

## اثر تغییر اقلیم بر بارش، دما و کیفیت آب سطحی در حوزه اسکندری اصفهان

محسن طلائی<sup>۱</sup>، ابوالفضل عزیزیان<sup>۲\*</sup>، سمانه پورمحمدی<sup>۳</sup>، نجمه یرمی<sup>۴</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد، ایران

۲ و ۴- استادیار علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، یزد، ایران

۳- دکترای آبخیزداری، مرکز ملی تحقیقات و مطالعات باروری ابرها، یزد، ایران

### چکیده

افزایش دمای کره زمین ناشی از تغییرات اقلیمی باعث تغییراتی در پدیده‌های مرتبط با منابع آب از جمله کمیت و کیفیت آب شده است. در این پژوهش تغییرات برخی از پارامترهای اقلیمی و کیفی آب سطحی در حوزه اسکندری اصفهان در دوره پایه و آتی بررسی شد. ابتدا داده‌های روزانه دمای حداقل و حداکثر و بارش روزانه ایستگاه سینوپتیک داران در بازه زمانی (پایه) ۲۰۱۳-۱۹۹۳ تحت مدل بزرگ مقیاس گردش عمومی جو *HadCM3* شبیه‌سازی و با استفاده از مدل ریزمقیاس‌گردانی *LARS-WG* و سناریوهای *A2*، *A1B* و *B1* برای دوره آتی ۲۰۲۰-۲۰۳۰ پیش‌بینی گردید. سپس با برقراری رابطه‌ای تجربی بین هر کدام از داده‌های کیفیت آب در دوره پایه با داده‌های اقلیمی معادله‌ای چند متغیره برای محاسبه پارامترهای کیفیت آب بدست آمد. با جایگزین کردن داده‌های هر سناریو اقلیمی مقدار پارامترهای کیفیت آب در آن سناریو در دوره آتی محاسبه گردید. نتایج نشان داد دمای حداقل روزانه در دوره آتی تحت هر سه سناریو روند افزایشی خواهد داشت و روند دمای حداکثر روزانه در سناریو *B1* ثابت بوده اما در سناریوهای *A2* و *A1B* افزایش می‌یابد. همچنین بارندگی سالانه روند کاهشی داشته که اثر مستقیم بر کیفیت آب دارد. بر اساس نتایج، مقدار *EC* تحت هر سه سناریو اقلیمی نسبت به دوره پایه افزایش و برعکس مقدار *pH* کاهش یافته است. همچنین *SAR* به طور متوسط ۱۷٪ افزایش می‌یابد. تحت سناریوهای اقلیمی بررسی شده آب رودخانه حوزه اسکندری بر اساس دیانگرم شولر و ویلکاکس در دوره آتی برای شرب و کشاورزی استانداردهای لازم را خواهد داشت.

**کلید واژه‌ها:** تغییر اقلیم، کیفیت آب، مدل *LARS-WG*، ایستگاه داران، تیپ و رخساره آب.

## مقدمه

IPCC بر بارش و دمای ایران بررسی و ارزیابی شد (عباسی و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج هر دو مدل حاکی از این بود که تا سال ۲۱۰۰ میلادی دمای کشور به طور متوسط ۳ تا ۶ درجه افزایش می‌یابد. اما بارش کشور طبق خروجی مدل HadCM3 حدود ۵ درصد کاهش و مطابق مدل ECGAM4 حدود ۸ درصد افزایش یافته که میزان کاهش و افزایش برای مناطق مختلف متفاوت بوده است. اثر تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت منابع آب سطحی که در دوره آینده در رودخانه قره سو برای سه ایستگاه طاق بستان، پل کهنه و قورباغستان در پژوهش دیگری بررسی شد (طالقانی نیا، ۲۰۱۳). در این تحقیق پارامترهای دمای آب (کمینه و بیشینه) و آمونیاک ایستگاه پل کهنه و اکسیژن محلول آب و pH ایستگاه قورباغستان در حد بحرانی ارزیابی شدند. همچنین از بین پارامترهای مورد بررسی بیشترین درصد تغییرات برای دوره آتی (۲۰۲۰-۲۰۱۵) مربوط به اکسیژن محلول، pH و آمونیاک به ترتیب برابر با ۹/۱٪، -۶۵/۰٪ و ۱۶۷٪ بود.

در تحقیقی، مطالعات انجام شده در زمینه اثر تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت منابع آب مرور شد (حیدرزاده و همکاران، ۲۰۱۴). محققان در این مقاله عنوان کردند که منابع آب سطحی و زیرزمینی کم عمق بیشتر تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم قرار می‌گیرند. خلیلی و همکاران (۲۰۱۴) به مطالعه اثر تغییر اقلیم در تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی پرداختند. در این تحقیق دو آبخوان ارومیه و کهریز به منظور بررسی کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی انتخاب شد و از نرم افزار سیستم اطلاعات جغرافیایی برای ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی تراز و کیفیت آب زیرزمینی استفاده گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط افت سالانه سطح آب زیرزمینی در طی سال های ۶۳-۱۳۶۲ تا ۹۰-۱۳۸۹ در ۶۱ حلقه چاه محدوده دشت ارومیه برابر ۱۰۸/۰ متر و در ۱۶ حلقه چاه مورد مطالعه در آبخوان کهریز برابر ۷۷/۰ متر بوده است. از لحاظ کیفیت آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی کهریز با افزایش شوری همراه بوده است. میزان بارندگی، تبخیر از سطح آب زیرزمینی و میزان نفوذ آب از رودخانه ها به عنوان عوامل مؤثر بر تغییرات سطح آب زیرزمینی، شناسایی شدند.

اثر تغییر اقلیم بر کیفیت آب زیرزمینی دشت لور اندیمشک در پژوهشی مورد بررسی قرار گرفت (قنبری ادیبی و برنا،

یکی از عوامل مهم مؤثر بر اکوسیستم‌ها تغییرات اقلیمی است. تغییرات اقلیمی پارامترهای چرخه هیدرولوژی حوزه آبریز را تحت تأثیر قرار داده و با تأثیر بر رژیم بارندگی حوزه آبریز، رژیم جریان رودخانه‌ها را تغییر می‌دهد (Kienzle et al., 2012). رودخانه‌هایی که از منابع یخ و برف تغذیه می‌شوند با افزایش دمای هوا پرآب‌تر می‌شوند (Mote, 2006). افزایش دمای محیط سبب افزایش دمای آب‌های سطحی شده و فعالیت‌های فیزیکی و شیمیایی در محیط‌های آبی تغییراتی را به وجود می‌آورد (Komatsu et al., 2007). اثر تغییر اقلیم بر پارامترهای آب و هوا در تحقیقات زیادی بررسی شده است. همچنین کمیت آب نیز طی تحقیقاتی بررسی شده اما موضوع کیفیت آب تحت اثر تغییرات اقلیمی کمتر موضوع پژوهش بوده است. مساله کیفیت آب در شرایط خشکسالی اهمیت بیشتری دارد. زیرا کیفیت آب معمولاً در ارتباط مستقیم با کمیت آن قرار می‌گیرد (Van Vliet and Zwolsman, 2008). مطالعات زیادی حاکی از اختلال کیفیت آب رودخانه‌ها در شرایط جریان کم و دمای زیاد (تابستان) می‌باشد (Mimikou et al., 2000; Van Vliet et al., 2013). در مورد اثر تغییرات اقلیمی بر پارامترهای آب و هوا، کمیت و کیفیت آب، مطالعاتی در ایران و خارج از ایران انجام شده که ذیلاً به برخی از آنها اشاره می‌شود.

وان ولیت و زولسمن (van Vliet and Zwolsman, 2008) اثر خشکسالی بر کیفیت رودخانه Meuse در اروپای غربی را بررسی کردند. بررسی مقادیر متغیرهای کیفی آب این رودخانه نشان داد در شرایط خشکسالی و جریان کم، کیفیت آب رودخانه کاهش یافته است. تغییرات یک بیوم آبی به تغییرات اجزای پیرامونی از جمله تغییرات عناصر اقلیمی مثل دما و غلظت گازهای محیط بستگی دارد (Johnson and Moghari, 2009). این محققین ضمن بررسی روند تغییرات دمایی ناشی از افزایش غلظت گاز CO2 اتمسفر، عنوان کردند که گرمایش جهانی افزایش دمای اکوسیستم‌های آبی را به دنبال دارد.

