲۰۳۹ افزایش ۲ درصدی خواهد داشت. شفائی و همکاران (۱۳۹۲) نیز نشان دادند که در دوره ۱۴۱۴-۱۳۹۰ تحت سناریو A2 مقدار دمای



شکل ۷- تغییرات دمای کمینه و بیشینه سالانه دوره آینده (۲۰۴۶-۲۰۶۵) نسبت به دوره پایه (۱۹۵۱-۲۰۱۰)



شکل ۸- تغییرات بارش سالیانه دوره آتی (۲۰۴۶-۲۰۶۵) دشت کرمان-باغین نسبت به دوره پایه (۱۹۵۱-۲۰۱۰)

این انتظار می‌رود که وضعیت منابع آب‌های زیرزمینی با تهدید جدی رو به رو باشد.

بررسی هیدرگراف واحد و شیمی نگار دشت کرمان-باغین حاکی از روند افت سطح ایستابی و افزایش شوری آبخوان دشت کرمان-باغین را دارد. بنابراین با توجه به نتایج آینده مدل گردش عمومی جو *HadCM3* این روند نزولی در سطح ایستابی و روند افزایش در شوری آبخوان انتظار می‌رود که ادامه داشته باشد. بنابراین طبق این تفاسیر مدیریت منابع آبی (در دشت کرمان-باغین) به شدت احساس می‌شود. با توجه به اینکه بیشترین استفاده از منابع آب زیرزمینی دشت کرمان-باغین صرف

مدل گردش عمومی جو *HadCM3* نشان داد که در طی دوره ۲۰۴۶-۲۰۵۵ افزایش دما در منطقه مطالعاتی خواهیم داشت. همچنین بارندگی در سطح دشت برای دوره آتی کاهش خواهد یافت. بنابراین با توجه به افزایش دما انتظار می‌رود که مقدار بیشتری از بارش به تبخیر تبدیل و از دسترس خارج شود. با توجه به این نکات انتظار می‌رود تغذیه آب‌های زیرزمینی دشت کرمان-باغین نیز کمتر از امروزه و گذشته صورت گیرد. از طرفی امروزه روز به روز از منابع آب‌های زیرزمینی بیشتر استفاده می‌شود و با توجه به گرمایش جهانی در پیش رو

استفاده از سدهای زیرزمینی جهت کاهش تبخیر و اجرای سامانه‌های آبیاری تحت فشار برای جلوگیری از هدررفت آب پیشنهاد می‌شود.

کشاورزی می‌شود پیشنهاد می‌شود توصیه‌های ترویجی مناسب برای کشاورزان منطقه در ارتباط با نوع محصول مناسب در شرایط کم‌آبی و استفاده بهینه از مصرف آب ارائه گردد. همچنین

