

## بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر تغذیه ناشی از بارش در حوضه آبریز شیرامین

بتول زینالی<sup>۱\*</sup>، طاهره جلالی عنصرودی<sup>۲</sup>، حمیرا مصطفوی<sup>۳</sup>

<sup>۱\*</sup> - دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیل

<sup>۲</sup> - دانش آموخته دکتری اقلیم شناسی، دانشکده انسانی، دانشگاه تبریز

<sup>۳</sup> - دانش آموخته کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیل

\* ایمیل نویسنده مسئول: zeynali.b@uma.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۰

### چکیده

آب‌های زیرزمینی یکی از بخش‌های اصلی سیستم هیدرولوژیکی کره زمین محسوب می‌شوند. در این میان بارش بعنوان مهمترین جز بیلان آبی یک حوزه آبخیز نقش کلیدی را در تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی ایفا می‌نماید. هدف پژوهش حاضر، پیش‌بینی تغییرات بارش و دما با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری مدل‌های گردش عمومی جو و در ادامه پیش‌بینی تغییرات تبخیر و تعرق، تغذیه و رواناب در آینده برای حوضه آبریز شیرامین می‌باشد. در این زمینه تغییرات دما و بارش با استفاده از نرم افزار SDSM و خروجی مدل HADCM3 و سناریوهای B1 و A2 شبیه‌سازی شد. در ادامه از روش مدل‌سازی HELP3 برای بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر تغذیه آبهای زیرزمینی استفاده شد. نتایج خروجی مدل ریزمقیاس‌نمایی نشان داد که در کنار کاهش بارش، در آینده دما در حوضه آبریز شیرامین بر اساس دو سناریوی مورد بررسی افزایش خواهد یافت. در هر دو سناریو افزایش دما برای ماه جولای و کاهش بارش برای ماه اوت محسوس‌تر خواهد بود. با افزایش دما مقادیر قابل توجهی از بارش صرف تبخیر و تعرق شده و درصد کمی از بارش به تغذیه منابع آب زیرزمینی و رواناب اختصاص خواهد یافت. در آینده فصل بهار از نظر رواناب تولیدی و تغذیه ناشی از بارش در اولویت دوم بعد از فصل زمستان قرار خواهد گرفت.

### کلمات کلیدی

"تغذیه آب زیرزمینی"، "رواناب"، "مدل‌سازی HELP3"، "حوضه آبریز شیرامین".

### ۱- مقدمه

تخمین دقیق تغذیه آب زیرزمینی نیاز دارد اهمیت هر یک از عوامل تأثیرگذار بر تغذیه آب زیرزمینی از مکانی به مکان دیگر تغییر خواهد کرد و ممکن است با گذر زمان با تغییرات اقلیم، کاربری اراضی و پوشش گیاهی تغییر کند (Jyrkama and Sykes, 2007: 83). مطالعات کمتری روی تأثیر تغییر اقلیم بر تغذیه آب زیرزمینی انجام پذیرفته و اکثر مطالعات صورت گرفته به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی عناصر اقلیمی محدود می‌شود. ویلکینسون و کوپر<sup>۱</sup> (۱۹۹۳) با بررسی اثر تغییر اقلیم بر تغذیه آبخوان و جریانات رودخانه‌ای در انگلستان به این نتیجه دست یافتند که واکنش آبخوان‌ها به تغییر اقلیم به سناریوی انتخاب شده بستگی دارد. همچنین رودخانه‌هایی که آبهای زیرزمینی در دبی جریان آنها مشارکت دارند با تأخیر نسبت به تغییرات اقلیمی واکنش نشان خواهند داد. جیرکما و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) با استفاده از مدل هیدرولوژیکی<sup>۳</sup> HELP3 اثر تغییر اقلیم را بر تغییرات مکانی تغذیه آبخوان در حوضه رودخانه گراند در انتاریوی کانادا بررسی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که در اثر تغییر اقلیم، جریانات و حجم تغذیه آبخوان افزایش می‌یابد. لوما و اوکونن<sup>۴</sup> (۲۰۱۴) اثرات تغییر اقلیم آینده و افزایش سطح آب دریای بالتیک را بر روی تراز آب زیرزمینی در جنوب فنلاند با استفاده از مدل<sup>۵</sup> UZF1 همراه با مدل سه بعدی جریان آب‌های زیرزمینی (MODFLOW) بررسی نمودند. نتایج نشان داد که در دوره ۲۰۷۱-۲۱۰۰، الگوی تغذیه آبهای زیرزمینی تغییر یافته و اثرات فصلی تغییر آب و هوا در تغذیه آبهای زیرزمینی به صورت سرریز سطحی

در دهه‌های اخیر همزمان با رشد جمعیت، افزایش دمای کره زمین سبب تغییرات وسیعی در سطح زمین گردیده و باعث بروز تغییراتی بر مقدار، شکل، شدت، مدت، زمان و مکان بارش شده است؛ بر این اساس انتظار می‌رود که فعالیت سیکل هیدرولوژیکی جهان و همچنین محتوای رطوبت اتمسفر دچار تغییرات بسیاری شود که خسارات بسیاری را برانسان وارد خواهد آورد. هیات بین دول تغییر اقلیم اعلام کرده است که دمای سطح زمین  $0.2 \pm 0.6$  درجه سلسیوس افزایش یافته است و افزایش ۲ تا ۴ درجه سلسیوس را تا صد سال آینده پیش‌بینی می‌کند (IPCC, 2012). افزایش دما همچنین به‌طور مستقیم با افزایش تبخیر از آب سطحی موجود و تعرق گیاهی، بر چرخه هیدرولوژیکی تأثیر می‌گذارد. در نتیجه، این تغییرات می‌توانند بر مقدار، زمان و شدت بارش اثر بگذارند و به‌طور مستقیم بر ذخیره و جریان آب در سطح و زیر سطح مخازن تأثیر گذارند. بعلاوه ممکن است سایر اثرات مرتبط وجود داشته باشد، نظیر تداخل آب دریا، تخریب کیفیت آب، کسری آب آشامیدنی و ... (Allen and Toews, 2009: 129). درحالی که تغییر اقلیم بر منابع آب سطحی مستقیماً از طریق تغییر در متغیرهای اصلی اقلیم مانند بارش، دما، تبخیر و تعرق تأثیر می‌گذارد. تعیین رابطه بین متغیرهای تغییر اقلیم و آب زیرزمینی پیچیده و مشکل‌تر می‌باشد. بنابراین تعیین کردن اثر تغییر اقلیم بر منابع آب زیرزمینی نه تنها به پیش‌بینی قابل اطمینان از تغییرات متغیرهای اساسی اقلیمی نیاز دارد، بلکه همچنین به

<sup>1</sup> Hydrologic Evaluation of Landfill Performance

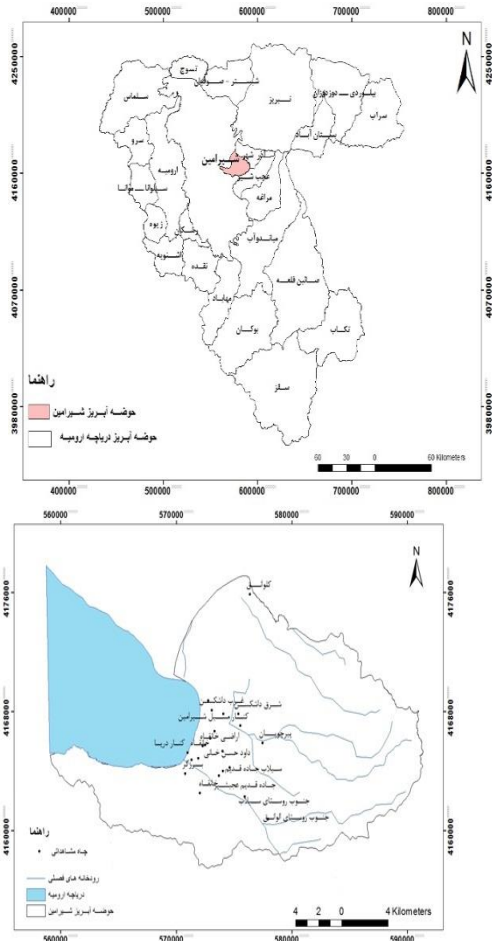
<sup>4</sup> Luoma & Okkonen

<sup>5</sup> Unsaturated-Zone Flow

<sup>1</sup> Wilkinson & Cooper

<sup>2</sup> Jyrkama et al

رودخانه دائمی و مهمی در این محدوده وجود ندارد و تنها چند مسیل خشک و فصلی همانند مسیل‌های سیلاب، الوانق، شیرامین‌چای، خانقاه و زینت‌لو وجود دارند که در فصول بارش آبدار می‌گردند (مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۸۲: ۲۵).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

برای بررسی تغییر پارامترهای اقلیمی در حوضه آبریز شیرامین از داده‌های ایستگاه سینوپتیک تبریز بدلیل نزدیک بودن به منطقه مورد مطالعه و طولانی بودن طول دوره آماری (۱۹۶۱-۲۰۱۸) استفاده شد. میانگین سالانه حداقل، حداکثر و متوسط دما در این ایستگاه به ترتیب ۷/۱، ۱۸/۵ و ۱۲/۴۹ درجه سانتیگراد و میزان ریزشهای جوی سالانه برابر ۲۸۳ میلی متر است. بالاترین دمای حداکثر و حداقل مطلق دما به ترتیب ۴۲- و ۲۵- در ماههای جولای و ژانویه می باشد (شکل ۲). در بررسی بارش فصلی، نتیجه‌گیری می‌شود که در کل فصل‌های بهار، پاییز، زمستان و تابستان به ترتیب با ۴۱، ۲۷/۳، ۲۶/۹ و ۴/۸ درصد بالاترین و پایین‌ترین بارندگی‌های فصلی را دارا هستند.