در یک پژوهش جامع اثر تغییر اقلیم با خروجی مدل‌های HadCM3 و ECHAM4 تحت ۱۸ سناریوی انتشار

بررسی کیفیت آب متأثر از تغییرات اقلیمی به‌ویژه در مناطق دارای بارش کم و تبخیر زیاد مانند حوزه ایران مرکزی کمتر بررسی شده و از اهمیت زیادی برخوردار است. زیرا برای مدیریت بهینه و پایدار منابع آب در سطح حوزه آبریز ضروری است که تمام ابعاد اثرات تغییرات اقلیمی بر منابع آبی بررسی شود. در این پژوهش سعی بر آن بود تا ضمن پیش‌دید پارامترهای اقلیمی، ارتباط پارامترهای کیفی آب و تغییرات احتمالی اقلیمی در سال‌های آتی در حوزه آبریز اسکندری اصفهان بعنوان یکی از منابع تأمین آب زاینده رود بررسی گردد. همچنین تغییرات تناسب آب برای مصارف شرب و کشاورزی بررسی گردد.

## مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعاتی حوزه آبریز اسکندری واقع در غرب استان اصفهان بود. حوزه مذکور با داشتن مساحتی بالغ بر ۱۶۴۹/۹ کیلومتر مربع و ارتفاع متوسط ۲۶۲۶ متر از سطح دریا و مختصات ۵۰°۰۲' تا ۵۰°۴۰' طول شرقی و ۳۲°۴۵' تا ۱۱°۳۳' عرض شمالی در حوزه آبریز سد زاینده رود واقع شده است. متوسط بلند مدت بارش و دمای هوا در منطقه مطالعاتی به ترتیب ۳۳۹ میلی‌متر و ۹/۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در شکل ۱ موقعیت منطقه و آبراهه‌های زیر حوزه‌های اسکندری نشان داده شده است. در این شکل مرز منطقه مطالعاتی و موقعیت ایستگاه سینوپتیک داران در حوزه مزبور نیز قابل مشاهده می‌باشد.

## روش پژوهش

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل دو گروه داده‌های مشاهداتی (پایه) و خروجی مدل گردش عمومی جو (شبه سازی یا پیش بینی شده) بود. داده‌های روزانه دمای کمینه و بیشینه، بارش و تابش (ساعات آفتابی) در دوره زمانی ۲۰۱۳-۱۹۹۳ میلادی (دوره پایه) برای ایستگاه داران واقع در حوزه مورد مطالعه از سازمان هواشناسی کشور تهیه شد. برای پیش‌بینی تغییرات اقلیمی دوره‌ی آینده از یک مدل گردش عمومی جو موسوم به HadCM3 تحت سناریوهای مختلف A1B، A2 و B1 (پیشنهاد شده از

۲۰۱۵). نتایج نشان داد که افزایش دما و کاهش بارندگی در طی دوره آماری مطالعه شده اثری در افزایش شوری و نیز غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌های آب زیرزمینی نداشته و کیفیت آب برای مصارف کشاورزی در حد استاندارد بوده است. طی تحقیق دیگری اثر تغییر اقلیم بر کیفیت و کمیت منابع آب زیر زمینی دشت بهار همدان بررسی شد (خاکپورنژاد، ۲۰۱۵). در این پژوهش از آزمون من کندانل برای بررسی روند تغییرات پارامترها استفاده گردید. نتایج این پژوهش حاکی از افت کیفیت آب‌های دشت بهار در شرایط خشکسالی بود. طی یک پژوهش اثر تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت منابع آب سطحی در رودخانه بالیخلی‌چای اردبیل ارزیابی شد (اقتطاف، ۲۰۱۵). نتایج این بررسی نشان داد که در دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹ دما تا ۵ درجه سانتیگراد و بارندگی تا ۱۴ میلی‌متر کاهش می‌یابد. همچنین در این دوره شوری (EC) تا ۳ درصد افزایش می‌یابد. در پژوهش دیگری اثر تغییرات اقلیمی دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ بر خشکسالی‌های حوزه اسکندری بررسی گردید (بحری و همکاران، ۲۰۱۵). نتایج این پژوهش حاکی از افزایش متوسط دما و بارش سالانه حوزه بود اما بارش‌ها به سمت فصل گرم جابجا شده و شدت آنها افزوده می‌شود. همچنین این حوزه با فراوانی وقوع خشکسالی‌ها روبرو خواهد شد.

در بررسی دیگری اثر تغییر اقلیم، افزایش دمای هوا و دبی بر کیفیت آب رودخانه پرایره در ایالت میشیگان آمریکا ارزیابی شد (Hosseini et al., 2017). نتایج این بررسی نشان داد که پارامترهای کیفی آب به افزایش دبی جریان و دمای هوا بسیار حساس است. همچنین دمای بیشتر آب رودخانه منجر به کاهش غلظت عناصر غذایی و اکسیژن محلول می‌شود. در این بررسی همچنین نشان داده شد که کیفیت آب به تغییرات دبی جریان بیش از گرمایش اقلیم وابسته است. همچنین رادهاپاری و همکاران (Radhapyari et al., 2021) عنوان کردند که در سال‌های اخیر علاوه بر بحث کمیت و دسترسی به آب، موضوع کیفیت آب نیز در ارتباط با پدیده تغییر اقلیم به دلیل گرمایش جهانی و وقایع حدی اقلیمی مورد توجه قرار گرفته است. آنها همچنین گزارش کردند که تغییر اقلیم اثر غیر قابل انکاری بر کمیت و به تبع آن کیفیت منابع آب دارد و نتیجه گرفتند که تأمین آب شرب تحت تأثیر پدیده تغییر اقلیم قرار خواهد گرفت.

کالیبره شد. پس از آن با هر کدام از سناریوهای A2، A1B و B1 برای دوره آتی (۲۰۳۰-۲۰۲۰) داده‌های هواشناسی پیش‌بینی گردید. مشخصات این سناریوهای اقلیمی به اختصار در جدول ۱ ذکر شده است. سپس با برقراری روابط تجربی (رگرسیون چند متغیره) بین داده‌های اقلیمی و فاکتورهای اصلی کیفیت آب (شامل شوری (EC)، اسیدیته (pH) و نسبت جذب سدیم (SAR)) در دوره پایه (به کمک نرم افزار MINITAB) نسبت به پیش‌بینی کیفیت آب در آینده با داده‌های اقلیمی پیش‌بینی شده اقدام گردید. ارتباط بین این فاکتورهای اصلی کیفی آب و داده‌های اقلیمی (شامل بارش و دمای کمینه و بیشینه) از نوع خطی بود. همچنین به منظور پیش‌بینی کیفیت آب در آینده بین عناصر موجود در آب و EC در دوره پایه رابطه برقرار شد و با توجه به EC پیش‌بینی شده در دوره آتی، مقدار عناصر در آن دوره برآورد گردید.

سوی هیأت بین الدول تغییر اقلیم (IPCC) استفاده گردید. این سناریوها بر اساس میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای تا سال ۲۱۰۰ میلادی تنظیم شده و در گزارش ویژه‌ای با نام SRES (Special Report on Emission Scenarios) در سال ۲۰۰۰ میلادی در چهار شاخه A1 (جهانی سازی و رشد اقتصادی سریع)، A2 (منطقه محوری و توسعه اقتصادی منطقه محور)، B1 (جهانی سازی و توسعه پایدار زیست محیطی) و B2 (منطقه محوری و توسعه پایدار زیست محیطی محلی) ارائه شده است. انتخاب سناریو برای بررسی گاهی با موضوع و زمینه مشترک به صورت ترکیبی انجام می‌شود. همچنین در این مطالعه از مدل ریز مقیاس سازی LARS-WG استفاده شد. این مدل‌ها (HadCM3 و LARS-WG) از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های وضع هوا است و برای تولید بارش روزانه، تابش، دمای کمینه و بیشینه، سرعت باد، رطوبت هوا و تبخیر به کار می‌رود. در این بررسی مدل مزبور برای شرایط دوره پایه

