



دوره ۳۲، شماره ۲، شماره پیاپی ۱۲۳، تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۳۱-۴۲
شناسه‌ی دیجیتال: 10.22092/wmej.2018.122794.1136

پژوهش‌های آبخیزداری

ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی دشت صحرای باغ لار

عبدالحسین یوسفی

دانشجوی دکتری آب‌وهواشناسی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

بهروز نصیری*

(نویسنده مسئول)* دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

مصطفی کرم‌پور

استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

آرش ملکیان

دانشیار گروه مهندسی احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده‌ی منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

*ایانامه‌ی نویسنده‌ی مسئول: behrouz.nasiri46@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۲ مرداد ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: ۶ آذر ۱۳۹۷

چکیده

اهمیت تجزیه و تحلیل تغییر اقلیم در آینده و ارزیابی میزان تأثیرگذاری آن بر منابع آب زیرزمینی زیاد است. این پدیده در مناطقی که آسیب‌پذیری منابع آب آن‌ها در وضع موجود زیاد است، ممکن است خسارت‌های چشم‌گیری در پی داشته باشد و زمینه‌ی بیابانی شدن این مناطق را فراهم کند. در این پژوهش، روند تغییر تراز ایست‌آبی آب زیرزمینی دشت صحرای باغ لارستان با به‌کارگیری داده‌های ۱۷ حلقه چاه مشاهده‌ی در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۶ بررسی شد. به‌کارگیری آزمون نافراسنجی من-کندال، روندی در تراز معنی‌داری ۹۹٪ را نشان داد. محاسبه‌ی شیب خط روند به روش تخمین گر سن نیز نشان داد که تراز آب زیرزمینی دشت در این دوره به‌طور متوسط ۱۰/۲ متر افت کرده است. از آن‌جا که کشاورزی اصلی‌ترین مصرف‌کننده‌ی منابع آب زیرزمینی دشت است، از وضعیت تعادل آب کشاورزی به روش بارش مؤثر (ER) برای ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر تغییر تراز آب زیرزمینی استفاده شد. تغییر شاخص ER با خروجی‌های مدل HadCM3 در بازه‌ی زمانی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ ارزیابی شد. بررسی‌ها نشان داد که شاخص ER در حالت‌های انتشار A1B, A2, B1 به ترتیب ۷۳/۲، ۷۶/۸ و ۳۶/۸٪ افزایش خواهد یافت. این وضعیت باعث خواهد شد که کم‌بود کنونی آب در دشت صحرای باغ در این دوره تشدید شود و روند افزایشی برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی که پی‌آمد آن افت کردن تراز آب زیرزمینی دشت است، باز هم ادامه یابد.

واژگان کلیدی: آزمون من-کندال، تغییر اقلیم، دشت صحرای باغ، تراز ایست‌آبی، مدل HadCM3

مقدمه

پدیده تغییر اقلیم که در مقیاس زمانی و مکانی وسیعی رخ می‌دهد، با تأثیر عوامل متعددی همچون علت‌های زمینی، کیهانی و انسانی شکل می‌گیرد (اکبری ۲۰۱۰). بر اثر تغییر اقلیم ناهنجاری‌ها یا نوسان‌هایی در روند شاخص‌های هواشناسی از جمله بارندگی و دما روی می‌دهد که در بسیاری از نقاط دنیا شدید است و موجب اختلال در بوم‌سازگان‌های طبیعی می‌شود (محمدی ۲۰۱۱). از مهمترین پی‌آمدهای تغییر اقلیم گسترش نواحی خشک و تشدید شرایط بحرانی در نواحی خشک و نیمه‌خشک بر اساس حالت‌های مختلف است. محدودیت آب در دسترس همراه با روند روزافزون افزایش جمعیت در مناطق خشک دنیا از دیگر چالش‌های مهم پیش‌رو است. به‌طور کلی با پدیده گرم‌شدن جهانی، تغییر در عوامل چرخه‌ی آب‌شناسی تندتر خواهد شد و شرایط ناحیه‌ی بی‌دگرگون خواهد کرد. تقاضای بیش‌تر و مصرف زیادتر آب اثرهای منفی تغییر اقلیمی بر منابع آب را مضاعف می‌کند. نتیجه‌ی کاربرد اغلب مدل‌های اقلیمی، بیانگر تغییر بسیاری در میزان آب دست‌رس در مقیاس‌های بزرگ است. تغییر اندک در متغیرهای دما و بارش و رابطه‌ی غیرخطی آن‌ها با شرایط تبخیر و رطوبت خاک منجر به تفاوت‌های فاحشی در روان‌آب سطحی و آب‌های زیرزمینی، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود. همراه با گرم‌شدن جهانی، کشورهای مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران با خطر کم‌آبی بیش‌تری مواجه خواهند شد (شائمی‌بزرگی و حبیبی نوخندان ۲۰۰۹). نامناسب شدن شرایط آب و هوایی، مانند کم‌بودن بارندگی، زیادبودن دما، و شدت تبخیر باعث افزایش غلظت نمک‌ها در آب‌های زیرزمینی نیز می‌شود (کردوانی ۲۰۱۴). تهی‌شدن مخزن آب‌های زیرزمینی، خشک شدن قنات‌ها و چشمه‌ها و حتا چاه‌های نیمه‌عمیق، کاهش آب‌دهی چاه‌های عمیق، تغییر جهت جریان آب‌های زیرزمینی، شور شدن آبخوان‌ها، شور شدن خاک به دلیل آبیاری با آب‌های شور، بایرشدن کشتزارها، فرسایش خاک و مانند این‌ها بیش‌تر دشت‌های کشور را در فهرست دچار بیابان‌زایی گذاشت (طاووسی ۲۰۰۹).

بررسی اثرهای افزایش دما بر منابع آب در خاورمیانه نشان می‌دهد که افزایش دمای منطقه تا دو درجه‌ی سانتی‌گراد موجب ۱۲٪ کاهش در منابع آب خواهد شد، و چالش‌ها و مناقشه‌های منطقه را در آینده افزایش خواهد داد (خسروی و همکاران ۲۰۱۰). به‌غیر از دما و بارندگی، تبخیر و تعرق از فراسنج‌هایی است که بر اثر تغییر اقلیم نوسان می‌کند. این در حالی است که تبخیر و تعرق همواره اصلی‌ترین عامل تعیین‌کننده‌ی نیاز آبی

گیاهان دانسته شده است، و هرگونه تغییر در میزان آن باعث تغییر نیاز آبی گیاهان خواهد شد (اسلامیان و همکاران ۲۰۱۱). در سه دهه‌ی اخیر تلاش‌های زیادی شده است تا اثرهای تغییر اقلیم بر فراسنج‌های هواشناسی کمی شود. حاصل این تلاش‌ها-تشکیل هیأت میان‌دولتی تغییر اقلیم (IPCC)^۱ بود. این بنیاد، مدل‌های گردش عمومی جو (GCM)^۲ را تهیه کرده است. برای تبدیل خروجی مدل‌های GCM به داده‌های روزانه روش ریزمقیاس‌نمایی به‌کاربرده می‌شود (رانداو و همکاران ۲۰۰۷).