و در نتیجه جاری شدن سیل در زمستان و اوایل بهار و خشکسالی در تابستان بسیار قابل توجه خواهد بود. ایرتوک و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۶) اثر تغییر اقلیم کنونی و آینده بر روی منابع آب زیرزمینی را در یک حوضه کوچک مدیرانه‌ای با مدل SWAT<sup>۲</sup> ارزیابی نمودند. مطابق با نتایج به دست آمده، تقریباً همه اجزای بیلان آب کاهش یافته و انتظار می‌رود کمبود آب در آینده تبدیل به یک مسئله مهم شود. هوز و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۷) به تجزیه و تحلیل تأثیر تغییر آب و هوای آینده بر روی سطح آب زیرزمینی در یک حوضه آبریز در انگلستان پرداختند و نتیجه گرفتند که در اثر تغییر متغیرهای اقلیمی نظیر بارش، دما و تبخیر و تعرق، سطح آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه کاهش می‌یابد. ساعتلو و همکاران<sup>۴</sup> (۲۰۲۰) به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تغذیه آب زیرزمینی ساحل غربی دریاچه ارومیه با استفاده از خروجی مدل‌های مختلف گردش عمومی جو پرداخته و نتیجه گرفتند که میزان تغذیه در سال‌های آتی در مقایسه با دوره مشاهداتی افزایش خواهد یافت. شاخص‌های بحران آب در کشور ما به علت قرار گرفتن در منطقه خشک و نیمه‌خشک به مراتب نامطلوب‌تر از متوسط دنیاست. در حالی که تقریباً یک درصد جمعیت جهان در ایران زندگی می‌کند، سهم ما از کل منابع آب شیرین تجدیدشونده تنها ۰/۳۶ درصد است. گذشته از این کشور ما حدود ۶۶ درصد از ذخایر آب شیرین خود را مصرف نموده است، که این خود کمبود آب را در کشور ما برجسته می‌کند (عزیزی، ۱۳۸۲: ۸۵). با توجه به شرایط کشاورزی حوضه آبریز شیرامین و استفاده بیش از حد از آبهای زیرزمینی برای آبیاری کاربریهایی مانند درختان میوه، زراعت و گندم آبی، لزوم پیش‌بینی تغذیه ناشی از بارش در زمان آینده با استفاده از مدل HELP3 کاملاً محسوس است و برای اطلاع رسانی به مدیران مربوطه در زمینه طرح‌ریزی برای جلوگیری از مصرف بیش از اندازه از آبهای زیرزمینی در حوضه آبریز شیرامین و همچنین با توجه با اینکه روش و هدف مذکور در منطقه مورد مطالعه تاکنون مورد تحقیق قرار نگرفته، می‌تواند مفید واقع شود. درضمن استفاده از پارامترهای اقلیمی، شاخص پوشش گیاهی و ویژگی‌های خاک در کنار توجه به الگوی کشت غالب می‌تواند تخمین دقیقتری را باعث شود.

## ۲- روش انجام تحقیق

### • محدوده مورد مطالعه

• حوضه آبریز شیرامین در جنوب غرب استان آذربایجان شرقی در حد فاصل طول‌های جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۲ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۴۴ دقیقه شمالی و در حدود ۶۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان تبریز واقع شده است. وسعت کل محدوده مطالعاتی شیرامین ۲۹۹/۱۵ کیلومتر مربع است که حدود ۴۸ کیلومتر مربع آن را دشت آبرفتی شامل می‌شود (مطالعات پایه منابع آب، ۱۳۷۳). از نظر ارتفاعی نسبت به سطح دریاهای آزاد بلندترین و پست‌ترین نقاط آن به ترتیب دارای ۲۶۰۰ متر در قسمت شرقی محدوده (ارتفاعات یلی قیه) و ۱۲۷۸ متر (حاشیه دریاچه ارومیه) می‌باشد. شیب سطح زمین در قسمت‌های شمالی، شرقی و جنوبی زیاد بوده و بصورت نعل اسبی به سمت غرب و حاشیه دریاچه ارومیه از مقدار شیب کاسته شده و زمین کم و بیش به حالت مسطح در می‌آید.

<sup>3</sup> House et al

<sup>1</sup> Ertürk et al

<sup>4</sup> Soil, Water, Atmosphere, Plant

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^n (x_p - x_o)^2}{n}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$SE = \frac{SD}{\sqrt{n}} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در روابط فوق،  $x$  داده‌ها،  $\mu$  میانگین داده‌ها،  $\sigma$  انحراف معیار و  $n$  تعداد داده‌ها می‌باشد. اندیس  $p$  نشان دهنده داده‌های بزرگ مقیاس (پیش‌بینی کننده‌ها) و اندیس  $o$  بیانگر داده‌های کوچک مقیاس (پیش‌بینی شونده‌ها) می‌باشد. مقدار  $R^2$  بیانگر ارتباط خطی بین داده‌های بزرگ مقیاس و کوچک مقیاس می‌باشد که مقدار آن بین صفر تا ۱ متغیر است و هرچه به ۱ نزدیک‌تر باشد، نشان دهنده رابطه قوی‌تر بین دو سری داده می‌باشد. در ارتباط با معیار  $RMSE$  آستانه خاصی تعریف نشده و هرچه مقدار آن کمتر و به صفر نزدیک باشد، نشان دهنده قوی بودن ارتباط است (عساکره، ۱۳۸۶: ۹۱).

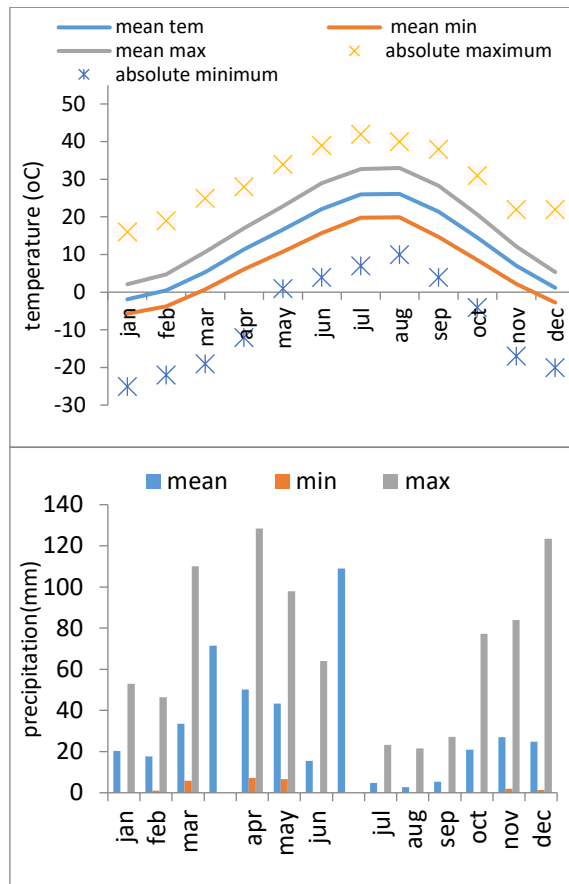
### مدل HELP3

گام دوم بعد از شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر تغذیه با استفاده از مدل هیدرولوژیکی HELP می‌باشد. مدل HELP3 یک مدل هیدرولوژیکی دوبعدی است که بر اساس روش موازنه آبی توسط اسکرودر و همکارانش در سال ۱۹۸۴ ارائه شده است. این مدل تمام فرایندهای هیدرولوژیکی سطحی و زیرسطحی را به منظور تخمین حرکت روزانه آب در زمین شبیه‌سازی می‌کند. فرایندها به صورت ترتیبی به یکدیگر متصل شده اند که از سطح با بیلان آب سطحی شروع می‌شود. سپس تبخیر و تعرق از پروفیل خاک محاسبه می‌شود. بعد فرایند نفوذ و روندیابی آب انجام می‌شود و تا آخرین و عمیق‌ترین پروفیل خاک ادامه می‌یابد. این مدل ستونی از چندین لایه خاک تا سطح آب زیرزمینی را در نظر می‌گیرد و نفوذ روزانه در هر لایه خاک را به طور مستقیم از بیلان آب- سطح (Surface-water balance) تعیین می‌کند. طوری که در هر روز فرض می‌شود نفوذ در هر لایه از خاک مساوی است با مجموع بارش و ذوب برف منهای مجموع رواناب و ذخیره سطحی و تبخیر سطحی. در این مدل میزان آبی که از محیط متخلخل به عنوان جریان اشباع تحت تاثیر نیروی ثقل به حرکت درمی‌آید، زهکشی قائم نامیده می‌شود و توسط قانون دارسی بصورت زیر است:

$$q = Ki = K \frac{dh}{dl} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$q$  = نرخ جریان (سانتی‌متر بر روز)،  $K$  = هدایت هیدرولیکی (سانتی‌متر بر روز)  $i$  = گرادیان هد هیدرولیکی (بی‌بعد)،  $h$  = هد پیزومتریک (سانتی‌متر)،  $l$  = طول در جهت جریان (سانتی‌متر)  
در صورت عدم پوشش برف در روی زمین میزان نفوذ از مجموع بارش و ذوب آب یخ زده در داخل خاک منهای میزان گیرش گیاهی، تبخیر از سطح و رواناب بدست می‌آید. معادله ذیل:

$$INF_i = PRE_i + GM_i - INT_i - ESS_i - Q_i \quad \text{رابطه (۵)}$$



شکل ۲- شاخص‌های درجه حرارت و بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک تبریز (۲۰۱۸-۱۹۶۱)

در این مطالعه از خروجی مدل HadCM3 تحت دو سناریو  $A_2$  و  $B_1$  جهت بررسی تغییر اقلیم در حوضه آبریز شیرامین برای دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۰ استفاده شد. HadCM3 یک مدل گردش عمومی جفت شده اقیانوس-آتمسفر است که در مرکز هدلی انگلستان ارائه شده و توسط گوردون<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۰۰) و پوپ<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۰) شرح داده شده است. لازم به ذکر است که مدل HADCM3 از مدل‌های معتبر برای مدل‌سازی تغییرات جوی است. مطابق مطالعات معتبر این مدل رفتار نرمال و مناسبی برای برآورد تغییر اقلیم ارائه می‌دهد و از حالت افراط و تفریط به دور است (Jackson & Sen, 2009: 219) با توجه به اینکه متغیرهای پیش‌بینی کننده NCEP می‌توانند روابط مختلفی با داده‌های پیش‌بینی شونده داشته باشند مسئله انتخاب متغیرهای مستقل مناسب که ارتباط منطقی و مناسبی با متغیرهای وابسته داشته باشند از اهمیت خاصی برخوردار است. مدل SDSM از ضریب تعیین  $R^2$  جهت تعیین ارتباط بین متغیرهای مستقل و وابسته استفاده می‌کند (ویلی و همکاران، ۲۰۰۲: ۳۲) به منظور ارزیابی و مقایسه دقت روش‌ها و سناریوهای مدل استفاده شده و شناسایی بهترین روش جهت پیش‌بینی، از جذر میانگین مربعات خطا (RSME) و خطای استاندارد (SE) استفاده شد.