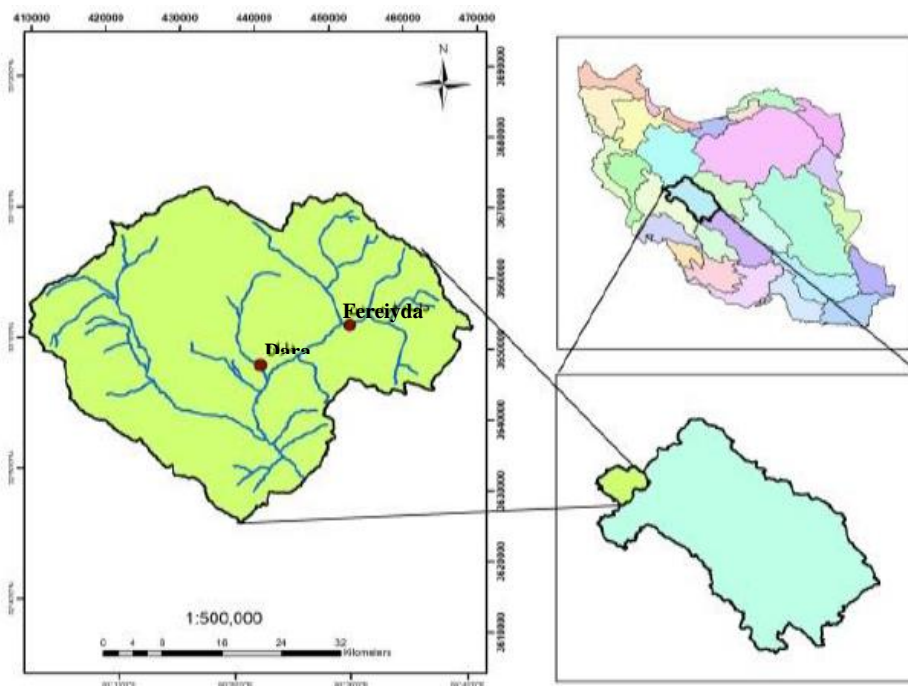
جدول ۱- خلاصه‌ای از مشخصات سناریوهای اقلیمی IPCC در سال ۲۱۰۰ (تغییرات نسبت به سال ۱۹۹۰ می‌باشد، Carter et al., 1999)

Characteristics	Scenario	Base Year (1990)	A1B	A2	B1
Population (billion)		5.252	7.1	15.1	7.0
CO <sub>2</sub> concentration (ppmv)		352	680	834	547
Global annual-mean temp. change (°C)		-	2.52	3.09	2.04
Global mean-sea level rise (cm)		-	58	62	50

بیشتر از صفر میلی‌متر باشد. طول هر سری به‌طور تصادفی از توزیع نیمه تجربی سری‌های تر و خشک برای هر ماه انتخاب می‌شود. دماهای کمینه و بیشینه نیز با استفاده از سری‌های فوریه تخمین زده می‌شود. در مدل LARS-WG داده‌های ورودی مورد نیاز این مدل شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارندگی و تابش خورشید یا ساعات آفتابی است. این داده‌ها به صورت روزانه به مدل داده می‌شود و مدل LARS-WG سری‌های زمانی روزانه (دمای کمینه، دمای بیشینه، بارندگی و تابش خورشید) را تولید می‌کند.

#### مدل LARS-WG

این مدل از جمله مدل‌های ریز مقیاس گردانی است که خروجی مدل‌های گردش عمومی جو را به مقیاس محلی تبدیل می‌کند. اولین نسخه مدل LARS-WG در بوداپست در سال ۱۹۹۰ بعنوان بخشی از ارزیابی ریسک کشاورزی در مجارستان توسعه یافت (Racsko et al., 1991). سپس توسط سمنوف و پورت (Semenov and Porte, 1995) بازنگری و تعدیل شد. شبیه‌سازی وقوع بارش بر اساس سری‌های تر و خشک انجام می‌شود. روز تر روزی است که در آن بارش



شکل ۱- موقعیت حوزه مورد مطالعه و ایستگاه داران

خطای مدل را نشان می‌دهند. هرچه میزان RMSE و MAE کمتر باشد و NSE به یک نزدیکتر باشد، کارایی مدل بالاتر است.

$$MAE = \frac{\sum |x_o - x_s|}{N} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (x_o - x_s)^2}{N}} \quad (2)$$

$$NSE = \left[ 1 - \frac{\sum (x_o - x_s)^2}{\sum (x_o - \bar{x}_s)^2} \right] \quad (3)$$

در روابط بالا  $x_o$  داده مشاهداتی،  $x_s$  داده پیش‌بینی یا برآورد شده (برای دوره پایه)،  $\bar{x}_s$  میانگین داده‌های مشاهداتی،  $N$  تعداد داده‌ها می‌باشد. همچنین مقاسه با خط یک به یک برای داده‌های بارش، دمای بیشینه و کمینه در دوره پایه انجام شد و تحلیل آماری مقایسه دو خط رگرسیون و خط یک به یک صورت گرفت.

## نتایج و بحث

### ارزیابی مدل LARS-WG

بر اساس نتایج بدست آمده از ارزیابی مدل (جدول ۲) مقدار آماره NSE برای هر سه پارامتر نزدیک به یک می‌باشد (مخصوصاً پارامترهای دمای حداقل و حداکثر) و مقدار RMSE و MAE نیز برای پارامترهای دمای حداقل و

### نرم افزار AqQA

به منظور بررسی کیفیت آب در حوزه مورد مطالعه از نرم افزار تحلیل کیفیت آب (AqQA) استفاده گردید. این نرم افزار یکی از نرم افزارهای هیدروژئوشیمی در تحلیل کیفیت آب است که با استفاده از نتایج تجزیه آزمایشگاهی، اطلاعات مفیدی در مورد ویژگی‌های آب و همچنین تعیین کیفیت آب (رخساره و تیپ آب) برای مصارف مختلف ارائه می‌دهد. از جمله امکانات این نرم افزار، امکان تبدیل واحدهای اندازه‌گیری به واحدهای مختلف شیمیایی، امکان دریافت فایل‌های ورودی از Excel، مقایسه تکرار تجزیه و تحلیل‌ها و بررسی استانداردها و رسم سریع نمودارهای مربوطه می‌باشد. در این بررسی با نتایج تجزیه شیمیایی آب در دوره پایه و داده‌های پیش‌بینی شده برای دوره آتی، برای دوره پایه و آتی نمودارهای مختلف کیفی آب ترسیم و تغییرات تیپ و رخساره آب بررسی شد.

### معیارهای ارزیابی مدل

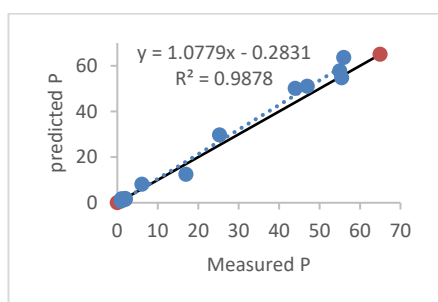
برای بررسی کارایی مدل از معیارهای ارزیابی میانگین خطای مطلق (MAE)، مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و شاخص ناش ساتکلیف (NSE) استفاده شد که روابط آنها در ادامه آمده است. پارامترهای RMSE و MAE

حداکثر حاکی از تطابق خوب مقادیر مشاهداتی و پیش‌بینی شده (در دوره پایه) توسط مدل می‌باشد. در رابطه با بارش نیز اگرچه در برخی از ماه‌ها اختلاف مقدار پیش‌بینی و مشاهده شده کم نبوده (داده‌ها ارائه نشده) اما در مجموع نتایج بدست آمده قابل قبول بوده است. همچنین در شکل ۲ مقادیر اندازه‌گیری و پیش‌بینی شده دمای بیشینه، کمینه و بارندگی ماهانه را در دوره پایه با خط یک به یک مقایسه شده است. تحلیل آماری مقایسه خط برازش شده با خط

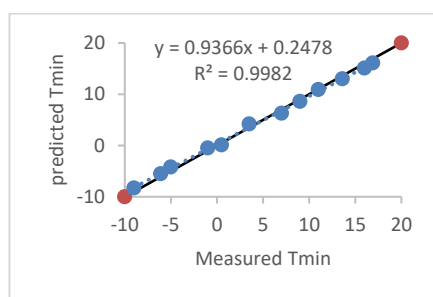
یک به یک برای هر سه پارامتر تفاوت آماری را نشان نداد. توانایی بالای مدل LARS-WG در مدل نمودن داده‌های دما بعنوان یک متغیر پیوسته در تحقیقات دیگری نیز اشاره شده است (بابائیان و نجفی نیک، ۲۰۰۶؛ آبابائی و همکاران، ۲۰۱۱) و نتیجه مشابهی از دقت این مدل برای بارش بعنوان یک متغیر تصادفی با ماهیت گسسته توسط بحری و همکاران (۲۰۱۵) بیان شده است.