رزاق‌منش و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت تبریز با به‌کارگیری مدل انتقال محلول‌ها در محیط‌های متخلخل نشان دادند که در ۱۶ سال آینده تراز آب زیرزمینی دشت ۲/۶ متر افت خواهد کرد. کائوچین و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی اثرهای آب‌شناسی تغییر اقلیم بر آب زیرزمینی منطقه‌ی پینگ‌تنگ تاپوان با به‌کارگیری مدل آب‌شناسی که اساس آن اطلاعات زمین‌شناسی، آب‌شناسی و ژئوشیمی بود، و با بستن رگرسیون خطی مدل بارش برای ۲۰ سال آینده دریافتند که تراز آب زیرزمینی در آن منطقه بر اثر تغییر اقلیم به‌تدریج کاهش خواهد یافت. اکرامی و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که روند تغییر تراز آب زیرزمینی دشت نزولی است و متوسط افت در هر سال حدود ۰/۵ متر است. آن‌ها افزایش تکرار خشک‌سالی و برداشت بی‌رویه‌ی آب زیرزمینی را از دلایل این افت شدید بر شمردند. عباس نژاد و شاهی‌دشت (۲۰۱۳) به این نتیجه رسیدند که روند نزولی تغییر تراز آب زیرزمینی و متوسط افت سالانه‌ی ۰/۸ متر در سال در دشت سیرجان به‌دلیل برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی است. چشمی (۲۰۱۴) دریافت که تأثیر تغییر اقلیمی بر آب زیرزمینی دشت رامهرمز استان خوزستان در تمامی بخش‌های آبخوان یکنواخت نیست، و با توجه به عمق کم و ساحلی بودن آبخوان، پستی‌وبلندی دشت و جهت جریان آب زیرزمینی، بیش‌ترین افت تراز در جنوب‌شرقی دشت است. رضایی‌بنفشه و همکاران (۲۰۱۵) دریافتند که میانگین افت جمعی تراز آب زیرزمینی آبخیز تسوج در سال دهم پیش‌بینی نسبت به سال پایه ۷/۸۵ متر خواهد بود. نتایج شرس‌تا و همکاران (۲۰۱۶) در دلتای مکنگ ویتنام نشان داد که تا پایان قرن ۲۱ میزان تغذیه‌ی آب‌های زیرزمینی، و در نتیجه تراز آب زیرزمینی منطقه کاهش‌یافته است. زارعیان و همکاران (۲۰۱۶) نیز دریافتند که شاخص تعادل در آب موجود در آبخیز زاینده‌رود در الگوهای تغییر اقلیم ۱۳ تا ۵۲٪ افزایش خواهد یافت.

در بین منابع آب دشت صحرای باغ، اهمیت آب‌های زیرزمینی ویژه است و روزبه‌روز بر آن افزوده می‌شود. در حال حاضر آب

1 - Intergovernmental Panel on Climate Change

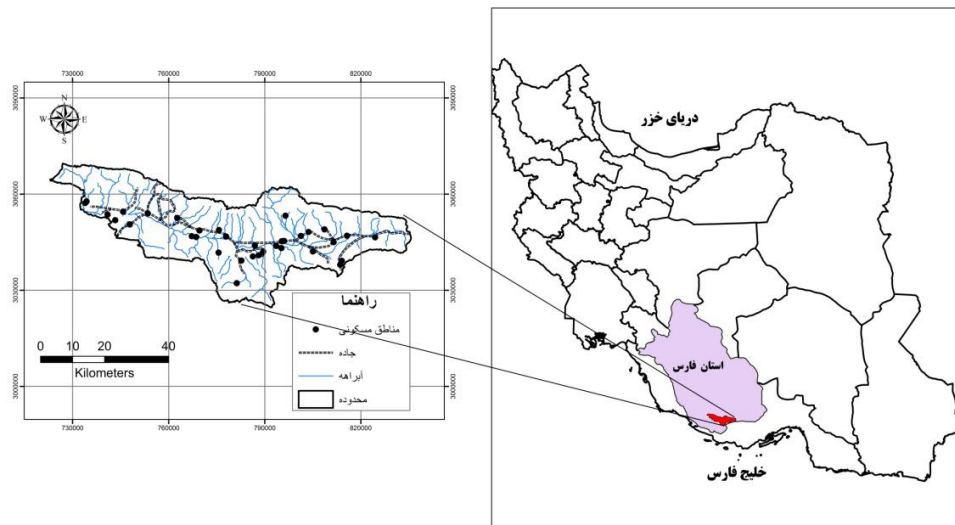
2 - General Circulation Model

تغییر اقلیم ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها منطقه‌ی پژوهش

دشت صحرای باغ در جنوب استان فارس در ۱۵ کیلومتری شهر لار در $27^{\circ}20'$ تا $27^{\circ}45'$ عرض شمالی است (شکل ۱). وسعت آن $2195/88$ کیلومتر مربع و از دو قسمت شرقی و غربی تشکیل شده است. قسمت شرقی بین دو طاقدیس بنشکتو در شمال و بورغ در جنوب و قسمت غربی آن بین دو طاقدیس بواش در شمال و گاوپست در جنوب است.

مصرفی منطقه برای کشاورزی از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در دشت تأمین می‌شود (عفیفی و همکاران ۲۰۱۵). بنابراین در پژوهش حاضر سعی شده است که تأثیر تغییر اقلیم بر تراز ایست‌آبی آب زیرزمینی از راه تأثیر بر تعادل آب کشاورزی دشت صحرای باغ بررسی شود. متغیرهای اقلیمی دما، بارش و توان تبخیر تعرق در سه حالت A1B, A2, B1 با به‌کارگیری مدل HadCM3^۳ و با به‌کارگیری مولد اقلیمی LARS-WG^۴ در بازه‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ میلادی تولید شد و وضعیت تعادل آب کشاورزی با کاربرد روش بارش موثر در حالت‌های مختلف



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی دشت صحرای باغ لارستان.

تخلیه و برداشت فعلی از آبخوان دشت $52/476$ میلیون مترمکعب در سال است (شرکت سهامی آب منطقه‌ای فارس، ۲۰۱۴).

داده‌های تحقیق

برای مطالعه‌ی روند تغییرات تراز آب زیرزمینی دشت صحرای باغ، داده‌های تراز ایست‌آبی ۱۷ چاه مشاهده‌ی که سازمان آب منطقه‌ای فارس در نقاط مختلف دشت حفر کرده است، در بازه‌ی زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۶ به‌کاربرده شد. متغیرهای اقلیمی لازم (میانگین دمای سالانه و بارندگی سالانه) نیز از اطلاعات هواشناسی ایستگاه هم‌دید لار که در نزدیکی این دشت است، در دوره‌ی داده‌برداری ۲۰۱۶-۱۹۹۱ گرفته شد.

