

بررسی سناریوهای تخصیص بهینه آب رودخانه بار نیشابور با استفاده

از مدل WEAP تحت سناریوی اقلیمی A2

قاسم قندهاری^۱ - جابر سلطانی^{۲*} - محسن حمیدیان پور^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۷

چکیده

رشد سریع جمعیت و متناسب با آن افزایش نیاز آبی اعم از مصارف شرب، صنعت، کشاورزی و توسعه شهریو محدودیت‌های موجود ضرورت برنامه‌ریزی در جهت استفاده از این منبع حیات بخش را بیش از پیش ایجاب می‌نماید. در این تحقیق از خروجی‌های مدل گردش عمومی جو (HadCM3) و مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM جهت بررسی تغییرات بارندگی و دما تحت سناریوی اقلیمی A2 در حوضه رودخانه بار نیشابور و اثر این تغییرات بر آورد رودخانه بار استفاده شده است. در نهایت وضعیت منابع آب حوضه در سه بخش کشاورزی، صنعت و شرب با استفاده از مدل WEAP در شرایط تغییر اقلیم در دوره‌ی ۲۰۱۱-۲۰۴۰ میلادی و تحت سناریوهای افزایش سطح زیرکشت، پیشرفت صنعتی و افزایش جمعیت ارزیابی شد. نتایج نشان دهنده افزایش دما در ایستگاه اریه به اندازه ۰/۰۳ سلسیوس و کاهش بارندگی ۳/۹ و ۸/۷۵ درصد به ترتیب در ایستگاه‌های اریه و طاغان می‌باشد. تحت این شرایط شاهد افزایش نیاز آبی در بخش کشاورزی و صنعت، به طوری که بیشترین درصد کمبود آب در بخش کشاورزی (۱۲ درصد)، سپس در بخش صنعت (۲ درصد) می‌باشد و در نهایت در بخش نیاز شرب با کمبود مواجه خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، رشد جمعیت، ریزمقیاس‌نمایی، کمبود آب، مدل گردش عمومی جو.

مقدمه

به عدم ایستایی اطلاعات هیدرولوژیکی شده است (۱۴). در زمینه اثر تغییرات اقلیم بر منابع آب تحقیقات گسترده‌ای در سرتاسر جهان و از جمله ایران انجام شده است، که می‌توان به تحقیقات زیر اشاره کرد: لالا و همکاران (۶) به بررسی رویکردهای یکپارچه برای ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی و اجتماعی و اقتصادی روی منابع آب زیرزمینی در مراکش پرداختند. آن‌ها نشان دادند با وجود شرایط زیست محیطی بسیار شکننده و کمبود شدید آب، این حوضه از تغییرات و اثرات شدید اقلیمی روی منابع آب رنج می‌برد که در آن وجود مدیریت منابع آب حیاتی است. همچنین نتایج نشان می‌دهد برخی پارامترهای آب‌های زیر زمینی که در معرض آلودگی انسانی هستند از مقادیر آستانه فراتر رفته است، از سوی دیگر تغییرات اقلیمی به وضوح دارای پیامدهای جدی برای مدیریت آب در این حوضه است که نشان می‌دهد آب‌های زیرزمینی تحت تأثیر پدیده تغییرات اقلیم است. ویچالاین (۹) اثرات تغییر اقلیم بر هیدرولوژی و منابع آب حوضه ویوسکی در شرق فنلاند را مورد تحقیق قرار دادند و از یک مدل مفهومی و ۱۴ سناریوی تغییر اقلیم به منظور شبیه‌سازی اثرات آن بر سه دریاچه حوضه در دوره‌های ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ استفاده نمودند. نتایج