جدول ۲- مقادیر شاخص های آماری مرحله ارزیابی مدل LARS-WG در ایستگاه داران

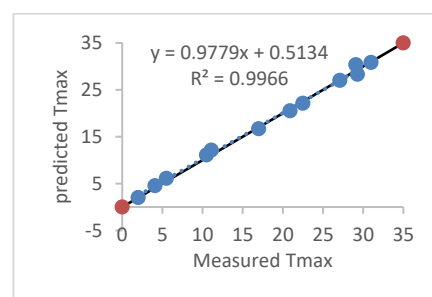
Station	Minimum temperature			Maximum temperature			Precipitation		
	RMSE	MAE	NSE	RMSE	MAE	NSE	RMSE	MAE	NSE
Daran	0.2	0.022	0.99	0.29	0.04	0.99	6.14	1.96	0.93



ج



ب



الف

شکل ۲- مقادیر متوسط اندازه گیری و پیش‌بینی شده دمای (الف) حداکثر (Tmax, °C)، (ب) حداقل (Tmin, °C) و (ج) بارش (P, mm) ماهانه در دوره پایه (BP, ۱۹۹۳-۲۰۱۳) و مقایسه با خط یک به یک

داران برای سناریوهای A1B و A2 و B1 در ماه‌های سرد سال (دسامبر تا آوریل) و نیز در ماه ژوئن افزایش می‌یابد. بیشترین افزایش دمای حداکثر نسبت به دوره پایه در ماه ژولای به میزان ۰/۹۶، ۰/۸۲ و ۰/۸۱ درجه سانتی‌گراد و بیشترین کاهش دمای حداکثر در ماه مارس به مقدار ۱/۲۰-، ۰/۹۷- و ۱/۱۶- درجه سانتی‌گراد به ترتیب در سناریوهای A1B، A2 و B1 رخ می‌دهد.

جدول ۳ درصد تغییرات دمای حداقل و حداکثر ماهانه را تحت سناریوهای A1B، A2، B1 در دوره آتی نسبت به دوره پایه در ایستگاه داران نشان می‌دهد. متوسط دمای حداقل و حداکثر در ایستگاه مزبور در دوره پایه به ترتیب ۴/۶۹ و ۱۷/۶۰ درجه سانتی‌گراد بوده است. نتایج این بررسی نشان داد که در همه سناریوها، دمای حداقل نسبت به دوره پایه افزایش یافته است. بیشترین و کمترین میزان افزایش دما نسبت به دوره پایه در ایستگاه داران در

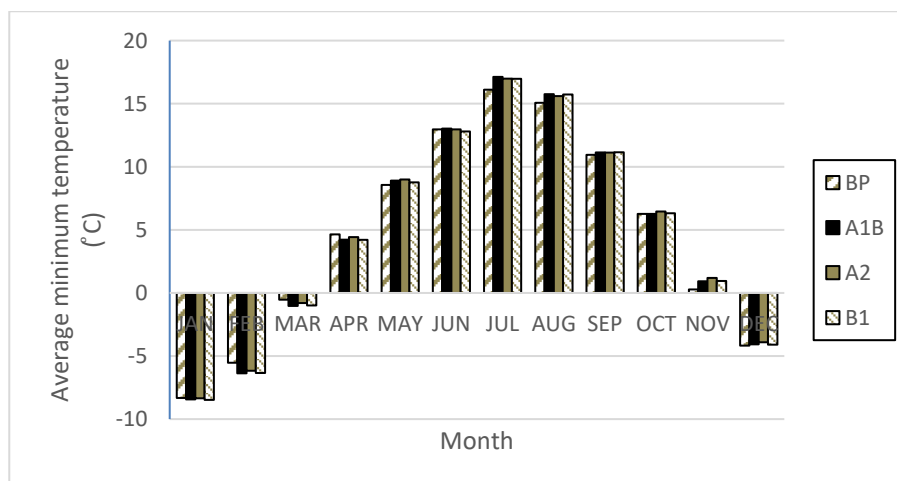
### دمای حداقل و حداکثر در دوره آتی

شکل‌های ۳ و ۴ میانگین دمای حداقل و حداکثر را در ماه‌ها و تحت سناریوهای مختلف نشان می‌دهد. در شکل ۳ میانگین دمای حداقل در ایستگاه داران برای سناریوهای A1B و A2 و B1 در دوره آتی ۲۰۳۰- تا ۲۰۲۰ نسبت به دوره پایه نشان داده شده است. نتایج حاکی است که برای دوره آتی در ماه‌های سرد سال (دسامبر تا آوریل) حداقل دما کاهش می‌یابد. ولی در بقیه‌ی ماه‌ها افزایش دمای حداقل رخ می‌دهد. در ماه ژولای بیشترین افزایش دمای حداقل به میزان ۱/۰۲، ۰/۸۸ و ۰/۸۶ درجه سانتی‌گراد و در ماه فوریه به ترتیب بیشترین کاهش دمای حداقل به مقدار ۰/۸۳-، ۰/۶۳- و ۰/۸۱- درجه سانتی‌گراد به ترتیب در سناریوهای A1B، A2 و B1 رخ خواهد داد.

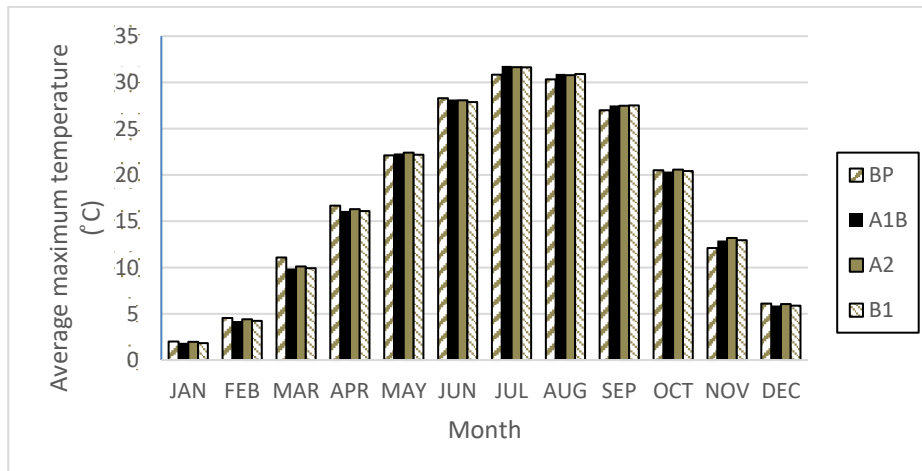
مطابق شکل ۴، میانگین دمای حداکثر ماهانه در ایستگاه

همچنین تحت سناریوی A2 دمای حداقل و حداکثر بیشترین افزایش را داشته است. وضعیتی مشابه از دمای حداقل و حداکثر در حوزه اسکندری تحت سناریوی A2 توسط بحری و همکاران (2015) گزارش شده است. اما این محققین برای دمای حداقل در سناریوهای A2 و B1 نیز افزایش پیش‌بینی کرده بودند که در پژوهش حاضر افزایش دمای حداقل صرفاً در ماه‌های گرم سال پیش‌بینی شده است. در مجموع به نظر می‌رسد با افزایش دمای حداقل (با درصد بیشتر) و حداکثر (با درصد کمتر) میانگین دمای حوزه در دوره آتی تحت سناریوهای مختلف افزایش خواهد یافت. افزایش حدود ۳ درجه‌ای دمای کل کشور بر اساس خروجی مدل HadCM3 تا سال ۲۱۰۰ نیز توسط عباسی و همکاران (2010) گزارش شده است.