در محدوده‌ی دشت صحرای باغ جریان سطحی دائمی نیست و شیب عمومی منطقه از شرق به غرب است. روان‌آب بارندگی از آبراه‌های کوچک و بزرگ انتهای دشت وارد مسیل اصلی می‌شود و به رودخانه‌ی فداغ می‌پیوندد. آب مصرفی خانگی و کشاورزی منطقه از چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در دشت تأمین می‌شود. به‌دلیل بودن دشت در منطقه‌ی خشک و بروز خشک‌سالی‌های اخیر، میزان آبی که سالانه وارد سفره‌های زیرزمینی و تغذیه‌ی آن‌ها می‌شود، کم شده و بنابراین غلظت نمک‌ها در آب‌های زیرزمینی در افزایش است (عفیفی و همکاران ۲۰۱۵). براساس اطلاعات موجود ۳۶۸ چاه در دشت صحرای باغ هست، و میزان

3- Hadly Coupled Atmosphere-Ocean General Circulation Model

4- Long Ashton Research Station Weather Model

روش تحقیق

آزمون ناپارامتری من-کندال:

$$\beta = \text{Median} \left(\frac{X_j - X_i}{j - i} \right), \quad \forall j > i \quad (4)$$

در این رابطه β برآوردگر شیب خط روند، و X_j و X_i به ترتیب اندازه‌های مشاهده‌ی در سال i ام و j ام است. اندازه‌های مثبت (منفی) β نشان دهنده‌ی روند افزایشی (کاهشی) در گروه است (زمانی و همکاران ۲۰۱۴). در این روش، اندازه‌های پرت موجود در گروه داده‌ها اثر کمی بر تعیین شیب روند دارند، که مزیت اصلی آن نسبت به روش وایازی (رگرسیون) خطی است (چوبین و همکاران ۲۰۱۲).

این آزمون که ابتدا من (۱۹۴۵) آن را معرفی کرد، و سپس کندال (۱۹۷۵) تکامل داد، به گسترده‌ی در هواشناسی و اقلیم‌شناسی کاربرد دارد (بارن و النور ۲۰۰۲). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و نبود روند در گروه داده‌ها دلالت دارد، و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) نشان‌دهنده‌ی وجود روند در گروه داده‌ها است. آزمون آماره‌ی T من-کندال به روش زیر محاسبه می‌شود:

$$T = \frac{4p}{n(n-1)} \quad (3)$$

بررسی وضعیت تعادل آب بخش کشاورزی:

تبخیر و تعرق اصلی‌ترین عامل موثر در تعیین نیاز آبی گیاهان است (خالقی ۲۰۱۵). بیش‌تر منابع آب زیرزمینی دشت صحرای باغ در کشاورزی مصرف می‌شود. بنابراین تغییر در میزان تبخیر و تعرق، سهم بسزایی در برهم‌خوردن تعادل آبی دشت خواهد داشت. یکی از شاخص‌های تعیین وضعیت تعادل آب کشاورزی باران مؤثر ER (خالقی ۲۰۱۵) است. در این پژوهش شاخص ER با رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$ER = \frac{ET_p}{P} \quad (5)$$

ER باران مؤثر، ET_p توان تبخیر و تعرق، و P بارش است (رحمان و همکاران ۲۰۰۸).

T آماره‌ی کندال، n تعداد کل سال‌های داده‌برداری و P مجموع تعداد رتبه‌های بزرگ‌تر از ردیف n_i است که بعد از آن قرار می‌گیرد. در این معادله‌ها n شماره‌ی ردیفی است که برای هر سال تعریف شده است (چوبین و همکاران ۲۰۱۲). معنی‌داری آماره‌ی T نیز با رابطه‌ی زیر آزموده می‌شود:

$$T_t = \pm t_g \sqrt{\frac{4n+10}{9n(n-1)}} \quad (3)$$

t_g مقدار بحرانی توزیع بهنجار است (چوبین و همکاران ۲۰۱۲). این مقدار در تراز 0.01 برای آزمون دو دامنه $3/29$ است (مهدوی و طاهرخانی ۲۰۱۲). اگر این مقدار به کار برده شود، T_t به اندازه‌ی ± 0.76 به دست می‌آید. با توجه به مقدار بحرانی به دست آمده برای T_t ، حالت‌های مختلفی مشاهده خواهد شد: اگر $T_t < T < +T_t$ باشد هیچ روند مهمی در گروه‌ها مشاهده نمی‌شود و گروه‌ها تصادفی اند. اگر $T > T_t$ باشد نشان‌دهنده‌ی روند مثبت در گروه‌ها و اگر $T < -T_t$ باشد روند منفی در گروه‌ها غالب خواهد بود. در این پژوهش آماره‌ی T من-کندال با به کارگیری نرم‌افزار Excel برای گروه زمانی سالانه محاسبه شده است.

شیب خط روند (تخمین گر سن):

یک شاخص بسیار مفید در آزمون من-کندال، شیب خط روند در گروه داده‌ها است که از رابطه‌ی ۴ محاسبه می‌شود (سن ۱۹۶۶):

بررسی اثرهای تغییر اقلیم

برای پژوهش‌های اثر تغییر اقلیم، ابتدا باید متغیرهای اقلیمی با تأثیر تغییر گازهای گلخانه‌ی شبه‌سازی شود. معتبرترین روش شبیه‌سازی به کارگیری داده‌های مدل گردش عمومی جو (GCM) است. در این تحقیق دما و بارش ایستگاه سینوپتیک لار با به کارگیری مدل HadCM3 در حالت‌های A1B, A2, B1 در بازه‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ میلادی شبیه‌سازی شد. با توجه به این که بزرگ‌مقیاس بودن سلول محاسبه‌ی از دیدگاه مکانی و زمانی نسبت به منطقه‌ی پژوهش از ضعف‌های GCM است، دقت این متغیرها کافی نیست. بنابراین، برای انطباق مقیاس خروجی این مدل، با مقیاس لازم برای بررسی محلی تغییر اقلیم، به دما و بارش با مدل LARS-WG ریزمقیاس کرده می‌شود. با به کارگیری میانگین دمای سالانه و بارندگی سالانه در دوره‌ی پایه و در بازه‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ میلادی که با مدل گردش عمومی جو در سه حالت A1B, A2, B1 شبیه‌سازی

T و آماره‌ی بحرانی T_t من-کندال نشان‌دهنده‌ی روند معنی‌دار در تراز ۹۹٪ است. طبق این آزمون در تراز ایست‌آبی سالانه‌ی چاه‌های بررسی‌شده در دوره‌ی داده‌برداری ۲۰۱۶-۲۰۰۶ در دشت صحرای‌باغ روند دیده شد، که برای تمامی چاه‌ها در این دوره منفی یا کاهشی بود. کم‌ترین مقدار منفی ($T = -0.929$) در چاه روستای کندر، و بیش‌ترین مقدار منفی ($T = -0.999$) در چاه جنوب روستای دشتی دیده شد.