موضوع مدیریت منابع آب در کشورهای در حال توسعه یک پدیده پیچیده است که ناشی از عوامل مختلف اقتصادی-اجتماعی-فرهنگی و سیاسی می‌باشد. عواملی چون رشد فزاینده جمعیت و تقاضای سایر بخش‌های توسعه و محدودیت منابع آب شیرین، مدیریت بهینه منابع آب را در این کشورها با تنگناها و مشکلات جدی روبرو می‌سازد. علاوه بر آن تغییر اقلیم جهانی بر پیچیدگی و حساسیت موضوع افزوده است (۱۳). در دهه‌های اخیر، تغییر اقلیم در بسیاری از نقاط جهان آثار خود را به جای گذاشته و انتظار می‌رود در دهه‌های آینده نیز، اثرات این تغییرات تشدید شود. متأسفانه کشور ایران نیز از این تغییرات بزرگ مقیاس مستثنی نبوده و اثرات آن در بسیاری از حوضه‌های آبریز کشور مشاهده شده بطوری که اثرات آن گاهی منجر

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشکده آب و خاک دانشگاه زابل

۲- استادیار گروه مهندسی آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
(Email: jsoltani@ut.ac.ir) * نویسنده مسئول:

۳- استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه سیستان و بلوچستان، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی

متوسط بارندگی سالانه آن حدود ۳۹۸ میلی‌متر است. متوسط دمای سالانه این حوضه حدود ۱۲ درجه سانتی‌گراد برآورد گردیده است. اقلیم این منطقه در طبقه‌بندی‌های مختلف اقلیمی (نظیر: کوپن، دومارتن و آمبرژه) نیمه‌خشک سرد محسوب می‌شود (شکل ۱). در حوضه‌ی مورد مطالعه دو ایستگاه آسنجی اریه و طاغان بر روی حوضه آبریز رودخانه بار وجود دارند. مشخصات این ایستگاه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است (۱).

مدل‌های GCM^۴ و ریزمقیاس‌نمایی

معتبرترین ابزار جهت تولید سناریوهای اقلیمی، مدل‌های AOGCM^۵ می‌باشند (۱۰). این مدل‌ها بر پایه قوانین فیزیکی که به وسیله روابط ریاضی ارائه می‌شوند، استوار هستند. در این پژوهش از خروجی مدل HadCM3 استفاده شده است و به منظور ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل مذکور از روش ریزمقیاس‌نمایی آماری و از مدل SDSM برای بررسی تغییرات دما و بارش در دو ایستگاه اریه و طاغان استفاده شده است. در مدل SDSM ساخت داده‌های هواشناسی با استفاده از ترکیب دو روش احتمالاتی و رگرسیونی صورت می‌گیرد. در طی فرآیند ریزمقیاس‌نمایی در این مدل، یک رگرسیون خطی چندمتغیره میان تعداد محدودی از متغیرهای پیش‌بینی‌کننده بزرگ مقیاس و پیش‌بینی‌شونده‌ها در مقیاس محلی، همچون: بارش و دما توسعه می‌یابد (۴). بارش به عنوان یک فرآیند شرطی است که میزان بارندگی منطقه‌ای (محلی) با وقوع روزهای مرطوب است، در نظر گرفته می‌شود، و حداقل و حداکثر دما به عنوان فرآیند غیرشرطی مدل می‌شوند، که یک ارتباط مستقیم بین پیش‌بینی‌کننده‌های بزرگ مقیاس و پیش‌بینی‌کننده‌های منطقه‌ای در نظر گرفته می‌شود (۵).

مدل SDSM جهت تولید داده‌های گذشته و کالیبره شدن بر اساس دو دوره‌ی ۱۹۹۰ - ۱۹۶۱ و ۲۰۰۰ - ۱۹۷۱ عمل می‌کند. از اینرو به منظور مشخص کردن تغییرات پارامترهای اقلیمی مورد مطالعه، نخست داده‌های روزانه بارندگی و دمای ۳۰ ایستگاه در منطقه جمع‌آوری و مراحل بررسی و آماده‌سازی برای یک دوره سی ساله (۲۰۰۰ - ۱۹۷۱) جهت استفاده در مدل SDSM انجام شد، که تنها ایستگاه‌های ذکر شده در جدول ۱ در این دوره آماری قرار گرفتند.