■ منابع

۱. چوبین، ب. و ملکیان، آ. (۱۳۹۲). بررسی رابطه بین نوسانات سطح ایستابی و روند شورشدن آبخوان (مطالعه موردی: آبخوان دشت آسپاس). مجله علمی پژوهشی مدیریت بیابان، ۱: ۱۳-۲۶.
۲. حسینی، ف. (۱۳۸۷). بررسی اثرات پدیده تغییرات اقلیم در حوزه آبریز کرخه. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شریف.
۳. خسروی، م.، اسماعیل‌نژاد، م.، و نظری‌پور، ح. (۱۳۸۹). تغییر اقلیم و تاثیر آن بر منابع آب خاورمیانه. مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، ۱-۸.
۴. رضایی زمان، م.، مرید، س.، و دلاور، م. (۱۳۹۲). ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر متغیرهای هیدروکلیماتولوژی حوضه سیمینه رود. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۷ (۶): ۱۲۴۷-۱۲۵۹.
۵. شفائی، ا.، عراقی‌نژاد، ش.، و مساح‌بوانی، ع. (۱۳۹۲). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بهره‌برداری از مخازن سطحی حوضه گرگانرود. مدیریت آب و آبیاری، ۳ (۲): ۴۳-۵۸.
۶. کشاورزی حسن‌آبادی، م.، دزواره، ق.، و بشیری، ج. (۱۳۹۱). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت قره. ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، ۱-۱۰.
۷. مساح‌بوانی، ع.، و مرید، س. (۱۳۸۴). اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده‌رود اصفهان. مجله علوم آب و خاک - علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۹ (۴): ۱۷-۲۸.
8. Gordon, C., Cooper, C., Senior, C. A., Banks, H., Gregory, J. M., Johns, T. C, Mitchell, J. F. B., & Wood, R. A. (2000). *The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. Climate Dynamics, 16, 147-168.*
9. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Summary for policy makers Climate change: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report, Cambridge University Press, 881.*
10. Karamouz, M., Ahmadi, A., & Akhbari, M. (2010). *Groundwater Hydrology: Engineering, Planning, and Management. CRC Publishing, Boca Raton, New York, 676.*
11. Khazaei, M. R., Zahabiyou, B., & Saghafian, B. (2011). *Assessment of climate change impact on floods using weather generator and continuous rainfall-runoff model. International Journal of Climatology, 32: 337-367.*
12. Pope, V. D., Gallani, M. L., Rowntree, P. R., & Stratton, R. A. (2000). *The impact of new physical parameterizations in the Hadley Centre climate model - HadAM3. Climate Dynamics, 16: 123-146.*
13. Racsco, P., Szeidl, L., & Semenov, M. (1991). *A serial approach to local stochastic weather models. Ecological Modeling, 57: 27-41.*
14. Samadi, S. Z., Mahdavi, M., Sharifi, F., & Bihamta, M. R. (2009). *Methodology for selecting the best predictor for climate change impact assessment in Karkheh Basin, Iran. Journal of Environmental Engineering and Science, 4: 249-256.*
15. Semenov, M. A., Brooks, R. J., Barrow, E. M., & Richardson, C. W. (1998). *Comparison of the WGEN and LARSWG Stochastic Weather Generators in divers Climates. Climate Research, 10: 95-107.*
16. Zarghami, M., Abdi, A., Babaeian, I., Hasanzadeh, Y., & Kanani, R. (2011). *Impacts of climate change on runoffs in east Azerbaijan, Iran. Global and Planetary Change, 78: 137-146.*

Assessment of Climate Change at 2055 Horizon on Groundwater Resources in Kerman-Baghin Plain

B. Choubin^{1*}, F. Sajedi-Hosseini², A. Azareh³, F. Soleimani-Sardoo⁴

1. PhD Student, Faculty of Natural Resources, Sari Agriculture and Natural Resources University, Sari, Iran
 2. Former M.Sc. Student, Faculty of Natural Resources, Sari Agriculture and Natural Resources University, Sari, Iran
 3. Former PhD. Student, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
 4. Lecturer, Faculty of Natural Resources, Jiroft University, Jiroft, Iran
- * Corresponding Author, Email: Bahram.choubin@ut.ac.ir

Received date: 31/12/2015

Accepted date: 26/07/2016

Abstract

Ground water is one of the major resources of fresh water needed for humans, especially in arid areas. It will be seriously threatened in future due to climate change and global warming. The purpose of this study is to examine the effects of climate change on groundwater resources in the Kerman-Baghin plain. Accordingly, climate prediction at 2055 horizon (2065-2046) was used by the atmospheric general circulation model HadCM3 with A2 emissions scenario. Also groundwater table during the years (1986-2009) and the quality situation (salinity) over the years (2003-2009) were studied. The results of LARS-WG model showed that the average annual rainfall at the 2055 horizon will be reduced about 3.6 mm. Also the annual maximum and minimum temperatures will increase during the 2055 horizon, 2.8°C and 2.8 °C, respectively. Assessing of unit hydrograph and chemograph in Kerman- Baghin plain highlighted a drop in the water table (0.89 meter depletion per year) and increase of aquifer salinity. According to the results of atmospheric general circulation model (HadCM3), this trend in the water table and increase in aquifer salinity expected to be continued.

Keywords: Climate Change, Groundwater, Unit Hydrograph, Chemograph, Kerman-Baghin Plain