سناریوی A2، به مقدار ۴ درصد و در سناریوی B1، به میزان ۱/۳ درصد می‌باشد. درصد تغییرات دمای حداکثر نیز همانند دمای حداقل در سناریوهای اقلیمی A1B و A2 در ایستگاه داران نسبت به دوره مشاهداتی مثبت (به ترتیب  $+0/2$  و  $+0/6$ ) است، اما این فاکتور اقلیمی تحت سناریوی B1 در دوره آتی بدون تغییر پیش‌بینی شده است (جدول ۳). همان‌طور که از این جدول مشخص است دمای حداقل پیش‌بینی‌شده در سناریوهای اقلیمی برای دوره آتی نسبت به دمای حداکثر افزایش محسوس‌تری دارد که این نشان می‌دهد که گرمایش احتمالی زمین بیشتر در پارامتر دمای حداقل اثر می‌گذارد. تغییرات بیشتر دمای حداقل نسبت به حداکثر در دشت اسلام آباد غرب تحت تأثیر تغییرات اقلیمی در دوره آتی توسط جلیلی و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش شده است.



شکل ۳- متوسط دمای حداقل ماهانه در دوره پایه (BP, ۱۹۹۳-۲۰۱۳) و آتی (۲۰۲۰-۲۰۳۰) در ایستگاه داران



شکل ۴- متوسط دمای حداکثر ماهانه در دوره پایه (BP, ۱۹۹۳-۲۰۱۳) و آتی (۲۰۲۰-۲۰۳۰) در ایستگاه داران

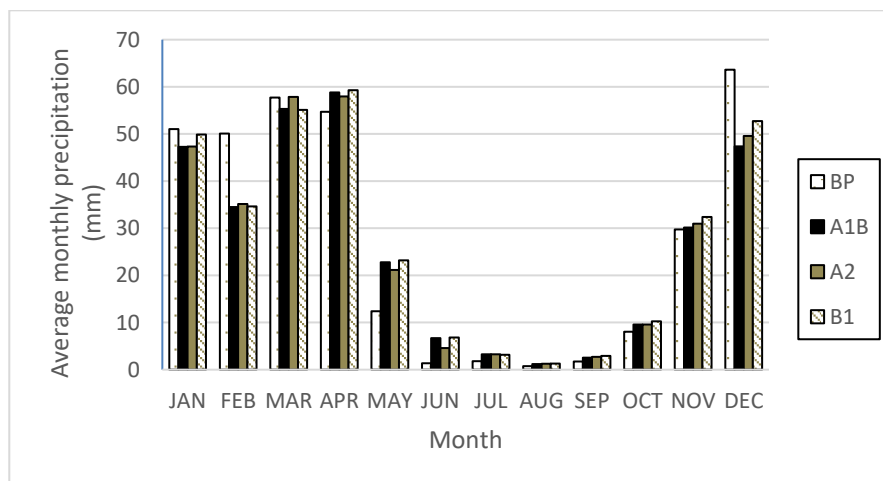
جدول ۳- تغییرات دمای حداقل و حداکثر ماهانه تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 در ایستگاه داران

Scenario	A1B	A2	B1
Variation of the minimum temperature (%)	+2.1	+4	+1.3
Variation of the maximum temperature (%)	+0.2	+0.6	0

### بارش در دوره آتی

مطابق شکل ۵، متوسط بارش ماهانه در دوره آتی نسبت به دوره پایه در ماه‌های سرد سال (دسامبر تا می) کاهش می‌یابد. این بررسی در ماه فوریه بیشترین کاهش میانگین بارش را برای هر سه سناریوی اقلیمی متصور است. اما بارش ماهانه در بقیه ماه‌های سال افزایش نشان می‌دهد و بیشترین افزایش مربوط به ماه می (آغاز فصل گرم) به ترتیب با ۱۰/۳۸، ۸/۷۵ و ۱۰/۸ میلی‌متر در سناریوهای A1B، A2 و B1 می‌باشد. این رژیم بارشی منجر به تغییر رژیم جریان رودخانه خواهد شد زیرا کاهش بارش ماه‌های سرد به معنی کاهش ذخیره برف در حوزه و افزایش بارش دیگر ماه‌های سال به معنی افزایش میزان باران و رواناب در حوزه خواهد بود. نتایج مشابهی در همین حوزه در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ توسط بحری و همکاران (۲۰۱۵) گزارش شده است. همچنین غمدیده (۲۰۰۸) ضمن بررسی اثر تغییر

اقلیم بر دما و بارش استان کردستان شیفت بارش‌های جامد به مایع را مورد اشاره قرار دادند. نتایج همچنین نشان داد که متوسط بارش در ایستگاه مورد بررسی در دوره پایه ۳۳۳ میلی‌متر بود. تغییرات بارش در سناریوهای اقلیمی بررسی شده در دوره آتی نشان داد که در ایستگاه داران در همه سناریوها کاهش بارندگی نسبت به دوره پایه پیش‌بینی شده است. بیشترین مقدار کاهش بارش نسبت به دوره پایه تحت سناریوهای A1B و A2 به ترتیب با ۴/۰ و ۳/۵ درصد رخ می‌دهد (جدول ۴). در شرایط کاهش بارش برنامه‌ریزی برای استفاده از منابع آب ضروری است. یکی از تمهیدات می‌تواند ذخیره‌سازی آب در ماه‌ها یا فصول پر بارش باشد. کاهش و نیز افزایش بارندگی تحت تاثیر تغییرات اقلیمی در دهه‌های آتی تا سال ۲۱۰۰ در استان‌های مختلف کشور تحت سناریوهای مختلف اقلیمی توسط عباسی و همکاران (۲۰۱۰) اشاره شده است.



شکل ۵- متوسط بارش ماهانه در دوره پایه (BP، ۱۹۹۳-۲۰۱۳) و آتی (۲۰۲۰-۲۰۳۰) تحت سناریوهای مختلف در ایستگاه داران

جدول ۴- تغییرات بارندگی تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 در ایستگاه داران

Scenario	A1B	A2	B1
Variation of precipitation (%)	-4.0	-3.5	-0.4



## ارتباط بین پارامترهای کیفی آب و فاکتورهای اقلیمی در دوره پایه

ارتباط بین پارامترهای کیفی آب و فاکتورهای اقلیمی (شامل دمای کمینه ( $T_{min}$ )، دمای بیشینه ( $T_{max}$ ) و بارش (P)) در دوره پایه در جدول ۵ ارائه شده است. در یک نگاه کلی می‌توان گفت ارتباط معکوس (علامت منفی) برای فاکتور بارندگی و EC حاکی از این واقعیت است که مقادیر بیشتر بارندگی منجر به شوری و املاح کمتر در آب سطحی خواهد شد. چراکه بارندگی بیشتر سبب دبی بیشتر رودخانه و افزایش ظرفیت رقیق سازی آن می‌شود. مشابه این رابطه توسط وان ولیت و زولسمن (van Vliet and Zwolsman, 2008) در رودخانه Meuse گزارش شده است. همچنین همین استدلال برای منفی بودن ضریب دمای بیشینه وجود دارد. چراکه دمای بیشینه بیشتر منجر به افزایش دبی رودخانه می‌شود. زیرا با توجه به موقعیت حوزه آبریز منبع

تغذیه جریانات سطحی عمدتاً برف است که با دماهای بیشینه بالاتر، بیشتر آب می‌شود. استدلال مشابهی برای مثبت بودن ضریب دمای کمینه (با توجه به مقادیر منفی دمای کمینه در ماه‌های سرد سال که منجر به آب شدن برف می‌شود) نیز وجود دارد. البته از طرف دیگر دمای بیشتر، تبخیر بیشتر را سبب می‌شود که این خود باعث افت کیفیت آب (افزایش شوری) مخصوصاً برای آب سطحی خواهد شد. اما در مجموع اثر افزایش دما، رابطه معکوسی با کیفیت آب از خود بروز داده است. در مورد فاکتور pH به نظر می‌رسد افزایش دماهای بیشینه و کمینه و به تبع آن تبخیر بیشتر در حوزه و افزایش املاح در آب‌های سطحی اثر معکوس (کاهش) بر مقدار این فاکتور داشته و بارش با ضریب مثبت و با افزایش دبی رودخانه اثر معکوس دما را جبران نموده است. اما اثر بارش و دما بر SAR پیچیده بوده و تحلیل روشنی نشان داده نشده است.