علاوه بر داده‌های ایستگاه‌های مورد نظر داده‌های مدل گردش عمومی جو (HADCM3) و همچنین اطلاعات پیش‌بینی‌کننده‌ها از سایت گروه هواشناسی کانادا CCIS^۶ نیز برای دوره آماری دریافت

نشان داد که تغییر اقلیم بر روی میزان ذوب برف اثر گذاشته و سبب بروز تغییرات فصلی در میزان رواناب و تراز آب دریاچه‌ها می‌گردد. رواناب و تراز دریاچه‌ها در فصول بهار و تابستان کاهش و در پاییز زمستان افزایش خواهد یافت. یتس و همکاران (۱۱) مدل گردش اقلیمی منابع آب در رودخانه ساکرامنتو را با استفاده از مدل هیدرولوژیکی WEAP^۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج نشان داد که مدل می‌تواند تعادل آب محلی و منطقه‌ای، از جمله مدیریت و عدم مدیریت جریان‌ها، مخزن ذخیره‌سازی، استفاده‌های کشاورزی و شهری (شرب) و تخصیص منابع آب سطحی و زیرزمینی برقرار کند که برای فرایندهای مختلف برنامه‌ریزی آب در کالیفرنیا مفید باشد. زارزاده (۱۳) تخصیص منابع آب حوضه آبریز قزل اوزن - سفید رود در ایران را تحت تاثیر تغییر اقلیم و با رویکرد ورشکستگی در حل اختلاف را برای چند استان با منابع آب مشترک این رودخانه را مورد ارزیابی قرار داد. ابتدا مکانیزم‌های تخصیص منابع آب بین ذی‌نفعان درگیر در حوضه آبریز تحت شرایط اقلیمی مختلف و نیز تغییر اقلیم را شناسایی نمود که در این راه ابتدا حوضه آبریز رودخانه را در محیط WEAP مدل نمود، و سپس به منظور کاهش تنش‌های ایجاد شده بین ذی‌نفعان این حوضه رویکرد ورشکستگی که از رویکردهای تئوری بازی‌های همکارانه می‌باشد، به عنوان روشی برای تخصیص منابع آب در این حوضه انتخاب نمود.

در این تحقیق از خروجی‌های مدل گردش عمومی جو (HadCM3^۲) و مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM^۳ جهت بررسی تغییرات بارندگی و دما تحت سناریوی اقلیمی A2 در حوضه رودخانه بار نیشابور و اثر این تغییرات بر آورد رودخانه بار استفاده شده است. در نهایت وضعیت منابع آب حوضه در سه بخش کشاورزی، صنعت و شرب با استفاده از مدل WEAP در شرایط تغییر اقلیم در دوره‌ی ۲۰۴۰ - ۲۰۱۱ میلادی ارزیابی تحت سناریوهای افزایش سطح زیرکشت، پیشرفت صنعتی و افزایش جمعیت ارزیابی می‌شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز رودخانه بار در شمال غرب شهرستان نیشابور در ناحیه شمال شرقی ایران در محدوده‌ای بین عرض شمالی ۲۵°-۳۶° و ۴۰°-۳۶° و طول شرقی ۳۷°-۵۸° و ۵۲°-۵۸° واقع شده است. این حوزه آبریز کوهستانی بوده و بلندترین نقطه آن حدود ۳۰۶۹ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. حوزه آبریز مورد مطالعه تا خروجی حوضه (محل احداث سد بار) ۲۸۴ کیلومتر مربع مساحت دارد و

4 - General Circulation Models

5 - Atmosphere-Ocean General Circulation Model (AOGCM)