$$R^2 = \left[ \frac{\frac{1}{n} \sum_{m=1}^n (x_p - \mu_p)(x_o - \mu_o)}{\sigma_{x_p} \times \sigma_{x_o}} \right]^2 \quad \text{رابطه (۱)}$$

۲. Pope

۱. Gordon

در صورتیکه ریزش برف وجود داشته باشد، نفوذ از رابطه ذیل محاسبه می شود:

$$INF_i = O_i + GM_i - EMELT_i - Q_i \quad \text{رابطه (۶)}$$

•  $INF$ : میزان نفوذ در روز  $i$  به اینچ،  $PRE_i$ : بارش به اینچ،  $GM_i$ : ذوب آب یخ زده به اینچ،  $INT_i$ : مقدار بارش جذب شده توسط گیاه در روز  $i$  به اینچ،  $ESS_i$ : تبخیر از سطح به اینچ،  $O_i$ : میزان آب ناشی از ذوب برف در روز  $i$  که برای تبخیر و تعرق، رواناب یا نفوذ قابل دسترس می باشد به اینچ،  $EMELT_i$ : میزان تبخیر از برف ذوب شده به اینچ در روز  $i$ . کارایی مدل  $HELP3$  در مقایسه با سایر مدل ها در نقاط مختلف مورد ارزیابی قرار گرفته است و نتایج حاکی از آن است که این مدل از توانایی مناسبی برای تخمین تغذیه برخوردار است (سبیک و آلن، ۲۰۰۷؛ اسکانلن و همکاران، ۲۰۰۲؛ جیرکاما و همکاران، ۲۰۰۲؛ بیگی، ۲۰۱۴).

### داده های مورد نیاز مدل HELP

#### داده های آب و هوایی

در این تحقیق آمار روزانه دما و بارش، به عنوان داده های مشاهداتی به مدل  $SDSM$  وارد شده و با استفاده از خروجی سناریوهای  $A2$  و  $B1$  مدل جهانی  $HadCM3$  برای سال های ۲۰۲۰-۲۰۴۰ داده تولید شده و به فرمت مدل  $HELP3$  تبدیل و وارد نرم افزار شد. لازم به ذکر است که برای محاسبه تبخیر و تعرق علاوه بر آمار و اطلاعات مربوط دما و بارش اطلاعات مربوط به باد و درصد رطوبت نسبی که مورد نیاز مدل  $HELP3$  می باشد از آمار دراز مدت ایستگاه سینوپتیک تبریز (۲۰۱۸-۱۹۶۱) تهیه شدند. دوره پایه برای این مطالعه ۱۹۹۰-۱۹۶۱ در نظر گرفته شده است. دوره مذکور توسط سازمان جهانی هواشناسی به عنوان دوره نرمال استاندارد تعیین شده است (Laursen and Cappelen, 1998: 215).

#### داده های مربوط به خاک

مدل هیدرولوژیکی  $HELP3$  نیاز به مقادیر مختلف داده های خاک برای هر یک از لایه های پروفیل خاک تا سطح آب زیرزمینی در آن منطقه دارد. در این تحقیق اطلاعات خاک از لوگ های حفاری موجود در منطقه، نقشه ی رقومی کاربری اراضی و همچنین گزارش های خاک شناسی مربوط به موسسه تحقیقات آب و خاک استخراج شد. بر اساس اطلاعات مستخرج از لوگ های حفاری نوع خاک غالب در منطقه سندی لوم می باشد همچنین بافت خاک از غرب به طرف شرق منطقه دانه ریزتر می شود. به عنوان نمونه مشخصات بافت خاک تا سطح آب زیرزمینی مربوط به لوگ حفاری خانقاه در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- اطلاعات لوگ حفاری خانقاه  $X=572025$   $Y=4162539$  (سازمان آب منطقه ای استان آذربایجان شرقی)

عمق به متر	جنس طبقات و لایه ها
۱۵-۰	شن و ماسه با کمی لای و رس
۲۰-۱۵	شن
۲۵-۲۰	شن و ماسه با کمی لای و رس
۳۰-۲۵	شیل سیاه رنگ

#### شاخص سطح برگ (LAI)<sup>۱</sup>

پوشش گیاهی و نحوه استفاده از اراضی یکی دیگر از فاکتورهای بسیار مهم در میزان و مراحل تغذیه محسوب می شوند. نوع و تراکم گونه های گیاهی بطور مستقیم بر میزان تبخیر و تعرق و بطور غیر مستقیم بر میزان تغذیه تاثیر گذار است. بطور کلی یک سطح پوشیده از پوشش گیاهی در مقایسه با یک سطح فاقد پوشش گیاهی در شرایط یکسان تبخیر و تعرق بیشتری دارد. در این مطالعه بعد از دریافت تصاویر ماهواره ای لندست ۸ با فرمت ژئوتیف و انجام تصحیحات رادیومتری با تلفیق باندهای ۴ و ۵، نقشه های  $NDVI$  و  $SAVI$  به دست آمد. شاخص پوشش گیاهی ( $NDVI$ ) شاخصی است که به منظور توصیف پوشش گیاهی توسعه یافته و با استفاده از تفاوت بین مادون قرمز نزدیک و نور قرمز می تواند نقاط دارای پوشش گیاهی را نمایان سازد. شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده بر حسب خاک ( $SAVI$ ) توسط  $Huete$  (1988) با هدف حداقل کردن اثرات خاک زمینه در انعکاسات پوشش گیاهی پیشنهاد شد، این شاخص ها از طریق از طریق روابط زیر محاسبه می شود.

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$SAV = \frac{RNIR-RRED(1+L)}{RNIR+RRED+L} \quad \text{رابطه (۸)}$$

فاکتور تعدیل کننده اثر خاک است. مقدار آن برای پوشش تنک برابر ۱ و برای پوشش متوسط برابر ۰.۵/ و اما برای پوشش انبوه یا صفر و یا ۲۵/ در نظر گرفته می شود.

بعد از به دست آوردن نقشه های  $NDVI$  و  $SAVI$  و با داشتن ارتباط آنها با شاخص سطح برگ، می توان نقشه بخش بندی شده از  $LAI$  را از طریق رابطه زیر به دست آورد ( فرج زاده و کریمی، ۱۳۹۲: ۸۳).

$$LAI = \frac{\ln\left(\frac{0.69 - SAVI}{0.59}\right)}{0.91} \quad \text{رابطه (۹)}$$

#### عمق منطقه تبخیر

عمق منطقه تبخیر حداکثر عمقی است که تبخیر و تعرق می تواند آب را مصرف کند. در جایی که پوشش گیاهی وجود دارد، این عمق باید حداقل برابر متوسط عمق مورد انتظار نفوذ ریشه گیاه باشد. جهت تعیین عمق نفوذ ریشه گیاه گندم از مطالعات صورت گرفته توسط کانادل و همکاران (۱۹۹۶) در تعیین عمق نفوذ ریشه در مقیاس جهانی و همچنین نظرات کارشناسان جهاد کشاورزی شهرستان شیرامین استفاده و مقدار آن با توجه به نوع خاک سطحی حدود سی سانتیمتر برآورد شد.

#### عدد منحنی رواناب

عدد منحنی رواناب به نوع گیاهان، سطح زیرکشت آنها، نوع عملیات زراعی، وضعیت هیدرولوژیکی گیاه، شرایط رطوبتی خاک و همچنین نوع خاک از نظر نفوذ پذیری بستگی دارد (علیزاده، ۱۳۸۷: ۲۸۱). محاسبات تعیین شماره منحنی (CN) بصورت میانگین وزنی بر اساس خصوصیات پوشش سطح منطقه مورد مطالعه و گروه هیدرولوژیکی خاک در شرایط رطوبتی متوسط بر اساس رابطه زیر محاسبه شد.

<sup>1</sup>. Leaf Area Index

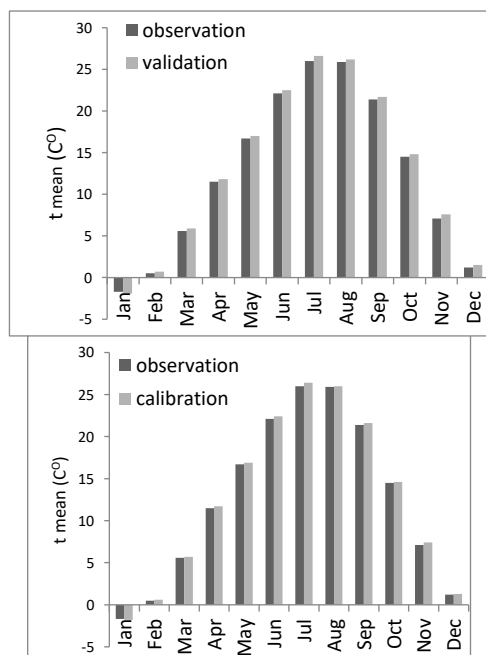
قبل از تولید سناریوهای اقلیمی برای دوره آینده، به ارزیابی و صحت-سنجی عملکرد مدل SDSM در دوره پایه پرداخته شد. بدین ترتیب که دوره پایه به دو دوره تنظیم مدل (۱۹۷۵-۱۹۶۱) و ارزیابی مدل (۱۹۹۰-۱۹۷۶) تقسیم شد و تعداد ۲۰ سری زمانی دما و بارش برای این دوره‌ها تولید گردید. سپس عملکرد مدل با مقایسه داده‌های مشاهده‌ای و مدل شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

در جدول ۳ نتایج مدل SDSM برای دما و بارش با استفاده از پیش‌بینی-کننده‌های NCEP در منطقه آورده شده است. مقایسه شاخص‌های RMSE و SE برای مدل HadCM3 در شبیه‌سازی دما و بارش حاکی از این است که مدل HadCM3 پارامتر مذکور را در منطقه با عملکرد مناسب‌تری شبیه‌سازی می‌کند.