جدول ۵- روابط چند متغیره بین پارامترهای کیفیت آب و فاکتورهای اقلیمی در دوره پایه (۲۰۱۳-۱۹۹۳)

Water quality parameters	Multivariate relationship	R <sup>2</sup>
EC	$EC = 616 - 0.113P - 35.8T_{max} + 122T_{min}$	$R^2 = 62.4$
pH	$PH = 11.7 + 0.00128P - 0.207T_{max} - 0.103T_{min}$	$R^2 = 77.8$
SAR	$SAR = -0.96 - 0.000094P + 0.057T_{max} + 0.082T_{min}$	$R^2 = 72.2$

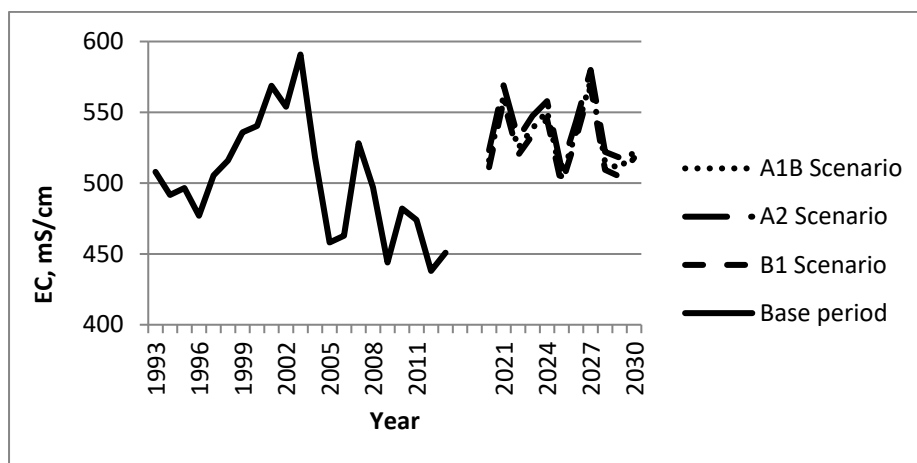
## پیش‌دید پارامترهای کیفی آب در دوره آتی

برای بدست آوردن پارامترهای کیفیت آب در دوره آتی با جایگزین کردن مقادیر دمای حداقل و حداکثر و بارش پیش‌بینی شده هرسال در روابط به دست آمده (جدول ۵) می‌توان مقدار آن پارامتر در سال مورد نظر را برآورد کرد. نتایج برآورد پارامترهای کیفی آب برای دوره آتی در کنار مقادیر آنها در دوره پایه در شکل‌های ۶ تا ۸ نشان داده شده است. تغییرات رخ داده تابع تغییرات عوامل اقلیمی به‌ویژه بارش و به تبع آن دبی رودخانه می‌باشد. مطابق شکل ۶ متوسط EC در رودخانه حوزه اسکندری در دوره پایه ۵۰۱/۷ mS/cm بوده که تحت سناریو A2 (با بیشترین افزایش دمای حداقل و حداکثر) به طور متوسط تا ۵۳۹ mS/cm افزایش یافته است. افزایش EC در سناریوهای A1B و B1 نیز به طور متوسط به ترتیب تا ۵۳۱ و ۵۲۷ mS/cm بوده است. همچنین دامنه تغییرات EC در دوره پایه ۳۵٪

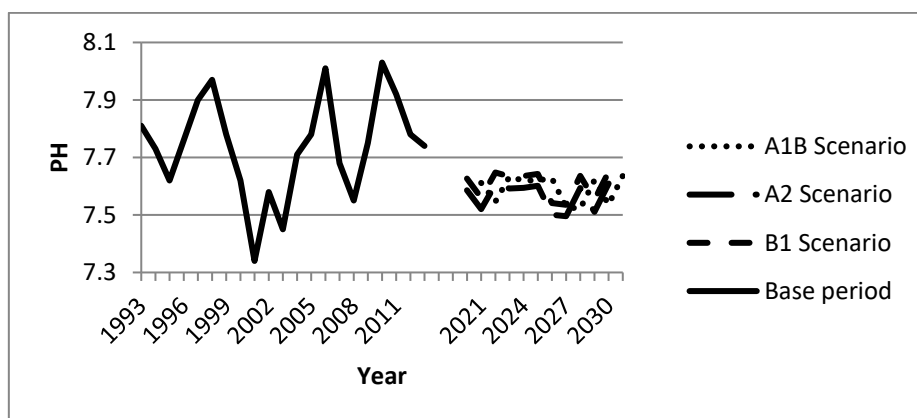
بوده که تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 در دوره آتی به ترتیب ۱۳، ۱۴ و ۱۴ درصد برآورد شده است. افزایش EC ناشی از افزایش دمای هوا را حیدرزاده و همکاران (2014) به دلیل کاهش دبی رودخانه و ظرفیت رقیق‌سازی آن دانسته‌اند. همچنین اقطاف (۲۰۱۵) اثر افزایش دما در دوره‌های آتی که منجر به افزایش EC رودخانه بالیخلی‌چای اردبیل شده را گزارش کرده است. طبق شکل ۷ متوسط pH در دوره پایه ۷/۷۴ بوده که تحت هر سه سناریوی اقلیمی کاهش یافته است. کاهش pH به طور کلی به افزایش آبدهی رودخانه مرتبط می‌شود. از آنجاکه منشاء آب رودخانه عمدتاً آب ناشی از ذوب برف بوده و pH این آب در حد خنثی (pH=7) می‌باشد، افزایش میزان آن منجر به کاهش pH آب رودخانه می‌شود. بعلاوه دامنه تغییرات pH در دوره پایه ۹ درصد بوده که در سناریوهای A1B، A2 و B1 دوره آتی به ترتیب ۲، ۱/۵ و

Meuse را نتیجه افزایش دما و کاهش دبی در دوره‌های خشک دانستند که غلظت CO<sub>2</sub> محلول در آب در این شرایط کاهش یافته بود.

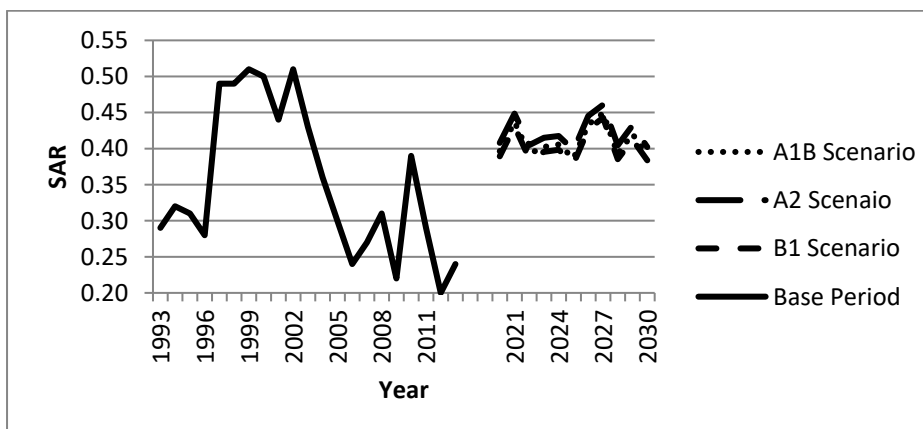
۱/۵ درصد تغییرات خواهد داشت. افزایش pH آب رودخانه قره سو در نتیجه افزایش دما توسط طالقانی نیا (۲۰۱۳) گزارش شده است. همچنین وان ولیت و زولسمن ( van Vliet and Zwolsman, 2008) افزایش pH در رودخانه



شکل ۶- تغییرات EC در بازه زمانی ۱۹۹۳-۲۰۱۳ و دوره آتی ۲۰۲۰-۲۰۳۰ میلادی در ایستگاه داران



شکل ۷- تغییرات PH در بازه زمانی ۱۹۹۳-۲۰۱۳ و دوره آتی ۲۰۲۰-۲۰۳۰ میلادی در ایستگاه داران



شکل ۸- تغییرات SAR در بازه زمانی ۱۹۹۳-۲۰۱۳ و دوره آتی ۲۰۲۰-۲۰۳۰ میلادی در ایستگاه داران