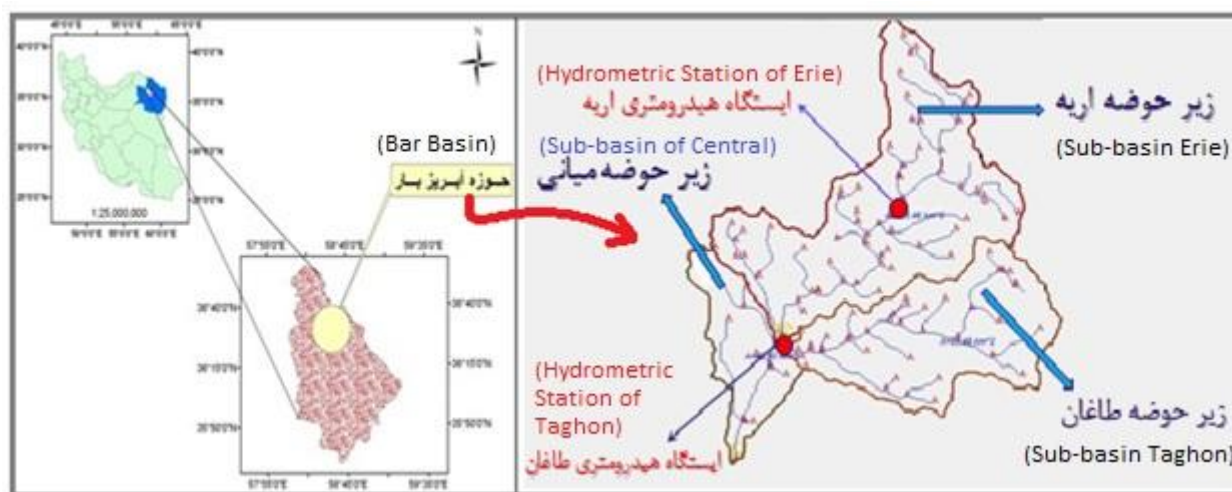
6- Canadian Climate Impacts Scenarios

1- Water Evaluation And Planning

2 - Hadley Centre Coupled Model, Version3

3 - Statistical DownScaling Model

شد. مدل SDSM دارای هفت مرحله‌ی اصلی زیر است:



شکل ۱- موقعیت حوزه آبریز رودخانه بار
Figure 1- Barriver basin location

جدول ۱- ایستگاه‌های موجود در حوزه رودخانه بار

Table 1- Stations in Bar river basin

| ردیف Row | حوزه آبریز basin | رودخانه River | ایستگاه Station | سال تاسیس Established | طول جغرافیایی Longitude | عرض جغرافیایی Latitude | نوع ایستگاه Station Type |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1 | بار bar | اریه Erie | اریه Erie | 1329 | 58° 42 | 36° 28 | تبخیرسنجی Evaporimeter |
| 2 | طاغون Taghon | طاغون Taghon | طاغون Taghon | 1356 | 60 35 | 36° 31 | باران سنجی Raingauge |
| 3 | عیش آباد Eish Abad | عیش آباد Eish Abad | عیش آباد Eish Abad | 1350 | 56 17 | 36° 59 | باران سنجی Raingauge |
| 4 | فدیشه Fadishe | فدیشه Fadishe | فدیشه Fadishe | 1364 | 58 25 | 36° 02 | تبخیرسنجی Evaporimeter |
| 5 | طرق Torogh | طرق Torogh | طرق Torogh | 1344 | 59 33 | 36° 10 | تبخیرسنجی Evaporimeter |
| 6 | بار Bar | اریه Erie | اریه Erie | 1329 | 58 42 | 36° 28 | هیدرومتری Hydrometer |
| 7 | طاغون Taghon | طاغون Taghon | طاغون Taghon | 1359 | 58 40 | 36° 25 | هیدرومتری Hydrometer |

A2 در مدل WEAP، سناریوهای مختلفی مطابق جدول ۲ تعریف گردیده است. در جدول ۲ منظور از سناریو دوم تعریف شده در مدل WEAP، یعنی در نظر گرفتن افزایش در سطح زیر کشت کشاورزی در آینده از طریق لحاظ کردن اثر مستقیم افزایش سطح زیر کشت بر مصرف آب می‌باشد.