جدول ۳- مقادیر RMSE و SE برای دما و بارش در ایستگاه تبریز بر اساس پیش‌بینی‌کننده‌های NCEP

ایستگاه تبریز	RMSE		SE	
	دوره تنظیم	دوره ارزیابی	دوره تنظیم	دوره ارزیابی
دما	۰/۰۸۸	۰/۲۴۸	۲/۲۰	۱/۸۸
بارش	۰/۰۳۵	۰/۳۱۳	۲/۵	۱/۷۸

شکل ۳ میانگین ماهانه دمای مشاهداتی و مدل شده را طی دو دوره تنظیم و ارزیابی در ایستگاه تبریز نشان می‌دهد. همان‌گونه که از نمودارها استنباط می‌شود بیشترین اختلاف بین داده‌های مشاهداتی و مدل شده طی دوره تنظیم و ارزیابی مربوط به ماه جولای به ترتیب به میزان ۰/۴ و ۰/۶ درجه سانتیگراد می‌باشد. در شکل ۴ بیشترین اختلاف بین داده‌های مشاهداتی بارش و مدل شده طی دوره تنظیم و ارزیابی به ترتیب مربوط به ماه‌های سپتامبر و جولای به میزان ۱/۷ و ۱/۶ میلی‌متر می‌باشد.



شکل ۳- مقایسه متوسط ماهانه دمای مشاهداتی و شبیه‌سازی شده با مدل HadCM3 در دوره تنظیم (۱۹۷۵-۱۹۶۱) و ارزیابی (۱۹۹۰-۱۹۷۶).

$$\overline{CN} = \left[ \sum (A_i / 100)(CN_i) \right]$$

رابطه ۱۰

در این رابطه،  $\overline{CN}$  = میانگین وزنی  $CN$  در سطح حوضه و  $A_i$  = درصد مساحتی از حوضه که شماره منحنی آن  $CN_i$  است.

### تاریخ شروع و اتمام فصل رشد

فصل رشد دوره‌ای است که رشد گیاه در آن رخ می‌دهد. بر اساس اطلاعات موجود در جهاد کشاورزی شهرستان شیراز بیشترین مساحت زمین‌های زراعی این شهرستان از بین محصولات زراعی به کشت گندم (۱۰۴۷ هکتار) اختصاص دارد. مطالعات زانگ (۱۹۹۴)، بلوم و سینما (۱۹۹۴)، سوبدی و همکاران (۱۹۹۸)، سایتا (۱۹۹۹)، در مورد اثرات دما بر رشد و نمو، فیزیولوژی، مورفولوژی و فنولوژی گیاه گندم نشان‌دهنده شروع رشد گیاه گندم از دماهای بالای ۱۰ درجه می‌باشد. لذا زمان شروع فصل رشد بر اساس گیاه گندم برابر با میانگین دمای روزانه بالای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و پایان فصل رشد متوسط دمای روزانه پایین‌تر از دمای ذکر شده در نظر گرفته شد.

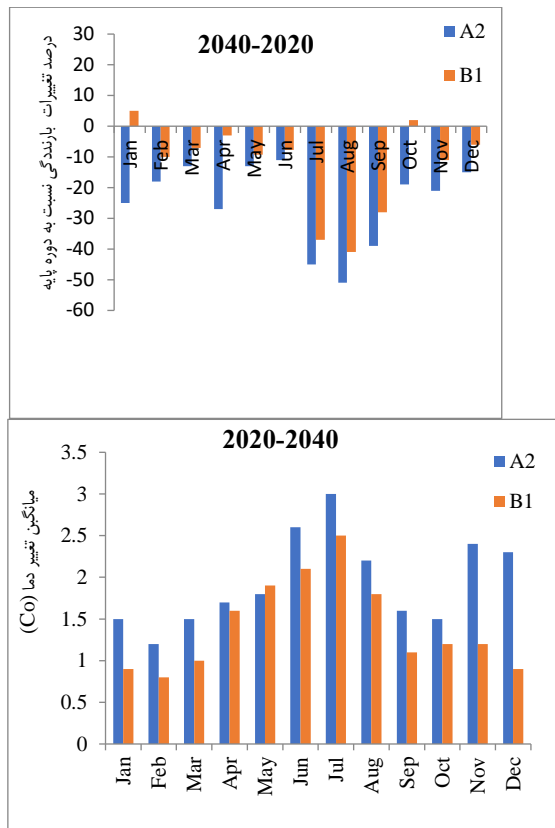
### ۳- نتایج

از آنجایی که ۲۶ متغیر پیش‌بینی‌کننده می‌توانند روابط مختلفی با پیش‌بینی شونده داشته باشند، لذا متغیری اهمیت دارد که اولاً بتواند روند قابل قبولی با داده‌های کوچک مقیاس منطقه در دوره مشاهداتی داشته و ثانياً مدل گردش عمومی، آن متغیر را به خوبی در دوره مشاهداتی شبیه‌سازی کرده باشد (صمدی و همکاران، ۱۳۸۸: ۵۹). از این رو متغیرهایی برای انجام ریزمقیاس نمایی حائز اهمیت هستند که دارای بالاترین ضریب همبستگی و پایین‌ترین مقدار واریانس خطا باشند. پس از انتخاب این متغیرها می‌توان از آنها برای ریزمقیاس کردن داده‌های دما و بارش استفاده کرد. بدین منظور بین متغیر پیش‌بینی شونده (دما و بارش) و متغیرهای پیش‌بینی‌کننده روابط همبستگی برقرار گردید که نتایج آن در جدول ۲ نشان داده شده است.

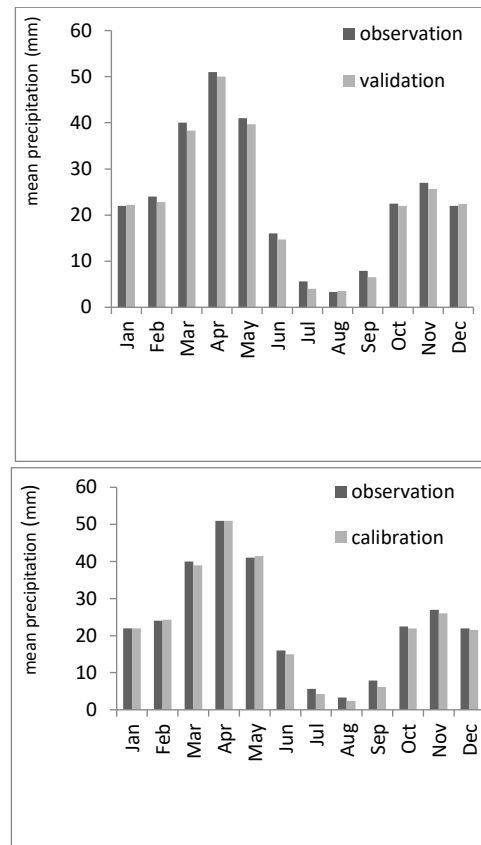
جدول ۲- نتایج مدل SDSM برای دما و بارش با استفاده از پیش‌بینی‌کننده‌های NCEP برای دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) در ایستگاه تبریز.

ایستگاه تبریز	پیش‌بینی‌کننده‌ها و ضریب همبستگی آنها			
دما	۲۶	۲۱	۵	۱
	۰/۹۶	۰/۹۰	۰/۹۲	-۰/۹۱
بارش	۲۴	۲۳	۱۲	۱
	۰/۳۰	۰/۳۲	۰/۳۵	-۰/۳۹

مطابق با جدول ۲ در مدل HadCM3، برای پارامتر دما از بین ۲۶ متغیر پیش‌بینی‌کننده، متغیرهای شماره ۱، ۵، ۲۱ و ۲۶ یعنی میانگین فشار سطح دریا (mslp)، تاوانی در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (P<sub>1000</sub>)، ارتفاع ژئوپتانسیل در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال (P850) و متوسط دما در ارتفاع ۲ متری (Temp) و برای پارامتر بارش متغیرهای شماره ۱، ۱۲، ۲۳ و ۲۴ یعنی میانگین فشار سطح دریا (mslp)، جهت جریان در ۵۰۰ هکتوپاسکال (P5th)، رطوبت نسبی یا ویژه در ۸۵۰ هکتوپاسکال (R850)، رطوبت نسبی یا ویژه در ۱۰۰۰ هکتوپاسکال (Rhum) جزو مهم‌ترین پیش‌بینی‌کننده‌های منتخب می‌باشند.



شکل (۵) تغییرات پیش بینی شده برای دما و بارش برای دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۰ نسبت به دوره پایه با استفاده از مدل HadCM3 و سناریوی A2 و B1

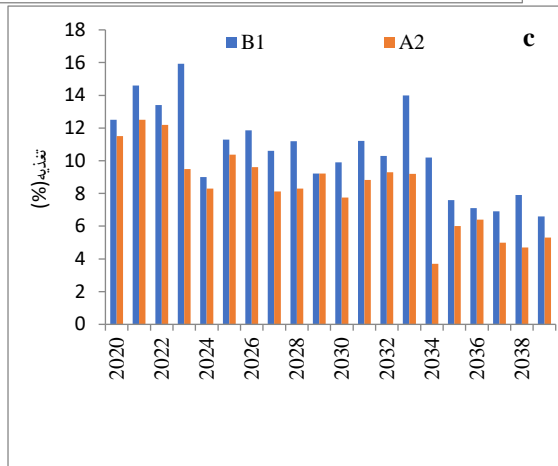
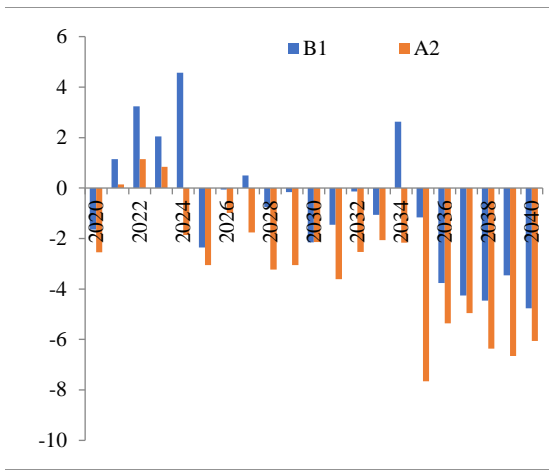


شکل ۴- مقایسه متوسط ماهانه بارش مشاهداتی و شبیه‌سازی شده با مدل HadCM3 در دوره تنظیم (۱۹۶۱-۱۹۷۵) و ارزیابی (۱۹۹۰-۱۹۷۶).