اندازه‌های شیب روند سالانه با به‌کارگیری روش سن محاسبه شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که روند شیب خط تحلیل‌گر سن (β) در گروه سالانه برای تمامی چاه‌ها منفی است. این اندازه‌ها بین ($\beta = -0.074$) و ($\beta = -2/414$) است و کم‌ترین آن در چاه روستای عمادده، و بیش‌ترین آن در چاه جنوب‌غربی روستای دشتی دیده شد.

شد، توان تبخیر و تعرق به روش تورنت ویت برآورد می‌شود (علیزاده، ۲۰۱۰). برای ارزیابی اثرهای تغییر اقلیم بر روند تغییر آب زیرزمینی دشت صحرای‌باغ، با محاسبه‌ی بارش موثر به روش نسبت (نسبت توان تبخیر و تعرق به بارش)، وضعیت تعادل آب کشاورزی دشت صحرای‌باغ در بازه‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ میلادی در حالت‌های تغییر اقلیم بررسی، و با دوره‌ی زمانی پایه مقایسه شد.

نتایج

روند تغییر تراز ایست‌آبی:

تجزیه‌وتحلیل تغییر اقلیم در آینده و ارزیابی میزان تأثیرگذاری آن بر منابع آب زیرزمینی بسیار حائز اهمیت است. به این منظور ابتدا روند سالانه‌ی تغییر تراز ایست‌آبی دشت صحرای‌باغ با آزمون من-کندال بررسی شد (جدول ۱). نتایج کاربرد آماره‌ی

جدول ۱- مقدار آماره‌ی T و β در آزمون من-کندال در گروه سالانه‌ی تراز آب زیرزمینی دشت صحرای‌باغ (۲۰۱۶-۲۰۰۶).

موقعیت چاه	آماره‌ی T	آماره‌ی β	موقعیت چاه	آماره‌ی T	آماره‌ی β
شرق روستای زروان	-0.993 ^d	-1/61	روستای بنو	-0.988 ^d	-1/233
روستای دشتی	-0.998 ^d	-1/79	روستای دولت‌آباد	-0.995 ^d	-1/26
جنوب روستای دشتی	-0.999 ^d	-1/985	شمال عمادده	-0.985 ^d	-0.592
روستای خلور	-0.994 ^d	-1/51	روستای عمادده	-0.972 ^d	-0.074
روستای ده‌میان	-0.944 ^d	-0.285	غرب روستای چاه‌ریگی	-0.981 ^d	-0.091
روستای کندر	-0.929 ^d	-0.403	روستای کردشیر	-0.996 ^d	-0.422
روستای باغ	-0.997 ^d	-1/687	روستای دیده‌بان	-0.993 ^d	-0.176
جنوب غربی روستای دشتی	-0.997 ^d	-2/414	دامنه‌ی جنوبی روستای دیده‌بان	-0.995 ^d	-0.735
جنوب روستای ده‌میان	-0.993 ^d	-1/449			

d معنی‌داری روند منفی با تراز اطمینان ۹۹٪

اثر تغییر اقلیم بر دما، بارش، و توان تبخیر و تعرق: با به‌کارگیری مدل HadCM3 براساس حالت‌های انتشار A1B, A2, B1 که براساس وضعیت اجتماعی، اقتصادی و انتشار گازهای گلخانه‌یی در نیوار (جو) کره‌ی زمین شکل گرفته است، داده‌های دما، بارش و توان تبخیر و تعرق در بازه‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ شبیه‌سازی شد (جدول ۲). نتایج نشان داد که متوسط ماهانه‌ی دما در هر سه حالت انتشار در ژوئیه بیش‌ترین و در ژانویه کم‌ترین خواهد بود. بیش‌ترین میزان بارندگی در دسامبر و کم‌ترین آن در می‌رخ خواهد داد. متوسط ماهانه‌ی توان تبخیر و تعرق در ژوئیه بیش‌ترین و در ژانویه کم‌ترین خواهد بود. این نتایج با داده‌های دوره‌ی پایه انطباق مناسبی دارد، و نشان‌دهنده‌ی برآورد دقیق مدل در شرایط منطقه است.

به‌این ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط کنونی، تراز ایست‌آبی آب زیرزمینی چاه‌های دشت صحرای‌باغ ۰/۰۷ متر تا ۲/۴۱۴ متر در هر سال کاهش می‌یابد. این روند کاهشی در تمام نقاط دشت یکسان نیست، به‌طوری که روند افت کردن تراز ایست‌آبی در شرق دشت از غرب آن بیش‌تر است. بررسی شیب خط روند نشان می‌دهد که تراز آب زیرزمینی دشت سالانه به‌طور متوسط ۱/۰۳ متر کاهش می‌یابد. به‌طور کلی از آن‌جاکه بیش‌تر منابع آب زیرزمینی این دشت در کشاورزی به‌کار می‌رود؛ برهم‌خوردن وضعیت تعادل آب کشاورزی باعث افت کردن تراز ایست‌آبی دشت در بازه‌ی داده‌برداری ۲۰۱۶-۲۰۰۶ شده است. بنابراین، با بررسی وضعیت تعادل آب کشاورزی در شرایط تغییر اقلیم می‌توان روند تغییر تراز ایست‌آبی آبخوان دشت را در دوره‌ی آینده ارزیابی کرد.

ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی...

جدول ۲- داده‌های اقلیمی شبیه‌سازی شده در حالت‌های انتشار و در دوره‌ی پایه.

حالت‌ها	متغیر اقلیمی	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	میانگین
A1B	دما (°C)	۱۷/۲	۲۰	۲۳/۳	۲۷/۳	۳۲/۱	۳۵/۹	۳۹/۲	۳۸/۷	۳۴/۸	۲۸/۹	۲۲/۷	۱۸/۴	۲۸/۲
	بارندگی (mm)	۳۴	۴۰	۴۱/۴	۱۱/۸	۰/۴	۷/۶	۵/۲	۴/۴	۳/۴	۱/۶	۱۹/۳	۶۲/۸	۲۳۱/۹
	توان تبخیر و تعرق (mm)	۱۵/۹	۳۰/۵	۷۲/۲	۱۵۵/۳	۳۵۳/۵	۵۸۱/۹	۸۸۹/۲	۷۹۶/۹	۴۴۴/۹	۱۸۲/۴	۵۵/۴	۲۱/۲	۳۵۹۹/۳
A2	دما (°C)	۱۶/۸	۱۹/۷	۲۳/۶	۲۸	۳۲/۸	۳۶/۱	۳۸/۸	۳۸/۴	۳۵/۱	۲۹/۳	۲۲/۹	۱۸/۴	۲۸/۳
	بارندگی (mm)	۳۰/۴	۴۲/۱	۴۱/۷	۱۱/۹	۰/۴	۹	۵/۹	۴/۴	۳/۲	۱/۶	۱۹/۲	۶۱/۳	۲۳۱
	توان تبخیر و تعرق (mm)	۱۳/۹	۲۷/۹	۷۵/۶	۱۷۳/۵	۳۹۱/۴	۶۰۲/۱	۸۵۹/۴	۷۷۸/۶	۴۶۶/۱	۱۹۳/۸	۵۶/۹	۲۰/۶	۳۶۵۹/۸
B1	دما (°C)	۱۵/۲	۱۷/۵	۲۱/۵	۲۶/۳	۳۱/۴	۳۴/۷	۳۷/۲	۳۶/۵	۳۳/۲	۲۸/۱	۲۲/۳	۱۷/۷	۲۶/۸
	بارندگی (mm)	۳۲/۴	۳۸/۱	۳۷/۸	۱۰/۷	۰/۴	۹/۱	۶/۵	۵/۶	۴/۲	۱/۴	۱۵/۷	۵۹/۳	۲۲۱/۲
	توان تبخیر و تعرق (mm)	۱۲/۹	۲۱/۹	۵۹	۱۳۸	۳۰۵/۴	۴۵۰/۸	۶۰۹/۹	۵۳۷/۲	۳۳۲/۸	۱۶۳	۵۸/۹	۲۳/۲	۲۷۱۳
دوره‌ی پایه	دما (°C)	۱۱/۷	۱۴/۳	۱۷/۹	۲۳/۶	۲۹/۳	۳۲/۹	۳۵	۳۴	۳۰/۳	۲۴/۹	۱۸/۲	۱۳/۵	۲۳/۸
	بارندگی (mm)	۴۱/۹	۳۳/۲	۳۳/۸	۸/۱	۰/۶	۳/۴	۸	۸/۲	۳/۲	۳	۱۲/۷	۴۲/۲	۱۹۸/۳
	توان تبخیر و تعرق (mm)	۹/۸	۱۷/۶	۴۱/۶	۱۰۲/۱	۲۱۶/۸	۳۰۶/۸	۳۸۰/۶	۳۳۰/۷	۲۰۹/۷	۱۰۹/۲	۳۷/۹	۱۴/۹	۱۷۷۷/۷