به منظور حصول اطمینان از داده‌های تولید شده در گام پنجم مدل، در این مطالعه اقدام به انجام آزمون مقایسه میانگین Independent-Samples T توسط نرم افزار SPSS بین داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های دوره‌ی ارزیابی مدل شد. نتایج نشان دهنده این

۱- کنترل کیفی داده‌های مشاهداتی، ۲- غربالگری داده‌های پیش‌بین کننده (NCEP¹)، ۳- واسنجی مدل بر اساس داده‌های غربال شده در مرحله قبل (۲)، ۴- تولید داده‌های آب و هواشناسی (مرحله تنظیم مدل)، ۵- تولید داده‌ها برای دوره‌ی آتی (مرحله ارزیابی مدل)، ۶- مقایسه گرافیکی نتایج مدل، ۷- تولید و تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی مختلف (۱۳).

در این تحقیق جهت بررسی اثر تغییر اقلیم تحت سناریوی اقلیمی

1 - the National Centers for Environmental Prediction

است که می‌توان از داده‌های دوره‌ی تنظیم بجای داده‌های مشاهده‌ای استفاده نمود (جدول ۳).

برآورد رواناب

در این مطالعه جهت برآورد رواناب حوضه رودخانه در دوره‌ی آتیاز مدل منطقه‌ای استفاده شد. بطوری‌که در دوره‌ی ۲۰۰۰ - ۱۹۷۱ برای هر یک از زیرحوضه‌ها روابط دبی- بارش برای تمام ماه‌ها برآورد شد (جدول ۵). سپس روابط حاصله در هر یک از ماه‌ها واسنجی شد. با فرض ثابت بودن شرایط فیزیکی حوضه آبریز بار در دوره‌ی آتی نسبت به دوره‌ی پایه (حوضه رودخانه بار دارای شرایط یکسان فیزیکی و کوهستانی می‌باشد) از این روابط با توجه به در اختیار داشتن بارندگی در دوره‌ی آتی (خروجی مدل SDSM) برای برآورد رواناب حوضه بار در دوره‌ی آتی استفاده گردید.

مدل ارزیابی و برنامه‌ریزی آب

مدل WEAP سیستم را به اجزای مختلف منابع تأمین (مانند رودخانه‌ها، نهرها، آب‌های زیرزمینی، مخازن و تصفیه خانه‌ها)، برداشت، انتقال و تجهیزات تصفیه فاضلاب، نیازهای اکوسیستم، نیازهای آبی و تولید آلودگی ارائه می‌دهد. ساختار داده‌ها و سطح جزئیات را می‌توان به سادگی به شکل دلخواه درآورد تا نیازهای یک تحلیل خاص را برآورده کرد و محدودیت‌های ناشی از کمبود داده‌ها را نشان داد (۶). مدل WEAP، از یک مدل برنامه‌ریزی خطی استاندارد برای حل مسائل تخصیص آب در هر گام زمانی استفاده می‌کند که تابع هدف آن حداکثر کردن درصد تأمین نیازهای مراکز تقاضا با توجه به اولویت عرضه و تقاضا، تعادل جرمی و سایر قیود می‌باشند. تمامی قیود بطور متناوب برای هر گام زمانی و با توجه به اولویت عرضه و تقاضا تعریف می‌شود. مدل WEAP، در هر گام زمانی معادله تعادل جرمی آب را برای هر گره و شاخه محاسبه می‌کند. با این فرض که عملکرد اجزا سیستم به جز در مخازن و رطوبت خاک در هر گام زمانی مستقل از گام‌های دیگر می‌باشد. گام‌های زمانی با توجه به بزرگی حوضه می‌تواند کوچک (روزانه، ۱۰ روزه) یا بزرگ (ماهانه یا بیشتر) در نظر گرفته شود (۱۱).