همانطور که قبلاً بیان شد به منظور تخمین میزان تغذیه در شرایط فعلی و تحت سناریوهای تغییر اقلیم در دوره‌های آتی، از مدل HELP3 استفاده گردید. این مدل یکی از مدل‌های شبیه‌سازی میزان تغذیه در ناحیه غیر اشباع خاک می‌باشد و اساس کار آن بر پایه معادله بیلان می‌باشد. شکل (۶) درصد تغییرات سالانه تبخیر و تعرق (a) رواناب (b)، و تغذیه (c) ناشی از بارش را نشان می‌دهد. مطابق شکل میزان تبخیر و تعرق از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۵ بالای ۸۰ درصد بارش و از سال ۲۰۳۶ بیش از ۹۰ درصد بارش را به خود اختصاص خواهد داد. در سناریوی A2 به دلیل افزایش بیشتر درجه حرارت درصدی از بارش که صرف تبخیر و تعرق خواهد شد به خصوص از سال ۲۰۳۶ تا ۲۰۴۰ بیشتر از سناریوی B1 می‌باشد. نتایج نشان داد که در اثر افزایش دما ناشی از تغییرات اقلیمی حجم رواناب خروجی در حوضه آبریز شیرامین نسبت به دوره پایه در هر دو سناریوی مورد مطالعه افزایش خواهد یافت به طوری که از ۱/۹۷ درصد کل بارش سالانه در دوره پایه به ۳/۸۷ درصد در سناریوی A2 و ۲/۹۸ درصد در سناریوی B1 خواهد رسید. که این امر می‌تواند به دلیل تغییر رژیم بارش در آینده رخ دهد طبق نتایج حاصل از این مطالعه، انتظار می‌رود در آینده حوضه با شرایط گرم و خشک تری به خصوص در ماه‌های سرد سال مواجه شده و در نتیجه احتمال وقوع بارشهای کوتاه مدت با شدت زیاد افزایش یابد. از آنجایی که وقوع چنین بارشهایی باعث کاهش نفوذپذیری خاک می‌شود، در این شرایط رواناب سطحی افزایش خواهد یافت. در مطالعه لی و همکاران (۲۰۱۳) نیز افزایش رواناب سالانه برای زیر حوضه‌های مورد مطالعه پیش‌بینی شده است. مطابق شکل (c) در طول دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۰ حداکثر تغذیه سالانه در سناریوهای A2 و B1 به

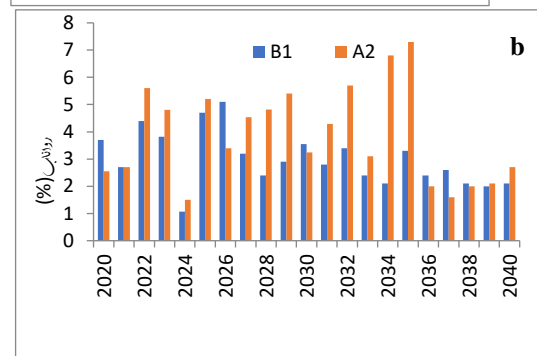
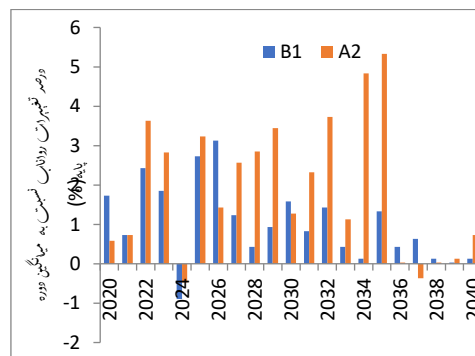
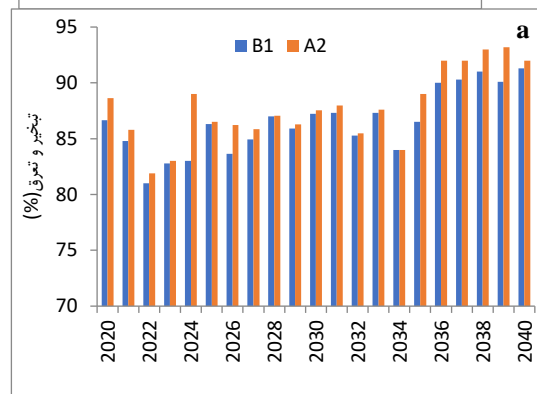
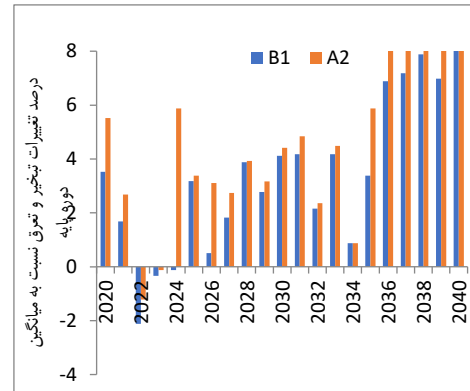
پس از تنظیم و ارزیابی نحوه عملکرد مدل، تغییرات دما و بارش برای دوره‌ی ۲۰۲۰-۲۰۴۰ شبیه‌سازی شد. مطابق با شبیه‌سازی مدل HadCM3 طی دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۰ در هر دو سناریو میانگین دمای ماهانه در تمام ماه‌های سال در منطقه مورد مطالعه افزایش خواهد یافت. بیشترین میزان گرمایش در نمایه متوسط دما برای سناریوهای A2 و B1 مربوط به ماه جولای و به ترتیب به میزان ۳ و ۲/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. افزایش دما در ماههای گرم سال بیشتر از ماه‌های سرد می‌باشد. هر چند تغییر در مقدار بارش ماهانه مورد اشاره در شکل ۵ برای فصل تابستان خیلی زیاد است ولی چون بارش در تابستان سهم کمی از کل بارش سالانه را دارد لذا در کل تاثیر کمی خواهد داشت. نکته قابل توجه این است که بارش در سناریوی A2 برای دوره مطالعاتی نسبت به دوره پایه در تمامی ماه‌ها کاهش می‌باشد در حالی که در سناریوی B1 بارش در دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۰ برای ماههای ژانویه و اکتبر افزایشی است (شکل ۵). یافته‌های این تحقیق درباره تغییرات دما و بارش با نتایج تحقیق عباسپور و همکاران (۲۰۰۹)، مطالعه قلی پور و سلطانی (۱۳۸۴)، زرغامی و همکاران (۱۳۹۰) و عساکره و اکبرزاده (۱۳۹۶) که تغییر اقلیم را در ایستگاه تبریز مطالعه کرده‌اند سازگار است. لازم به ذکر است که کاهش بارش در ماه‌های گرم سال بالاتر از ماه‌های سرد سال خواهد بود. افزایش درجه حرارت در فصل تابستان نسبت به سایر فصول سال از رشد بالاتری برخوردار است و در ماه جولای به حداکثر مقدار خود می‌رسد.

ترتیب ۱۲/۵ و ۱۵/۹۳ درصد و حداقل تغذیه برای سناریوی A2 معادل ۳/۷ و برای سناریوی B1 معادل ۶/۶ درصد کل بارش سالانه می‌باشد. از سال ۲۰۳۶ تا ۲۰۴۰ به موازات افزایش چشمگیر تبخیر و تعرق به بالای ۹۰ درصد بارش میزان رواناب و تغذیه به شدت کاهش خواهد یافت.

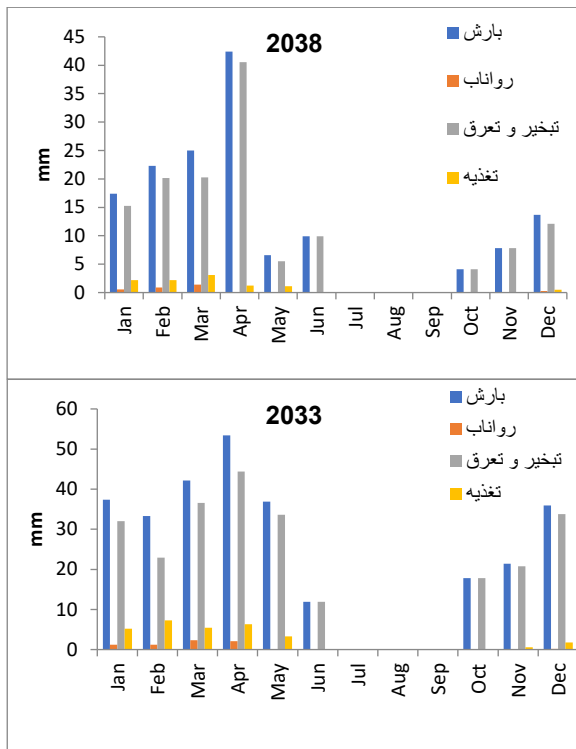


شکل ۶- اجزاء موازنه آبی بر اساس درصد از بارندگی برای سالهای ۲۰۲۰-۲۰۴۰ تحت سناریوهای A2 و B1

تحت سناریوی A2 در طول دوره مطالعاتی ۲۰۲۰-۲۰۴۰، سال ۲۰۳۸ به عنوان کم بارش‌ترین و سال ۲۰۲۷ به عنوان پر بارش‌ترین سال در بین سال‌های مورد پیش‌بینی می‌باشد (شکل ۷). در سال ۲۰۲۷ در کنار افزایش درجه حرارت به دلیل ذوب یخ و برف موجود در خاک بیشترین مقدار تبخیر و تعرق در فصل بهار واقع شده است. فصل تابستان علی‌رغم دمای بالا به دلیل بارش خیلی ناچیز حداقل تبخیر و تعرق را خواهد داشت. می‌توان گفت در حوضه آبریز شیرامین تبخیر از خاک و تعرق از گیاه همواره وجود دارد، که در صورت وجود آب در سیستم مقدار آن بیشتر خواهد بود. در سال ۲۰۳۸ میزان رواناب تولیدی ناشی از بارش تنها به فصل زمستان محدود می‌شود و در بقیه ماه‌های سال میزان رواناب تولیدی برابر صفر می‌باشد. مقدار رواناب تولید شده در سال ۲۰۲۷ حدوداً ۱۰/۷ میلی‌متر بوده که ۸/۲۲ میلی‌متر نسبت به سال ۲۰۳۸ بالاتر می‌باشد. اختلاف موجود بین مقادیر تغذیه در دو سال ۲۰۲۷ و ۲۰۳۸ نشان‌دهنده ارتباط مستقیم بارش را با این فاکتور نشان می‌دهد به طوری که میزان تغذیه در سال ۲۰۲۷ حدود ۱۵/۸۲ میلیمتر بیشتر از سال ۲۰۳۸ می‌باشد.