میزان بارندگی در حالت A1B از دو حالت دیگر بیش‌تر است. توان تبخیر و تعرق در حالت A1B، ۳۵۹۹/۳ میلی‌متر، در حالت A2، ۳۶۵۹/۸ میلی‌متر، و در حالت B1، ۲۷۱۳ میلی‌متر پیش‌بینی شد، که نسبت به دوره‌ی پایه به‌ترتیب ۱۸۲/۱، ۱۸۸۲/۱ و ۹۳۵/۳ میلی‌متر افزایش خواهد داشت. افزایش توان تبخیر و تعرق در حالت A2 از دو حالت دیگر بیش‌تر است (جدول ۳). این افزایش در توان تبخیر و تعرق به‌دلیل افزایش دما در حالت‌های انتشار نسبت به دوره‌ی پایه است.

بررسی متغیرهای اقلیمی در حالت‌های انتشار تغییر اقلیم نشان می‌دهد که دما در حالت A1B ۴/۴ درجه‌ی سانتی‌گراد، در حالت A2، ۴/۵ درجه‌ی سانتی‌گراد و در حالت B1 ۳ درجه‌ی سانتی‌گراد نسبت به دوره‌ی پایه افزایش می‌یابد. میزان افزایش دما در حالت A2 از دو حالت دیگر بیش‌تر است. میزان بارندگی در حالت A1B، ۲۳۱/۹ میلی‌متر، در حالت A2، ۲۳۱ میلی‌متر و در حالت B1، ۲۲۱/۲ میلی‌متر بود که نسبت به دوره‌ی پایه به‌ترتیب ۳۳/۶، ۳۲/۷ و ۲۲/۹ میلی‌متر افزایش دارد. افزایش در

جدول ۳- تغییر سالانه‌ی دما، بارندگی و توان تبخیر و تعرق در بازه‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹.

حالت		دوره‌ی پایه	تغییر (درجه سانتی‌گراد)
B1	A2		
۲۶/۸	۲۸/۳	۲۸/۲	۲۳/۸
۳	۴/۵	۴/۴	تغییر (درجه سانتی‌گراد)
۲۲۱/۲	۲۳۱	۲۳۱/۹	۱۹۸/۳
۲۲/۹	۳۲/۷	۳۳/۶	تغییر (میلی‌متر)
۲۷۱۳	۳۶۵۹/۸	۳۵۹۹/۳	۱۷۷۷/۷
۹۳۵/۳	۱۸۸۲/۱	۱۸۲۱/۶	تغییر (میلی‌متر)

ژانویه، فوریه و دسامبر کم‌ترین بود و در مارس، آوریل، می، ژوئن، ژوئیه، آگوست، سپتامبر، اکتبر و نوامبر بر آن افزوده می‌شد، به‌طوری‌که در می به بیش‌ترین می‌رسد (جدول ۴). این روند به‌دلیل اختلاف زیاد توان تبخیر و تعرق و بارندگی در این ماه است.

تغییر شاخص تعادل آب کشاورزی:

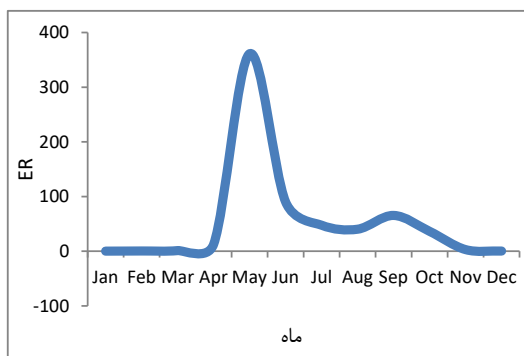
وضعیت تعادل آب کشاورزی دشت صحرای باغ در دوره‌ی پایه و در حالت‌های انتشار تغییر اقلیم در بازه‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ با به‌کارگیری شاخص ER محاسبه شد. بررسی اندازه‌های ماهانه‌ی شاخص ER در دوره‌ی پایه و در بازه‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ در حالت‌های انتشار تغییر اقلیم نشان می‌دهد که شاخص ER در

جدول ۴- اندازه‌های متوسط ماهانه‌ی شاخص ER در دوره‌ی پایه و در حالت‌های انتشار تغییر اقلیم در بازه‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹.

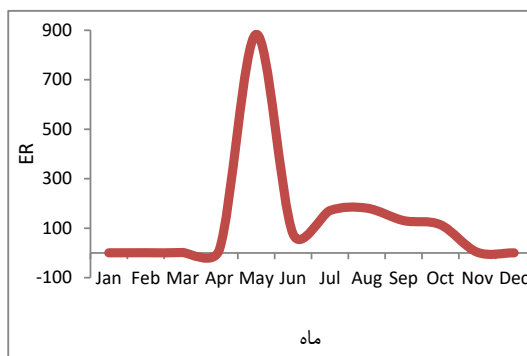
میانگین	Dec	Nov	Oct	Sep	Aug	Jul	Jun	May	Apr	Mar	Feb	Jan	
۸/۹۶	۰/۳۵	۳	۳۶/۴	۶۵/۵	۴۰/۳	۴۷/۶	۹۰/۲	۳۶۱/۳	۱۲/۶	۱/۲	۰/۵	۰/۲۳	دوره‌ی پایه
۱۵/۵۲	۰/۳۴	۲/۹	۱۱۴	۱۳۰/۸	۱۸۱/۱	۱۷۱	۷۶/۶	۸۸۳/۷	۱۳/۲	۱/۷	۰/۸	۰/۴۶	حالت A1B
۱۵/۸۴	۰/۳	۳	۱۲۱/۱	۱۴۵/۶	۱۷۶/۹	۱۴۵/۷	۶۶/۹	۹۷۸/۵	۱۴/۶	۱/۸	۰/۷	۰/۴۶	حالت A2
۱۲/۲۶	۰/۴	۳/۷	۱۱۶/۴	۷۹/۲	۹۵/۹	۹۳/۸	۴۹/۵	۷۶۳/۵	۱۲/۹	۱/۶	۰/۶	۰/۴	حالت B1

شاخص ER در دوره‌ی آینده نسبت به دوره‌ی پایه تفاوت چندانی نخواهد داشت، اما در برخی از ماه‌ها شاخص ER نسبت به دوره‌ی پایه افزایش می‌یابد (شکل ۲).