مدل‌سازی تخصیص در WEAP

فرمول‌بندی مدل تخصیص در WEAP با رابطه زیر تشریح می‌گردد:

$$\begin{aligned} & \text{For each } p= 1 \text{ to } P \\ & \text{For each } f= 1 \text{ to } F \in (D_k^{p,t-n}) \\ & \text{Max } Z = C_p \\ & \sum_{j=1}^n x_{j,i}^p - \sum_{r=1}^m x_{i,r}^p + S_i^{t-1} = S_i^t \\ & \sum_{j=1}^F X_{j,i}^p = D_k^{p,t-n} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^F x_{j,i}^p &= D_k^{p,t-n} \times C_k^p \\ \sum_{j=1}^F x_{j,i}^p &\geq D_k^{p,t-1} \times C_k^p \quad (1) \\ C_k^p &= C \\ C_k^p &\geq C \\ 0 & \end{aligned}$$

$$\begin{cases} X_{i,i}^p \leq C_k^p & \text{for Demand Site with Priority} > P \\ X_{i,i}^p = 0 & \text{for Demand Site with Priority} = P \\ X_{i,k}^p \geq 0 & \text{for Demand Site with Priority} > f \\ X_{i,k}^p \geq 0 & \text{for Demand Site with Priority} = f \end{cases}$$

که در روابط فوق؛ p بیانگر اولویت تقاضا^f، اولویت در عرضه^۲ برای مرکز تقاضای k، n گام زمانی، $X_{i,j}^p$ مقدار جریاناز گره عرضه‌زبه گروه تقاضای i با اولویت p، S_i^t ذخیره مخزن در نقطه‌ای در زمان t، C_p درصد پوشش نیاز کلی برای اولویت p، C_k^p درصد شاخص پوشش نیاز مرکز تقاضای K و $D_k^{p,t}$ مقدار آب مورد نیاز برای مرکز تقاضای K با اولویت p در گام زمانی t می‌باشند (۱۱).

نتایج و بحث

نتایج مدل اقلیمی

نتایج آزمون آماری مقایسه میانگین نشان داد که از داده‌های آب و هوایی تولید شده در SDSM می‌توان بجای داده‌های دوره‌ی پایه استفاده نمود (جدول ۳).

جدول ۳ نشان دهنده اینست که اختلاف معنی‌داری بین داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های تولید شده در دوره‌ی تنظیم توسط SDSM برای هر دو ایستگاه وجود ندارد (sig = 0.986) و لذا از این داده‌ها در ادامه برای مقایسه با دوره‌ی آتی می‌توان استفاده نمود.

نتایج SDSM تحت سناریوی A2 در ایستگاه‌های اریه، طاغان، عیش‌آباد، فدیشه و طرق نشان دهنده‌ی کاهش بارندگی و افزایش دما در دوره‌ی آتی نسبت به دوره‌ی پایه می‌باشد. بطور کلی نتایج مدل SDSM در منطقه روند افزایش دما و کاهش بارندگی در دوره‌ی ۲۰۴۰ - ۲۰۱۱ را پیش بینی می‌کند (جدول ۴).

نتایج نشان دهنده کاهش بارندگی در دو ایستگاه اریه و طاغان می‌باشد، بطوری‌که تحت سناریوی A2 در ایستگاه طاغان کاهش ۸/۷۵ درصدی و برای اریه کاهش ۳/۹ درصدی در دوره‌ی آتی نسبت به دوره پایه می‌باشد. اشکال (۲ و ۳) نتایج تغییرات میانگین بارندگی ماهانه در دو دوره (۲۰۰۰-۱۹۷۱) و (۲۰۴۰-۲۰۱۱) در ایستگاه‌های اریه و طاغان را نشان می‌دهد.