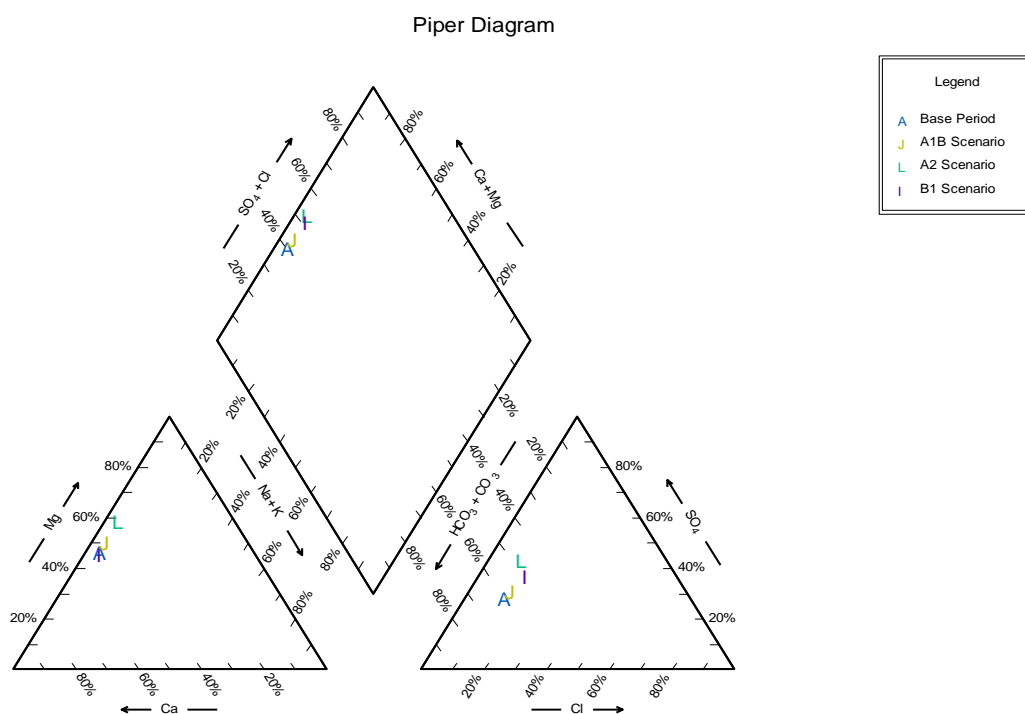
دوره پایه پیش‌بینی شده است. در واقع تحت سناریوی B1 که کمترین کاهش بارندگی و افزایش دما پیش‌بینی شده است وضعیت کیفی آب حوزه بسیار به شرایط دوره پایه شبیه است. اما در سناریوی A2 که بیشترین کاهش بارندگی و افزایش دما برآورد شده است شرایط کیفی آب نیز متأثر از این تغییرات نسبت به دوره پایه انحراف بیشتر نشان داده است. افت کیفیت آب به ویژه آب‌های سطحی در شرایط آب و هوایی گرم‌تر و خشک‌تر توسط حیدرزاده و همکاران (۲۰۱۴) در جمع‌بندی مطالعات تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت منابع آب اشاره شده است.

بر اساس طبقه‌بندی شولر (شکل ۱۰)، آب حوزه داران در دوره پایه و آتی تحت هر سه سناریوی اقلیمی در محدوده مناسب برای شرب قرار گرفته است. همچنین بررسی تناسب آب برای کشاورزی بر اساس دیاگرام ویلکاکس نیز حاکی از آن بود که در دوره پایه و آتی در سناریوهای بررسی شده آب این حوزه برای کشاورزی نیز مناسب بوده است و در کلاس C1S1 (پایین‌ترین سطح شوری و SAR) قرار گرفته است (گراف‌ها ارائه نشده است).

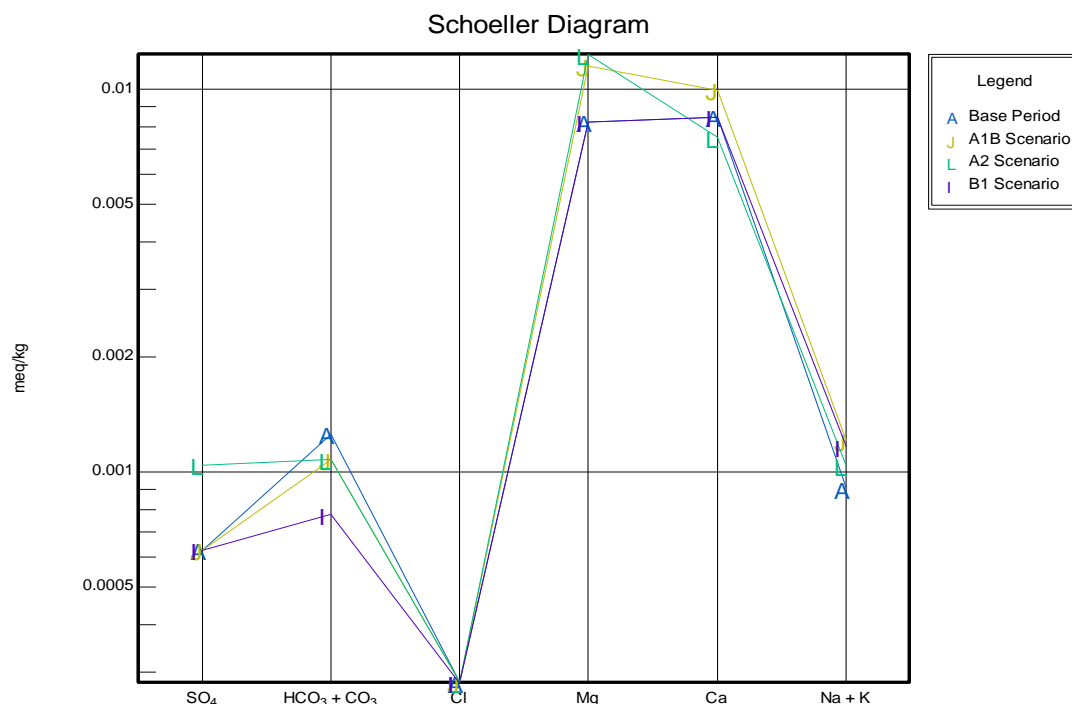
همچنین متوسط مقدار SAR در دوره پایه در آب رودخانه ۰/۳۵ بوده که به طور متوسط ۱۷ درصد افزایش یافته و به ۰/۴۱ رسیده است (شکل ۸). دامنه تغییرات SAR در دوره پایه ۱۸۳ درصد بوده که در دوره آتی و تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 به ترتیب ۱۵، ۱۵ و ۱۶ درصد برآورد شده است. این موضوع حاکی از غالب شدن یون سدیم و یا کمزنگ شدن نقش کاتیون‌های کلسیم و منیزیم در آب است.

### تیپ و رخساره آب در دوره پایه و آتی و تناسب برای شرب و کشاورزی

شکل ۹ دیاگرام پایپر را برای آب رودخانه حوزه اسکندری در دوره پایه و آتی (تحت سناریوهای مختلف) نشان می‌دهد. مطابق این شکل در دوره پایه (۱۹۹۳-۲۰۱۳)، نوع آب کلسیک-کربناته (رخساره-تیپ) بوده است. در دوره آتی (۲۰۲۰-۲۰۳۰) تحت سناریوهای A1B و A2 نوع آب منیزیک-کربناته پیش‌بینی شده است. تبدیل وضعیت کلسیک به منیزیک خود یک نوع افت کیفی آب محسوب می‌شود. اما تحت سناریوی B1 در دوره آتی نوع آب مانند



شکل ۹- دیاگرام پایپر برای آب سطحی حوزه داران در دوره پایه (۱۹۹۳-۲۰۱۳) و آتی (۲۰۲۰-۲۰۳۰) تحت سناریوهای مختلف



شکل ۱۰- دیاگرام شولر برای آب سطحی حوزه داران در دوره پایه (۲۰۱۳-۱۹۹۳) و آتی (۲۰۳۰-۲۰۲۰) تحت سناریوهای مختلف