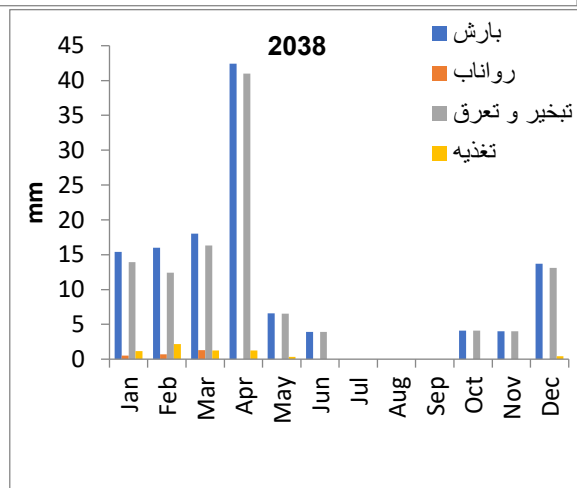
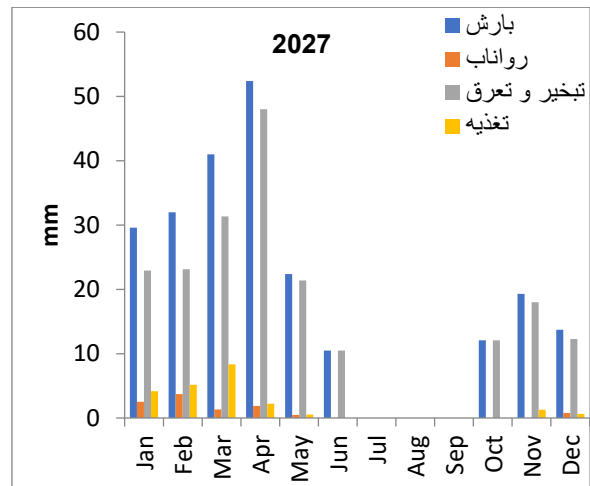




شکل (۸) برآورد بارش، تبخیر، رواناب و تغذیه ناشی از بارش برای کم و پر بارش ترین سال های دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۰ تحت سناریوی B1

#### برآورد تغذیه در حوضه آبریز شیرامین طی دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۰

شکل ۹ تغییرات مکانی تغذیه آب زیرزمینی را برای دوره پایه و سناریوهای B1 و A2 بین سال های ۲۰۲۰-۲۰۴۰ نشان می دهد. برای دوره پایه حداقل تغذیه از ۱۲ میلی متر تا حداکثر ۵۷ میلی متر در نوسان می باشد. مناطق حداکثر تغذیه به صورت نعل اسبی در نیمه شرقی حوضه واقع شده است. در صورتی که هر چه به مرکز و غرب حوضه نزدیک تر می شویم، میزان تغذیه ناشی از بارش کاهش می یابد. در هر دو سناریوی مورد بررسی از نظر مکانی تغییرات تغذیه برای دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۰ مانند دوره پایه می باشد، اما از نظر کمیت، میزان تغذیه در هر دو سناریوی مورد بررسی تحت تاثیر تغییر اقلیم کاهش خواهد یافت. در سناریوی A2 به دلیل کاهش بارش و افزایش دمای بالاتر، تغذیه ناشی از بارش کمتر از سناریوی B1 اتفاق خواهد افتاد. همچنین در این سناریو اختلاف بین حداقل و حداکثر تغذیه سالانه ۴۵ میلی متر می باشد. تغذیه سالانه ۳۰ الی ۴۰ میلی متر بیشترین مساحت از کل مساحت حوضه آبریز شیرامین و تغذیه سالانه ۵۰-۴۵ و ۱۰-۵ کمترین مساحت حوضه (۱۱/۱۸) کیلومتر مربع) را به خود اختصاص داده است. با توجه به اینکه نیمه شرقی حوضه در کنار داشتن ارتفاع بیشتر، دارای رسوبات درشت دانه تری (شن و گراول) نسبت به نیمه غربی حوضه می باشد، لذا در هر دو سناریوی مورد بررسی این منطقه دارای تغذیه آب زیرزمینی بالاتری بین سال های ۲۰۲۰-۲۰۴۰ خواهد بود. در آینده ناحیه غربی منطقه مورد مطالعه تغذیه کمتری نسبت به سایر قسمتهای حوضه خواهد داشت. دلیل این امر تاثیر توامان عوامل زمین شناسی و اقلیمی خواهد بود؛ چرا که در کنار افزایش دما، افزایش توان تبخیر و کاهش بارش عامل ریزدانه بودن رسوبات در کاهش تغذیه این منطقه نقش موثری خواهد داشت. در سناریوهای مورد بررسی بیشترین درصد تغذیه به چاه های مشاهده ای پیرچوپان، کنار مسیل شیرامین، جاده قدیم عجب شیر، جنوب روستای داشکسن و تقاطع جاده

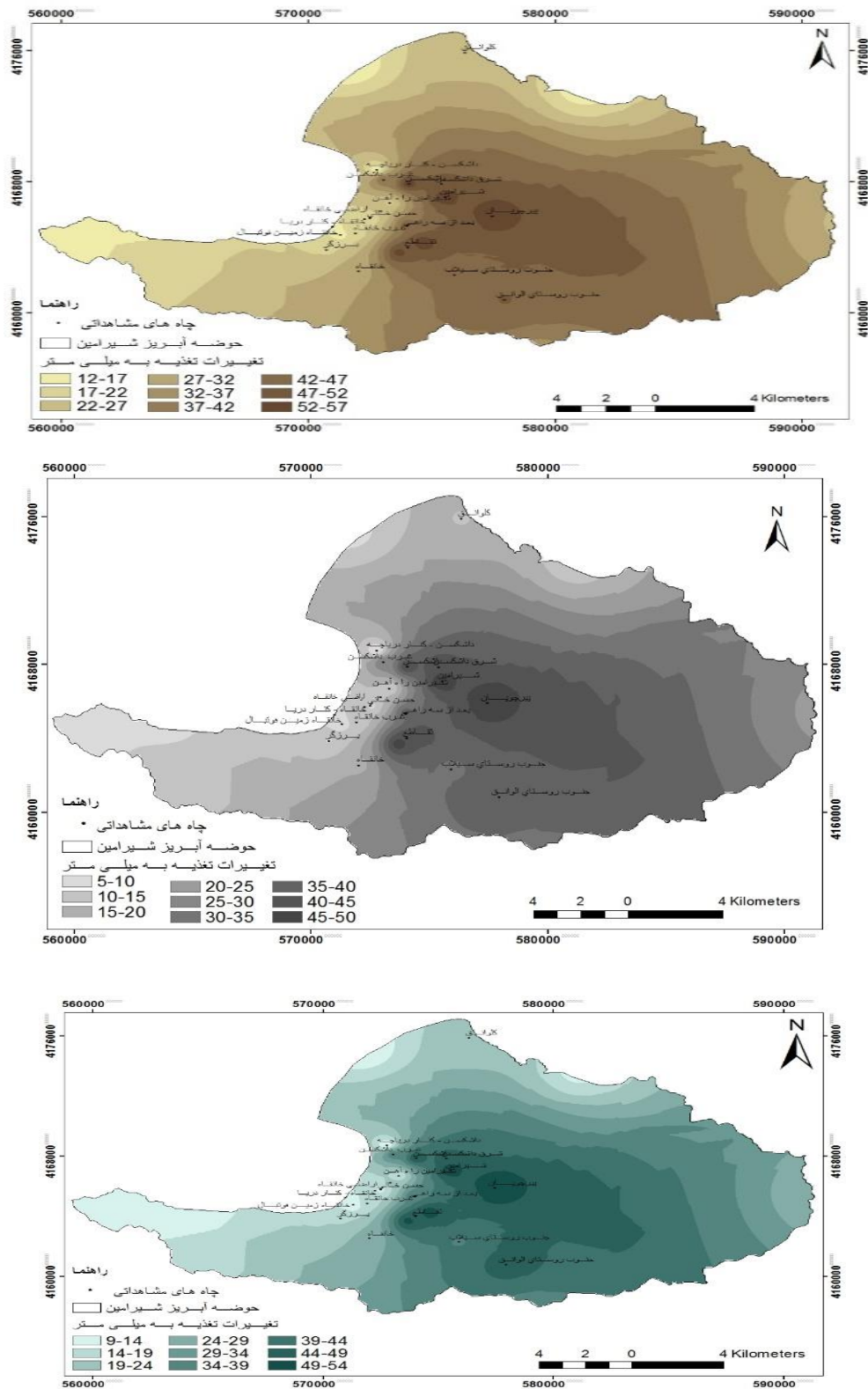


شکل ۷- برآورد بارش، تبخیر، رواناب و تغذیه ناشی از بارش برای کم و پر بارش ترین سال های سناریوی A2 برای دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۰

تحت سناریوی B1 سال ۲۰۲۸ خشک ترین و سال ۲۰۳۳ مرطوب ترین سال از نظر بارشی خواهد بود (شکل ۸). در سناریوی B1 مقدار رواناب تولیدی در سال خشک اختلاف چندانی با سال خشک سناریوی A2 نشان نمی دهد اما در سال ۲۰۳۳ که مرطوبترین سال سناریوی B1 است میزان رواناب تولیدی کمتر از سال ۲۰۲۷ سناریوی A2 می باشد. میزان تغذیه و تبخیر و تعرق در هر دو وضعیت کم و پر بارشی تحت سناریوی B1 بیشتر از سناریوی A2 می باشد. بررسی فصلی تغذیه، رواناب و تبخیر و تعرق در خشک ترین و مرطوب ترین سال های هر دو سناریو نشان دهنده این است که در منطقه مورد مطالعه ماکزیمم تغذیه آب زیرزمینی در بازه زمانی بسیار کوتاه و آنهم در فصل زمستان به دلیل وجود آب بیشتر در سیستم و زیاد فعال نبودن عوامل تبخیر و تعرق صورت خواهد گرفت. رواناب به دلیل افزایش دما در فصل زمستان و همچنین تغییر شکل بارش به باران که باعث نداشتن برف یخ زده روی زمین می گردد، در فصل بهار نسبت به فصل زمستان کاهش خواهد یافت. در ماه های تابستان به علت نبودن بارش، رواناب و تغذیه ناشی از بارش نسبت به دوره پایه تغییری نخواهد کرد و مقدار آنها صفر خواهد بود.