- 1- Priority
- 2- Preference
- 3- Coverage

جدول ۲- سناریوهای تعریف شده در این تحقیق در مدل WEAP
Table 2- Defined scenarios in this study in WEAP model

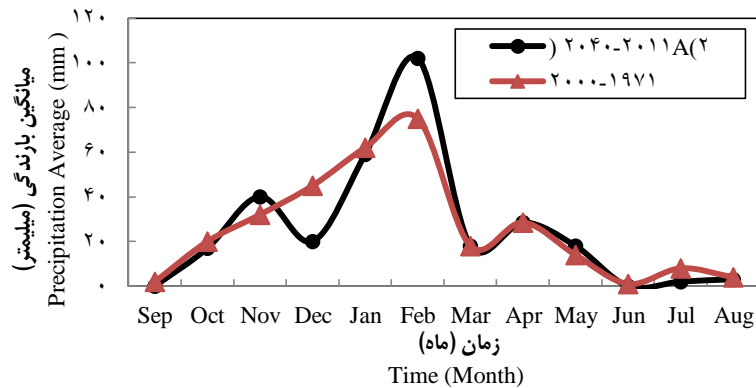
| سناریو | توضیحات |
|------------------------|--|
| سناریو ۱ Scenario 1 | سناریوی پایه: وقوع تغییرات اقلیمی پیش بینی شده، تخصیص آب بدون اولویت بندی و بر اساس حداکثر نیاز قابل تأمین برای کل مجموعه. Base Scenario: The occurrence of climate changes of predictand, Allocated water without precedence and based on maximum of supplied demand for total |
| سناریو ۲ Scenario 2 | در نظر گرفتن افزایش در سطح زیر کشت کشاورزی در آینده (لحاظ کردن اثر مستقیم افزایش سطح زیر کشت بر مصرف آب). The increase in the cultivated area in the future (in terms of the direct effect of increasing the cultivated area to water Consumption). |
| سناریو ۳ Scenario 3 | مشابه سناریوی ۲ با در نظر گرفتن افزایش در بخش صنعت در آینده. A similar scenario 2: Considering the increase in the industrial sector in the future. |
| سناریو ۴ Scenario 4 | مشابه سناریوی ۲ با در نظر گرفتن افزایش جمعیت در آینده. A similar scenario 2: Considering the population growth in the future. |

جدول ۳- آزمون میانگین Independent-Samples T Test داده‌های مشاهده‌ای بارندگی و دوره‌ی تنظیم مدل SDSM در ایستگاه‌های اریه و طاغان
Table 3- Independent-Samples T Test of precipitation observational data and adjustment period of SDSM model in Arie&Taghan station

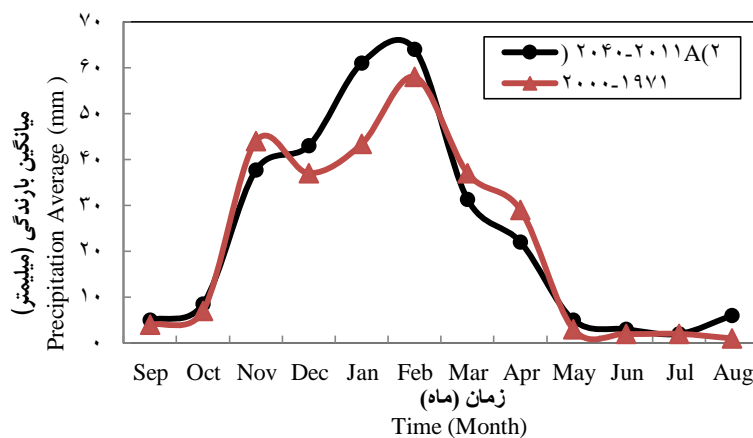
| آزمون سطح برابری واریانس Levene's Test for Equality of Variances | | آزمون برابری میانگین (t-test for Equality of Means) | | | | | | | |
|---|-------|---|--------|-------|-----------------------------------|--|--|-----------|---------|
| F | Sig. | t | df | Sig. | اختلاف میانگین Mean Difference | خطای استاندارد انحراف معیار Std. Error Difference | سطح اطمینان ۹۵٪ 95% Confidence Interval | | |
| | | | | | | | Lower | Upper | |
| ایستگاه اریه (Erie Station) | | | | | | | | | |
| فرض برابری واریانس Equal variances assumed | 1.863 | 0.172 | 0.018 | 20668 | 0.986 | - 0.008 | 0.04505 | - 0.08909 | 0.08750 |
| فرض عدم برابری واریانس Equal variances not assumed | | | 0.018 | 20668 | 0.986 | - 0.008 | 0.04505 | - 0.08909 | 0.08750 |
| ایستگاه طاغان (Taghan Station) | | | | | | | | | |
| فرض برابری واریانس Equal variances assumed | 0.365 | 0.546 | -0.001 | 21548 | 1 | - 0.00002 | 0.04133 | - 0.08103 | 0.08099 |
| فرض عدم برابری واریانس Equal variances not assumed | 0.365 | 0.546 | -0.001 | 21548 | 1 | - 0.00002 | 0.04133 | - 0.08103 | 0.08099 |