### نتیجه گیری

نتایج این بررسی نشان داد در ایستگاه داران واقع در حوزه اسکندری اصفهان که از منابع تأمین آب زاینده رود است، دمای حداقل سالانه در هر سه سناریوی اقلیمی بررسی شده روند افزایشی خواهد داشت اما روند دمای حداکثر سالانه در سناریو B1 تقریباً ثابت بوده اما در سناریو A1B و A2 مقدار آن افزایش یافته است. در مورد میزان بارندگی سالانه روند کلی کاهش می‌باشد. در سناریو A1B و A2 کاهش بارندگی محسوس و بیشتر از سناریو B1 خواهد بود، در حالی که در سناریو B1 میزان بارندگی اندکی کاهش یافته است. با بررسی روند تغییرات کیفیت آب در کنار فاکتورهای اقلیمی در دوره پایه مشخص شد که با افزایش بارندگی و کاهش دما به دلیل جریان بیشتر رودخانه کیفیت آب بهبود یافته است. در دوره آتی تحت سناریوی A2 با بیشترین افزایش دما و کاهش بارندگی، EC افزایش بیشتری نسبت به سناریوهای A1B و B1 نشان داده است. pH آب در دوره آتی تحت هر سه سناریوی اقلیمی کاهش یافت و به حد خنثی تمایل نشان داده است. همچنین SAR در دوره

آتی تحت سناریوهای بررسی شده افزایشی بوده است که به نوعی افت کیفی آب را نشان می‌دهد. تغییر تیپ-رخساره آب از کلسیک-کربناته در دوره پایه به مینزیک-کربناته در دوره آتی تحت سناریوهای A1B و A2 نیز مؤید افت کیفی آب می‌باشد. اما اگر سناریوی B1 محقق شود کیفیت آب دوره آتی نسبت به دوره پایه تغییر محسوسی ندارد. در مجموع با وجود افت کیفی آب در برخی سناریوهای دوره آتی طبقه‌بندی آب رودخانه حوزه اسکندری نشان داد که این آب همچنان برای شرب (طبق دیاگرام شولر) و کشاورزی (بر اساس دیاگرام ویلکاکس) استانداردهای لازم را در دوره آتی خواهد داشت. البته نباید از نظر دور داشت که تغییر کاربری زمین و منابع محیطی در مقایسه با تغییرات دما و بارش تأثیر بسیار بیشتری بر کیفیت منابع آب دارد و بسته به مشخصه‌های اکوسیستم محلی و فعالیت‌های انسانی تفسیر اثر تغییرات اقلیمی بر کیفیت منابع آب را مشکل‌تر می‌سازد. در هر صورت پیگیری تغییر در فرآیندهایی که کیفیت آب را در یک حوزه کنترل می‌کند بخش ضروری برنامه‌های مدیریت حوزه آبریز و منابع آب در آینده است.

## منابع

11. Heydarzadeh, N., Shariarinia, E., Khodabakhshi, N. and Panahandeh, A. 2014. A review on the climate change impacts on quantity and quality of the water in Iran and the world. The First Conference on Climate Change and Towards Sustainable Futures, Tehran, Iran. (In Persian).
12. Hosseini, N., Johnstone, J. and Lindenschmidt, K.E. 2017. Impacts of climate change on the water quality of a regulated Prairie River. *Water*, 9(3), pp. 199-214.
13. Jalili, Kh., Moradi, H. R. and Bozorg Haddad, O. 2016. Assessment of Climate Change Impacts on Water Resources in Islam Abad Aquifer and Land Allocation Optimization. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 5(11), pp. 117-131. (In Persian).
14. Jung, II. W. and Chang, H. 2010. Assessment of future runoff trends under multiple climate change scenarios in the Willamette River Basin, Oregon, USA. *Hydrological Process*, 25(2), pp. 258-277.
15. Khakpournejad, A. 2015. Effect of climate change on quantity and quality of groundwater resources in Hamedan Bahar Plain. M.Sc. Thesis in Water Engineering, BuAli Sina University, Hamedan. (In Persian).
16. Khalili, K., Rasuli, N. and Jabbari, A. 2014. Assessment of the climate change impact on quality and quantity changes of groundwater (case study: Uromieh and Kahriz Aquifer). National Conference on Climate Change and Engineering Sustainable Agriculture and Natural Resources. June 2014. Hamedan, Iran. (In Persian).
17. Kienzie, S. W., Nemeth, M.W., Byrne, J. M. and MacDonald, R. J. 2012. Simulating the hydrological impacts of climate change in the upper North Saskatchewan River basin, Alberta, Canada. *Journal of Hydrology*, 412, pp. 76-89.
18. Komatsu, E., Fukushima, T. and Harasawa, H. A. 2007. Modeling approach to forecast the effect of long-term climate change on lake water quality. *Ecological Modeling*, 209(2-4), pp. 351-366.
19. Mimikou, M. A., Baltas, E., Varanou, E. and Pantazis, K. 2000. Regional impacts of climate change on water resources quantity and quality indicators. *Journal of Hydrology*, 234, pp. 95-109.
20. Mote, P. W. 2006. Climate-driven variability and trends in mountain
  1. Ababaei, B., Mirzaei, F. and Sohrabi, T. 2011. Evaluation of performance of LARS-WG in 12 coastal weather station of Iran. *Journal of Iranian Water Research*, 5(9), pp. 217-222. (In Persian).
  2. Abbasi, F., Babaeian, I., Habibi-Nokhandan, M., Goli-Mokhtari, L. and Malbusi, SH. 2010. Evaluation of the climate change impact on temperature and precipitation of Iranian future decades using MAGICC-SCENGEN Model. *National Geographic Researches*, 42(72), pp. 91-109. (In Persian)
  3. Johnson, A.F. and Mohari, F. 2009. *Ecological Impacts of Climate Change*, The National Academies, 32p.
  4. Babaeian, I. and Najafi Nik, Z. 2006. Introducing and Evaluation of LARS-WG Model for Modelling Meteorological Parameters of Khorasan Province (1961-2003). *Nivar Journal*, 31(62-63), pp. 49-65. (In Persian)
  5. Bahri, M., dastorani, M.T. and Goodarzi, M. 2015. Assessment of future drought under climate change status, case study: Eskandari Basin, Isfahan Province. *Watershed Engineering and Management*, 7(2), pp. 157-171. (In Persian).
  6. Carter, T. R., Hulme, M. and Lal, M. 1999. Guidelines on the use of scenario data for climate change impact and adaptation assessment. Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment (TG CIA), Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 69p.
  7. Eghtetaf, M. 2015. Climate change impacts on surface water quality and quantity (case study: Balikhli Chai River). M.Sc. Thesis in Civil Engineering, Shahrood University of Technology. Iran. (In Persian)
  8. Fowler, H. J., Kilsby, C.G. and Stunell, J. 2007. Modeling the impacts of projected future climate change on water resources in north-west England. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11(3), pp. 1115-1126.
  9. Ghamdideh, A. 2008. The impact of climate change on temperature and rain, case study: Kordestan province. MSc Thesis in Geography, Shahid Beheshti University. (In Persian).
  10. Ghanbari-Adivi, K. and Borna, R. 2015. Climate change and its impact on water quality of Andimeshk Lur Plain. *International Congress Geography and Sustainable Development*, Tehran, Iran. (In Persian).

25. Traynham, L., Palmer, R. and Polebitski, A. 2011. Impacts of future climate conditions and forecasted population growth on water supply systems in the Puget Sound region. *Water Resource*, 137(2), pp. 318-326.
26. Van Vliet, M.T.H., Franssen, W.H.P., Yearsley, J.R., Ludwig, F., Haddeland, I., Lettenmaier, D.P. and Kabat, P. 2013. Global river discharge and water temperature under climate change. *Global Environmental Change*, 23(2), pp. 450-464.
27. Van Vliet, M.T.H. and Zwolsman, J.J.G. 2008. Impact of summer droughts on the water quality of the euse river. *Journal of Hydrology*, 353(1-2), pp. 1-17.
21. Racsco, P., Szeidl, L. and Semenov, M. 1991. A serial approach to local stochastic weather models. *Ecological Modeling*, 57(1-2), pp. 27-41.
22. Radhapyari, K., Datta, S., Dutta, S. and Barman, R. 2021. Impacts of global climate change on water quality and its assessment. 229-275. In: Thokchom, B., Qiu, P., Singh, P. and Iyer P.K. (Eds.). 2021. Impacts of global climate change on water quality and its assessment. Elsevier Publication. 446p.
23. Semenov, M.A. and Porter, J.R. 1995. Climate variability and the modeling of crop yields. *Agriculture and Forest Meteorology*, 73(3-4), pp. 265- 283.
24. Taleghani-Nia, M. 2013. Climate change impacts on quantity and quality parameters of surface water using rainfall-run off model. M.Sc. Thesis In Environment, Tehran University, Iran. (In Persian).