سیلاب و داشکسن و پایین‌ترین درصد تغذیه به چاه‌های مشاهده‌ای داشکسن کنار دریاچه، خانقاه کنار دریا، داوود حسن‌خانی، خانقاه کنار زمین فوتبال و شیرامین-راه‌آهن تعلق دارد.



شکل ۹- تغییرات سالانه تغذیه آب زیرزمینی برای دوره پایه (a)، سناریوی B1 (b) و A2 (c) در حوضه آبریز شیرامین

#### ۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از سناریوهای مورد استفاده در حوضه آبخیز شیرامین بیانگر این است که این حوضه به سمت اقلیمی با بارش کمتر و دمای بیشتر پیش می‌رود. نتایج این قسمت از مطالعه با کار بابائیان و همکاران

هدف پژوهش حاضر، پیش‌بینی تغییرات دما و بارش با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری مدل‌های گردش عمومی جو و در ادامه پیش‌بینی تغییرات مکانی و زمانی تغذیه برای آینده نزدیک می‌باشد. به طور کلی،

عطایی (۱۳۹۰) نوسانات بارش و تبخیر را در نوسانات تراز آبخوان دهگلان مهم معرفی نموده است. حاجی مرادی و گندمکار (۱۳۹۰) در بررسی افت سطح ایستابی آبخوان دشت لنجان اصفهان نشان دادند که افت سطح ایستابی، در نتیجه کاهش میزان تغذیه ناشی از بارش‌های جوی و منابع سطحی و همچنین به طور غیر مستقیم، از طریق افزایش دما و تبخیر و تعرق رخ می‌دهد. با توجه به تغییرات مورد انتظار در وضعیت دمایی و بارشی حوضه آبریز شیرامین، احتمالاً در آینده بیشتر شاهد بارش‌های کوتاه مدت با شدت زیاد در این حوضه خواهیم بود که باعث کاهش نفوذپذیری و ایجاد رواناب، سیلاب و شسته شدن خاک‌های حاصلخیز بیشتر می‌گردد. به همین دلیل باید اقدامات مدیریتی صحیح در این حوضه با در نظر گرفتن اثرات تغییر اقلیم انجام گیرد و راهکارهای مناسبی برای ذخیره و استفاده از رواناب سطحی به عنوان منبعی برای تغذیه سفره آب زیرزمینی و تأمین بخشی از نیازهای آبی ارائه گردد. افزایش تبخیر و تعرق، کاهش بارش و افزایش کمبود بارندگی در دوره مطالعاتی، موجب کاهش منابع آب سطحی و زیرزمینی، خواهد شد. لذا توصیه میشود، مسئولان و مدیران طرح‌های منابع آب، کشاورزی و محیط زیست، به منظور کاهش خسارات، تصمیمات خود را در راستای سازگاری با شرایط اقلیمی آینده اتخاذ نمایند.

(۱۳۸۸) تطابق دارد. ایشان نیز با بررسی تغییر اقلیم بر روی ۴۳ ایستگاه سینوپتیک کشور برای دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ به این نتیجه دست یافتند که بارش در اکثر ایستگاه‌ها کاهش و دما افزایش خواهد یافت. تحقیق رحیم‌زاده و هدایت دزفولی (۱۳۹۰) نیز تشدید گرمایش و کاهش بارش به همراه نوسانات شدید بارش و مقادیر حدی دما در استان هرمزگان و تحقیق محمدی و تقوی (۱۳۸۴) افزایش فراوانی نمایه‌های حدی گرم و کاهش شاخص‌های حدی سرد در شهر تهران را تایید نموده است. عساکره (۱۳۸۹) روند کاهشی معنی‌دار در بارش فرین زنجان و ورشاپیان و همکاران (۱۳۹۰) روند افزایشی معنی‌دار در مقادیر دمای حداقل و حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران را تایید کردند. نتایج بررسی تغییر اقلیم بر روی تغذیه آب زیرزمینی نشان داد که اثرات کاهش بارش و افزایش دما بر روی میزان تغذیه آب زیرزمینی بسیار حائز اهمیت می‌باشد. به طوری که میزان تغذیه تحت تاثیر تغییر اقلیم در حوضه آبریز شیرامین کاهش چشمگیری خواهد داشت. به تبع افزایش دما، کاهش بارش و تغذیه، میزان تراز آب زیر زمینی در حوضه آبریز شیرامین نزولی خواهد بود؛ اما میزان کاهش تغذیه تحت تاثیر تغییر اقلیم از نظر مکانی در حوضه شیرامین یکسان نخواهد بود به طوری که کاهش تغذیه در نیمه غربی حوضه بیشتر خواهد بود. حبیب‌زاده (۱۳۹۰) در بررسی خشکسالی و اثرات آن در افت آب‌های زیرزمینی منطقه تسوج، کاهش بارش و برداشت بی‌رویه را از جمله عوامل افت تراز آن در این منطقه معرفی نموده است.

## منابع و ماخذ

- بابائیان، ایمان، نجفی‌نیک، زهرا، زابل عباسی، فاطمه، حبیبی نوخندان، مجید، ادب، حامد، ملبوسی، فاطمه. ۱۳۸۸. ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره‌ی ۲۰۱۰-۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G. جغرافیا و توسعه، شماره ۱۶. صص ۱۵۱-۱۳۵.
- حبیب‌زاده، احد، مجیدی، علیرضا، مصطفایی، اباذر. ۱۳۹۰. خشکسالی و اثرات آن در افت آب‌های زیرزمینی، مطالعه موردی: منطقه تسوج در شمال دریاچه ارومیه. اولین کنفرانس ملی خشکسالی و تغییر اقلیم، مرکز تحقیقات کم‌آبی و خشکسالی در کشاورزی و منابع طبیعی، کرج.
- حاج‌مرادی، الهام، گندمکار، امیر. ۱۳۹۰. بررسی نوسانات اقلیمی بر افت و خیز سطح ایستابی آبخوان دشت لنجان اصفهان. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران.
- رحیم‌زاده، فاطمه، هدایت دزفولی، اکرم، پوراصغریان، آرزو. ۱۳۹۰. ارزیابی روند و جهش نمایه‌های حدی دما و بارش در استان هرمزگان. جغرافیا و توسعه، شماره ۲۱: ۹۷-۱۱۶.
- صمدی، سیده زهرا؛ علیرضا مساح بوانی؛ مهدوی، محمد. ۱۳۸۸. انتخاب متغیر پیش‌بینی کننده به منظور کوچک مقیاس کردن آماری داده های دما و بارندگی در حوضه آبخیز کرخه. پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران (مدیریت پایدار بلایای طبیعی). ۲ و ۳ اردیبهشت ۱۳۸۸، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- ضرغامی، مهدی، حسن زاده، یوسف، کنعانی، رضا، عبدی، امین. ۱۳۹۰. مطالعه تغییر اقلیم و اثرات آن بر رواناب حوضه‌های آبریز منتخب استان آذربایجان شرقی. طرح تحقیقاتی شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی.
- عزیز، قاسم. ۱۳۸۲. ارتباط خشکسالی‌های اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین. پژوهش‌های جغرافیایی، دوره سی و پنجم، شماره ۳: ۱۴۳-۱۳۱.
- عساکره، حسین. ۱۳۸۹. تحلیل تغییرات بارش‌های فرین زنجان. پژوهش‌های اقلیم‌شناسی. سال اول، شماره ۱ و ۲: ۱۰۰-۸۹.
- عساکره حسین، اکبرزاده یونس، ۱۳۹۶، شبیه سازی تغییرات دما و بارش ایستگاه سینوپتیک تبریز طی دوره ۲۰۱۰-۲۱۰۰ با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری SDSM و خروجی CanESM2، جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲۱.
- علیرزاده، امین. ۱۳۸۷. اصول زهکشی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- عساکره، حسین. ۱۳۸۶. تغییر اقلیم. انتشارات دانشگاه زنجان، ۲۸۱ ص.
- عطایی، هوشمند، قادری، ناصح، قادرزاده، حامد. ۱۳۹۲. بررسی رابطه بین نوسانات اقلیمی با تراز آبخانه دهگلان. نشریه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۶، شماره ۱۰۳: ۲۰۸-۱۸۷.