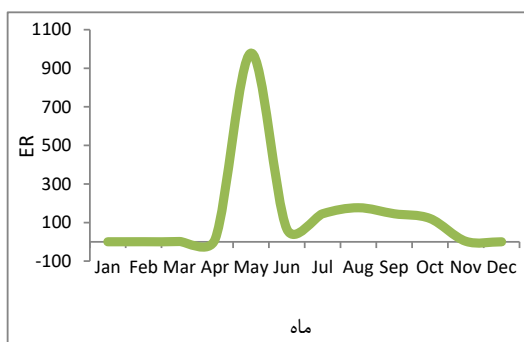
مقایسه‌ی روند تغییر ماهانه‌ی شاخص ER تحت حالت‌های انتشار تغییر اقلیم در بازه‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ نسبت به دوره‌ی پایه نشان می‌دهد که با وجود این که روند تغییر



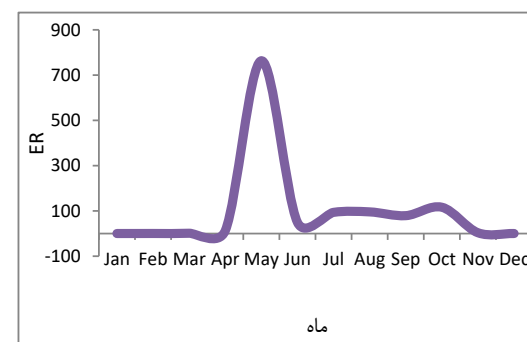
دوره‌ی پایه



حالت A1B



حالت A2



حالت B1

شکل ۲- روند تغییر ماهانه‌ی شاخص ER در دوره‌ی پایه و در حالت‌های انتشار در بازه‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹.

۲۰۸۰ به شدت افزایش می‌یابد، و این فرآیند باعث افزایش شاخص ER می‌شود. بنابراین، در چنین شرایطی نیاز آبی محصولات کشاورزی در دشت صحرای باغ افزایش خواهد یافت. مقایسه‌ی تغییر شاخص ER در حالت‌های انتشار تغییر اقلیم نشان داد که در حالت انتشار A2 به دلیل افزایش بیش‌تر دما نسبت به حالت‌های A1B و B1 وضعیت آب کشاورزی دشت صحرای باغ شرایط نامتعادلی خواهد داشت.

بررسی شاخص ER در حالت‌های انتشار B1, A2, A1B در بازه‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ نشان می‌دهد که این شاخص نسبت به دوره‌ی پایه به ترتیب ۷۳/۲، ۷۶/۸ و ۳۶/۸٪ افزایش خواهد یافت (جدول ۵). این وضعیت که با وجود افزایش بارندگی در حالت‌های انتشار تغییر اقلیم در بازه‌ی زمانی بررسی شده رخ می‌دهد، به دلیل افزایش دما در حالت‌های انتشار است. بر اثر افزایش دما، میزان توان تبخیر و تعرق دشت صحرای باغ در بازه‌ی زمانی ۲۰۹۹-

جدول ۵- اندازه‌های شاخص ER در دوره‌ی پایه و در حالت‌های انتشار در بازه‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹.

حالت			دوره‌ی پایه	شاخص ER	تغییر (درصد)
B1	A2	A1B			
۱۲/۲۶	۱۵/۸۴	۱۵/۵۲	۸/۹۶		
۳۶/۸	۷۶/۸	۷۳/۲			

برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی دشت صحرای‌باغ باز هم ادامه خواهد یافت.

به‌طور کلی براساس نتایج آزمون من-کندال و شیب خط تحلیل گر سن (β) در گروه سالانه‌ی تراز آب زیرزمینی (جدول ۱)، وضعیت تراز ایست‌آبی آب زیرزمینی دشت صحرای‌باغ در سال ۲۰۹۹ مطابق جدول ۶ خواهد بود.

بررسی روند تغییر تراز ایست‌آبی دشت صحرای‌باغ در شرایط تغییر اقلیم:

نتایج نشان داد که با وجود افزایش بارندگی در حالت‌های انتشار تغییر اقلیم در بازه‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹، به‌دلیل افزایش دما، توان تبخیر و تعرق دشت صحرای‌باغ افزایش می‌یابد. در این وضعیت روند تغییر شاخص ER در حالت‌های انتشار A1B، A2 و B1 مشابه دوره‌ی پایه خواهد بود. بنابراین روند افزایشی

جدول ۶- وضعیت تراز ایست‌آبی دشت صحرای‌باغ در سال ۲۰۹۹.

میزان کاهش ارتفاع نسبت به دوره‌ی پایه (متر)	ارتفاع تراز ایست‌آبی از تراز دریا (متر)	موقعیت چاه	میزان کاهش ارتفاع نسبت به دوره‌ی پایه (متر)	ارتفاع تراز ایست‌آبی از تراز دریا (متر)	موقعیت چاه
۹۰	۵۲۳	روستای بنو	۱۱۷/۷	۵۰۳/۶	شرق روستای زروان
۷۴/۹	۵۳۸/۲	روستای دولت‌آباد	۱۳۰/۷	۴۸۸/۲	روستای دشتی
۴۳/۲	۵۶۸/۸	شمال عمادده	۱۴۴/۹	۴۷۳/۳	جنوب روستای دشتی
۵/۴	۶۰۲/۲	روستای عمادده	۱۱۰/۲	۵۱۳/۲	روستای خلور
۶/۶	۶۰۰/۷	غرب روستای چاه‌ریگی	۲۰/۸	۵۹۸/۹	روستای ده‌میان
۳۰/۸	۵۸۰/۹	روستای کردشیر	۲۹/۴	۵۸۶/۲	روستای کندر
۱۲/۸	۵۹۱/۳	روستای دیده‌بان	۱۲۳/۱	۴۸۸/۶	روستای باغ
۵۸/۱	۵۵۵/۴	دامنه‌ی جنوبی روستای دیده‌بان	۱۷۶/۲	۴۴۲/۴	جنوب غربی روستای دشتی
			۱۰۵/۸	۵۱۵/۶	جنوب روستای ده‌میان

روش تخمین‌گر سن بررسی شد. روند تراز آب زیرزمینی همه‌ی چاه‌های مشاهده‌ی دشت صحرای‌باغ منفی و معنی‌داری بود، و بیش‌ترین روند منفیدر چاه جنوب روستای دشتی است. روش تخمین‌گر سن نیز نشان داد که شیب روند سالانه‌ی چاه‌های مشاهده‌ی دشت ۰/۷۴- تا ۲/۴۱۴- متر در نوسان است، که بیش‌ترین روند کاهشی شیب در چاه جنوب غربی روستای دشتی روی داد. در چنین وضعیتی، تراز ایست‌آبی آب زیرزمینی دشت صحرای‌باغ به‌طور متوسط ۱/۰۳ متر در سال افت کرده است. دانشور وثوقی و همکاران (۲۰۱۲) در دشت اردبیل و چوبین و همکاران (۲۰۱۲) در آبخوان دشت آسپاس نیز روند کاهشی تراز ایست‌آبی را در تمامی ایستگاه‌های خود گزارش کردند. به‌طور کلی بررسی‌ها نشان داد که چاه‌های مشاهده‌ی غرب دشت صحرای‌باغ کم‌ترین میزان افت تراز آب زیرزمینی را داشته‌اند. برای ارزیابی وضعیت شاخص ER در شرایط تغییر اقلیم،

بحث و نتیجه‌گیری

در بوم‌سازگان‌های شکننده‌ی مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، که دشت صحرای‌باغ نیز از آن جمله است، نامناسب شدن شرایط آب‌وهوایی مانند کاهش بارندگی، افزایش دما و شدت تبخیر، به‌شدت بر تراز ایست‌آبی آب زیرزمینی در تأثیر گذاشته است. از این‌رو بررسی تغییر تراز آب زیرزمینی در دوره‌های آینده و در شرایط تغییر اقلیم در توسعه‌ی پایدار و مدیریت بهینه‌ی آبخوان‌ها مهم است.

کشاورزی در دشت صحرای‌باغ اصلی‌ترین مصرف‌کننده‌ی آب زیرزمینی است، بنابراین در این تحقیق وضعیت تعادل آب کشاورزی به روش بارش موثر (ER) برای بررسی روند تغییر تراز ایست‌آبی آب زیرزمینی در شرایط تغییر اقلیم به‌کاربرده شد. روند تغییر تراز آب زیرزمینی در دوره‌ی زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۶ در مقیاس سالانه با به‌کارگیری آزمون نافرانسنجی من-کندال و

ماه های گرم سال این شاخص افزایش می یابد. با توجه به وابستگی شدید کشاورزی دشت صحرای باغ به منابع آب زیرزمینی، چونین وضعیتی بازهم باعث برهم خوردن تعادل آبی، و در نتیجه افزایش مصرف آب کشاورزی خواهد شد. تغییر سالانه‌ی شاخص ER در حالت‌های انتشار B1, A2, A1B نیز نشان می‌دهد که به ترتیب ۷۶/۸، ۷۳/۲ و ۳۶/۸٪ نسبت به دوره‌ی پایه افزایش دارد. این نتایج مشابه تحقیق زارعیان و همکاران (۲۰۱۶) است که در آن بر کمبود کنونی آب در آبخیز زاینده‌رود تاکید شده است.

به‌طور کلی افزایش بارندگی پیش‌بینی شده در حالت‌های انتشار تغییر اقلیم، به بهبود وضعیت تعادل آب کشاورزی دشت صحرای باغ کمک چندانی نخواهد کرد. این وضعیت باعث خواهد شد که کمبود کنونی آب در این دشت در سال‌های آینده تشدید شود، و با توجه به افزایش مصرف آب کشاورزی، روند کاهش تراز ایست‌آبی آب زیرزمینی در شرایط تغییر اقلیم تداوم یابد، به طوری که در سال ۲۰۹۹ تراز آب زیرزمینی دشت به‌طور متوسط ۷۵/۱ متر نسبت به دوره‌ی پایه افت می‌کند. بنابراین، برنامه‌ریزی و گزینش سیاست‌های جدی در کشاورزی که بتواند به کاهش وابستگی آن به منابع آب زیرزمینی کمک کند، بسیار مهم است.

متغیرهای اقلیمی دما و بارش با به‌کارگیری خروجی مدل HadCM3 پیش‌بینی شد. خروجی حالت‌های انتشار B1, A2, A1B نشان داد که دما به ترتیب ۴/۴، ۴/۵ و ۳ درجه‌ی سانتی‌گراد نسبت به دوره‌ی پایه افزایش خواهد یافت. بارندگی منطقه نیز در این حالت‌ها به ترتیب ۳۳/۶، ۳۲/۷ و ۲۲/۹ میلی‌متر افزایش نشان می‌دهد. بررسی توان تبخیر و تعرق منطقه در حالت‌های B1, A2, A1B بیانگر افزایش ۱۸۲۱/۶، ۱۸۸۲/۱ و ۹۳۵/۳ میلی‌متری نسبت به دوره‌ی پایه است. زارعیان و همکاران (۲۰۱۶) در آبخیز زاینده‌رود، افزایش توان تبخیر و تعرق را در حالت‌های A2 و B1، و رحمانی و همکاران (۲۰۱۵) در دشت بیرجند، افزایش آن را تا سال ۲۰۳۹ به میزان ۵/۲ تا ۵/۵٪ گزارش کردند، که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

با توجه به این که در آینده‌ی اقلیمی منطقه مطابق حالت‌های بررسی شده در این تحقیق، دما و بارش با افزایش روبه‌رو است و این وضعیت با گزارش IPCC (۲۰۰۷) مبنی بر افزایش دما تطابق دارد، با افزایش دما، توان تبخیر و تعرق دشت افزایش می‌یابد، که بر شاخص ER و افزایش نیاز آبی گیاهان تأثیر مستقیم دارد. با توجه به نتایج جدول ۴، بررسی روند تغییر ماهانه‌ی شاخص ER در دوره‌ی آینده نشان می‌دهد در