- قلی پور، منوچهر، سلطانی، افشین، ۱۳۸۴، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر خصوصیات رشدی و عملکرد دانه گندم زمستانی در شرایط دیم و فاریاب تبریز با استفاده از شبیه سازی، نشریه دانش کشاورزی، دوره ۱۵، شماره ۳، صص ۱۶۳-۱۷۶.
- مطالعات پایه منابع آب. ۱۳۸۲. گزارش توجیهی برای تمدید ممنوعیت دشت شیرامین.
- مطالعات پایه منابع آب. ۱۳۷۳. گزارش حفاری‌های پیژومتری دشت شیرامین.
- محمدی، حسین؛ نقوی، فرحناز. ۱۳۸۴. روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران. پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۳: ۱۷۲-۱۵۲.
- ورشاپویان، وحید؛ خلیلی، علی؛ قهرمان، نوذر؛ حجام، سهراب. ۱۳۹۰. بررسی روند تغییرات مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه در چند نمونه اقلیمی ایران. فیزیک زمین و فضا. دوره ۳۷، شماره ۱: ۱۶۹-۱۷۹.
- Allen, D.M., Toews, M.W. 2009. Evaluating different GCMs for predicting spatial recharge in an irrigated arid region. *Journal of Hydrology* 374: 265-281.
- Beigi, E. Tsai, F. 2014. GIS-Based water budget framework for High-Resolution Groundwater Recharge Estimation of Large-Scale Humid Regions, *Journal of Hydrology Engineering* 19(8), 05014004.
- Blum, A. Sinmina, B. 1994. Wheat seed endosperm utilization under heat stress and its relation to thermotolerance in the autotrophic plant. *Field Crop Rrs* 37: 185-191.
- Canadell, J., Jakson, R.B., Ehleniger, J.R., Mooney, H.A., Sala, O.E., Schulze, E.D. 1996. Maximum rooting depth of vegetation type at the global scale, *Oecologia*, 108: 583-595.
- Ertürk, A., Ekdal, A., Gürel, M., Karakaya, N., Guzel, C., Gönenç, E. 2016. Evaluating the impact of climate change on groundwater resources in a small Mediterranean watershed, *Sci Total Environ* 499: 437-47; doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.07.001.
- Gordon, C., Cooper. C., Senior. C. A., Banks. H.T., Gregory. J. M., Johns. T. C., Mitchell. J. F. B. and 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. *Clim. Dyn.*, 16, 147-168.
- House, A., Acreman, M., Sorensen, J., Thompson, J. 2017. Hydroecological impacts of climate change modelled for a lowland UK wetland. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 17, EGU2015-4671.
- 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. [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp.
- Jyrkama, M.I., Sykes, J.F. 2008. The impact of climate change on spatially varying groundwater recharge in the Grand River watershed (Ontario). *Journal of Hydrology* 338: 237-250.
- Jyrkama, M.I., Sykes, J.F. 2007. The Impact of Climate Change on Groundwater. *The Handbook of Groundwater Engineering*, Chapter 28.
- Jakson C., Sen M. 2009. Stochaastic Representation of Parameter Uncertainties Within Model Prediction of Future Climate, Institute of Geophysics, University of Texas at Austin.
- Laursen, E. V.; Cappelen, J. 1998. Observed hours of bright sunshine in Denmark with climatological standard normals, 1961-90. Danish Meteorological Institute, Technical Report 98-4.
- Luoma, S., Okkonen, J. 2014. Impacts of Future Climate Change and Baltic Sea Level Rise on Groundwater Recharge, Groundwater Levels, and Surface Leakage in the Hanko Aquifer in Southern Finland. *Water* 6: 3671-3700. doi:10.3390/w6123671.
- Pope, V., Gallani. M. L., Rowntree. P. R. and Stratton. R. A. 2000. The impact of new physical parameterizations in the Hadley Centre climate model: HadAM3. *Clim. Dyn.*, 16, 123-146.
- Scibek, J., Allen, D.M., Cannon, A., Whitfied, P.H. 2007. Grounwater-surface water interaction under scenarios of climate change using a high-resolution transient groundwater model. *Journal of Hydrology* 333: 165-181.
- Saatloo1, S., Siosemarde, M., Hosseini1, A., Rezaei, H. 2020. Variability assessment of simulated recharge resulted from precipitation using different GCMs, case study: west shore of Lake Urmia, Iran. *Arabian Journal of Geosciences* .

- Schroeder, P.R., Gibson, A. C., Smolen, M. D. 1984. The hydrologic evaluation of landfill performance (HELP) model, volume II, documentation for version 1," Technical Resource Document EPA/530-SW-84-010, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH. 256 pp.
- Subedi, K.D. 1998. Cold temperature and boron deficiency caused grain set failure in spring wheat. *Field. Crops. Rrs.* 57: 277-288.
- Wilkinson, W. B., Cooper, D. M. 1993. The response of idealised aquifer/river systems to climate change. *Hydrol. Sci. J.* 38(5): 379-390.
- Wilby, R.L., Charles, S.P., Zorita, E., Timbal, B., Whetton, P., Mearns, L.O. 2004. Guidelines for use of climate scenarios developed from statistical downscaling methods. available from the DDC of IPCC TGCIA, 27 PP.
- Zhang, Y. 1994. Numerical experiments for the impacts of temperature and precipitation on the growth and development of winter wheat. *Journal of Environmental science* 5: 194-200.

## Assessment of the effect of climate change on recharge resulted from precipitation in the Shiramin basin

Dr. Batol zeynali.<sup>1\*</sup> Tahereh Jalali Ansarudi<sup>2</sup>, Homaera Mostafavi<sup>3</sup>

\*1- Professor of Climatology, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

2- P.H.D in climatology, university of Tabriz

4- Masters Student, Remote Sensing and GIS, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

\*Email Address: zeynali.b@uma.ac.ir

### Abstract

#### Introduction

Increases of CO<sub>2</sub> concentrations and other greenhouse gases will have a significant effect on global climate which in turn influence recharge to the aquifer. Groundwater recharge plays a vital role in replenishing aquifers, which impacts groundwater resources availability. A large amount of water needed in different parts of arid and semi-arid areas is provided through groundwater resources. Understanding the process of groundwater recharge is fundamental to the management of groundwater resources. The quantity and quality of water resources have been reduced by unprotected exploitation in the recent decades. In addition, climate change and global warming will increase the severity of problem. Therefore, predicting the effects of climate change on groundwater recharge play an important role in the future management of these resources. While climate change affects surface water resources directly through changes in the major long-term climate variables such as air temperature, precipitation, and evapotranspiration, the relationship between the changing climate variables and groundwater is more complicated and difficult to quantify. In this paper, the climate of Shiramin basin in Iran is studied with respect to changes in the precipitation and temperature data. As another aim of this study, we use the Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) to simulate the recharge, runoff and evapotranspiration in Shiramin aquifer.

#### Materials and methods

The Shiramin basin is located in the northwest region of Iran. This basin is a sub basin of the Urmia lake basin. The study is based on the data from Tabriz station, and a statistical weather generating tool, SDSM is used to downscale the climate change based on the HADCM3 model under A2 and B1 scenarios. To evaluate the performance of different models and to draw a comparison, were used evaluation indices including standard Error (SE) and Root mean square error (RMSE). In this study, the physically based hydrologic model HELP3 is used to estimate regional groundwater recharge via a water budget approach. Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) computer program is a quasi-two-dimensional hydrologic model of water movement across, into, through and out of landfills. HELP3 requires various climatic, soil, and design data to generate daily estimates of water movement through a soil column. In general, HELP3 simulates all of the important processes in the hydrologic cycle including surface runoff, evapotranspiration, vegetative growth, soil moisture storage, and vertical unsaturated drainage for each discrete layer soil column. Darcy's law models the vertical water movement for each soil layer using unsaturated hydraulic conductivity computed by Campbell hydraulic equation along with Brooks-Corey parameters. Daily infiltration is determined indirectly from a surface water balance by assuming that infiltration is equal to the sum of rainfall and snowmelt, minus the sum of runoff, surface storage, surface evaporation, and plant transpiration. Vertical percolation leaving the bottom of the deepest model layer is assumed to reach water table and eventually become groundwater recharge.

#### Results and discussion

According to the simulation of the HadCM3 model under the A2 and B1 scenarios during the simulated period, the average monthly temperature in all months will increase in the study area. In both scenarios, maximum increase in average temperature and maximum decrease in precipitation respectively will occur in July and August compared to the base period. The highest percentage of precipitation in the Shiramin basin will be consumed for evapotranspiration due to global warming. The highest percentage of evapotranspiration for A2 and B1 will be occur respectively in 2039 and 2040 years. In other words, in forecast years over 80% of the precipitation will evaporate. In A2 scenario year of 2038, with minimum average annual precipitation and year of 2027 with maximum average annual precipitation are

respectively as the driest and wettest years in terms of rainfall. Despite more precipitation in year of 2027, large amount of precipitation will be consumed for evaporation. Warmer winter temperatures will reduce the extent of ground frost and shift the spring melt from spring toward winter, therefore in both 2027 and 2037 years the maximum runoff and recharge will occur in winter. Under B1 scenario, 2038 will be the driest and 2033 the wettest in terms of precipitation. Recharge and evapotranspiration rate in both low and high precipitation conditions under B1 scenario is higher than A2 scenario. Study of seasonal recharge indicates that in the study area, the maximum groundwater recharge will be done in a very short period of time and in winter due to the existence of more water in the system and the inactivity of evapotranspiration. In the summer months, due to the lack of precipitation, runoff and groundwater recharge will not change compared to the base period and their amount will be zero.

### **Conclusion**

Groundwater recharge is a fundamental component in the water balance of any watershed. However, because it is nearly impossible to measure recharge, and in some cases, base flow has been used as an approximation of recharge. In this research, the global atmospheric circulation model, HadCm3, under A2 and B1 scenarios were used to study the effect of climate change on evapotranspiration, runoff, and recharge via precipitation in Shiramin basin for period 2020-2040. SDSM model used for downscaling. The result of downscaling model showed that under both scenarios, in the study area, the average annual temperature will increase and average annual precipitation will decrease compared to the base period. The HELP model was used to simulate the amount of recharge, runoff and evapotranspiration in the future. The results showed that due to increase temperature, significant amounts of precipitation would be evaporated. In addition to reducing precipitation and increasing temperature, hydraulic properties and soil moisture play an important role in recharge. During the period of 2040-2020, the maximum annual recharge in A2 and B1 scenarios are respectively 12.5 and 15.93 percent of the total annual precipitation. Minimum recharge for A2 scenario is 3.7 and for B1 scenario is equal to 6.6 percent of the total annual precipitation. The results of this study could advise designers and managers of this region to take suitable actions in securing the water supply.

### **Keywords**

Groundwater recharge, Runoff, HELP3 model, Spring melting, Shiramin basin.