- Abbas Nejad A, Shahidasht W. 2013. Investigate the susceptibility of Sirjan Plain due to excessive withdrawals from the aquifer area. *Geography and Territorial Spatial Arrangement*. 7:85–96. (In Persian).
- Akbari M. 2010. Study of climate change effects on drought and desertification. Conference on the Application of Natural Geography in Environmental Planning. Koramabad. 971–982. (In Persian).
- Alizadeh A. 2010. Applied Hydrology. Emam Reza University Press. Mashhad. 912 p. (In Persian).
- Affi M, Ghanbari A, Aghniaei D. 2015. Desertification in Sahraye Bagh. Piroozi Press. Tehran. 218 p. (In Persian).
- Burn D, Elnur M. 2002. Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology*. 255: 107–122.
- Cheshmi A. 2014. Assessment of climate change effects on groundwater resources using climatic indicators, SPI and NARX neural network (Case study: Ramhormoz Plain - Khuzestan Province). *Water Resources and Development journal*. 4:54–62. (In Persian).
- Chobin B, Malekian A, Gharechahi H. 2012. Investigate the trend of time variation of the surface water table in a dry biomass (Case study: Aspas Plain). *Journal of the Desert Ecosystem Engineering*. 1(1):39–55. (In Persian).
- Daneshvar Vosoughi F, Dinpazhooh Y, Aalami M, Ghorbani M. 2012. Trend analysis of groundwater using non-parametric methods. *Civil Engineering and Environment Journal*. 40:13–23. (In Persian).
- Ekrami M, Sharify Z, Malekinezhad H, Ekhtesasy M. 2011. Changes in the quality and quantity of groundwater resources Yazd-Ardekan Plain. *Journal of Toloo-e-Behdasht*. 1(2–3): 82–92. (In Persian).
- Eslamian S, Khordadi M, Abedi Koupai J. 2011. Effects of variations in climatic parameters on evapotranspiration in the arid and semi-arid regions. *Global Planet Change*. 78:188–194.
- IPCC. 2007. The physical science basis / Contribution of Working Group 1 to the 4th Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate change. Cambridge. UK. New York. USA. 24–57 p.
- Kardavani P. 2014. The problems of water in iran. Tehran University Press. Tehran. 420 p. (In Persian).
- Kendall M. 1975. Rank correlation methods 4th ed. Charles Griffin: London.
- Khaleghi N. 2015. Comparison of effective rainfall estimation method in agriculture. *Journal of Water and Sustainable Development*. 2(2):51–58. (In Persian).
- Khosravi M, Esmaeilnezhad M, Nazari-poor H. 2010. Climate change and its impact on middle eastern water resources. Proceedings of the Fourth International Congress of the Islamic World Geographers. Zahdan. (In Persian).
- Kuo-Chin H, Wang C, Chen K, Chen C, Ma K. 2010. Climate-induced hydrological impacts on the groundwater system of the Pingtung Plain, Taiwan. *Hydrogeology Journal*. 15: 903–912.
- Mahdavi M, Taherkhani M. 2012. Applied statistical analysis in geographical researches. Ghomes Press. 420 p. (In Persian).
- Mann H. 1945. Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*. 13: 245–259.
- Mohammadi H. 2011. Arid climatology. Tehran University Press. Tehran. 293 p. (In Persian).
- Rahman M, Islam M, Hasanuzzaman M. 2008. Study of Effective Rainfall for Irrigated Ag-

- riculture in South-Eastern part of Bangladesh. *World Journal of Agricultural Science*. 4(4): 453–457.
- Rahmani M, Jami Alahmadi M, Shahidi A, Hadizade Azghadi M. 2015. Effects of climate change on length of growth stages and water requirement of wheat and barley (Case study: Cirjand Plain). *Journal of Agriculture*. 7(4):1–16.
- Randal D, Wood R, Bony S, Colman R, Fichefet T, Fyfe J, Kattsov V, Pitman A, Shukla A, Srinivasan J, Stouffer RJ, Sumi RJ, Taylor KE. 2007. Climate models and their evaluation. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of IPCC. UK: Cambridge University Press.
- Razaghamanesh M, Salemi T, Seraj M. 2006. Assessment of groundwater quality and quantity of Tabriz Plain. National Conference on Irrigation and Drainage Networks. Ahwaz. (In Persian).
- Regional Water Company of Fars. 2014. Study of Sahraye Bagh Plain. (In Persian).
- Rezaei Banafsheh M, Jalali Ansaroodi T, Zarghami M, Asghari Moghaddam A. 2015. Investigate of climate change impacts on groundwater level in Tasuj Basin by statistical downscaling method. *Iran-Water Resources Research*. 11:106–116. (In Persian).
- Sen P. 1966. Estimate of the regression coefficients based on Kendall's Tau. *Journal of the American Statistical Association*. 63: 1379–1389.
- Shaemi Bozorgi A, Habibi Nokhandan M. 2009. Global warming Biological and ecological consequences. Tarjeman Kherad Press. Tehran. 214 p. (In Persian).
- Shrestha S, Bach T, Pandey V. 2016. Climate Change Impacts on Groundwater Resources in Mekong Delta. *Environmental Science & Policy*. 61:1–13.
- Tavosi T. 2009. The Processes and Consequences of Desertification. *Journal of Geographic landscape*. 4(9):121–137. (In Persian).
- Zamani R, Abdollahi Asadabadi S, Mirabasi Najafabadi R. 2014. Hydrometeorological parameters analysis of four Major dam in southwest of Iran. *Geographical Studies of Arid Regions Journal*. 5(18):55–75. (In Persian).
- Zareian M, Eslamian S, Safavi H. 2016. Investigating the effects of sustainability of climate change on the agriculture water consumption in the Zayandeh-Rud River Basin. *Journal of Water and Soil*. 20(75):1



Watershed Management Research

VOL. 32, No. 2, Ser. No: 123, Summer 2019, pp:31 -42

DOI: 10.22092/wmej.2018.122794.1136

Evaluation of Climate Change Effect on Groundwater Resources in the Sahraye Bagh Plain, Lar

Abdolhossein Yousefi

Ph.D. Student Climatology, Lorestan University, Khoramabad, Iran

Behrouz Nasiri*

(Corresponding Author)* Associate Professor, Geography Group, Lorestan University, Khoramabad, Iran

Mostafa Karampoor

Assistant Professor, Geography Group, Lorestan University, Khoramabad, Iran

Arash Malekian

Associate Professor, Engineering for the Restoration of Arid and Mountainous Regions Group, Tehran University, Karaj, Iran

*Corresponding Email: behrouz.nasiri46@gmail.com

Received: 03 August 2018 Accepted: 27 November 2018

Abstract

The analysis of climatic changes in the future and its impacts on groundwater resources is very important. This phenomenon, in areas where the vulnerability of the water sector is significant in the current situation, can cause considerable damages and provide a desertification setting in these areas. The trend of water table changes in Sahraye Bagh Plain, Lorestan investigated by using the data from 17 observation wells during the 2006–2016 period. Using the non-parametric Mann-Kendall test indicated the presence of a trend at the significance level of 99%. Derivation of the trend line slope using the Sen estimator showed that the groundwater level of the plain was receding 10.2 m during the period, on the average. As the agricultural sector is the main consumer of the groundwater resources in the plain, the water balance situation was predicted using the Effective Rainfall (ER) method to assess the climate change impact on observation water table changes. The ER index changes were evaluated by the outputs of the HadCM3 model. The results showed that the ER index in the A1B, A2 and B1 diffusion scenarios will increase by 73.2, 76.8 and 36.8%, respectively. This situation will further the current shortage of water in the Sahraye Bagh Plain and aggravate during the 2080-2099 period. The increasing trend of groundwater extraction will enhance the drop in the groundwater level if the current withdrawal continues unchanged.

■ **Keywords:** Climate change, HadCM3 model, Mann-Kendall test, Sahraye Bagh Plain, water table ■