جدول ۴- تغییرات بارندگی و دما در حوضه رودخانه بار در دوره‌ی ۲۰۱۱-۲۰۴۰
Table 4- Precipitation and temperature changes in the basin of Bar river in period of 2011- 2040

| ایستگاه Station | | | | | سناریو Scenario | متغیر Variable |
|-----------------|-----------------------|------------------|-----------------|--------------|--------------------|--|
| طرق Torogh | عیش آباد Eish Abad | فدیشه Fadishe | طاغان Taghan | اریه Erie | | |
| 0.19 | ----- | 0.04 | ----- | 0.03 | A2 | دما (C°)-افزایشی Temperature(C°)-Increasing |
| 6.55 | 16 | 10.2 | 8.75 | 3.9 | A2 | بارندگی(٪)-کاهشی Rainfall (%) -Decreasing |



شکل ۲- میانگین بارندگی ماهانه در دو دوره (۱۹۷۱-۲۰۰۰) و (۲۰۱۱-۲۰۴۰) در ایستگاه اریه
Figure 2- Precipitation monthly average in periods of (1971- 2000) and (2011- 2040) in Arie station



شکل ۳- میانگین بارندگی ماهانه در دو دوره (۱۹۷۱-۲۰۰۰) و (۲۰۱۱-۲۰۴۰) در ایستگاه طاغان
Figure 3- Precipitation monthly average in periods of (1971- 2000) and (2011- 2040) in Taghan station

بین داده های بارش- دبی در ایستگاه های اریه و طاغان برآورد شد (جهت بدست آوردن این روابط دبی در ماه های مختلف منجمله در فصول بارش برف (زمستان) و فصول ذوب برف (بهار) با خودشان مقایسه شده اند، لذا تحت شرایط آب و هوایی، هر ماه (بطور متوسط) با خود همان ماه در زمان های مختلف مقایسه شده است) (جدول ۵). به کمک روابط برآورد شده، برای زیرحوضه های اریه و طاغان، دبی در دوره ی پایه برای این دو زیرحوضه محاسبه شد و نتایج نشان دهنده کاهش رواناب این دو زیرحوضه در دوره ی آتی نسبت به دوره پایه است، بطوریکه در زیر حوضه اریه کاهش ۱۹/۷ درصدی و در زیرحوضه طاغان کاهش ۲۵/۹ درصدی تحت سناریوی اقلیمی A2 پیش بینی می شود. در این تحقیق هدف بدست آوردن دبی با توجه به تغییرات بارندگی در دوره ی آتی است، لذا از روابط مستقیم بارش- دبی استفاده شده است، و همچنین تغییرات دما جداگانه مورد بررسی قرار گرفته اند (شکل ۴).

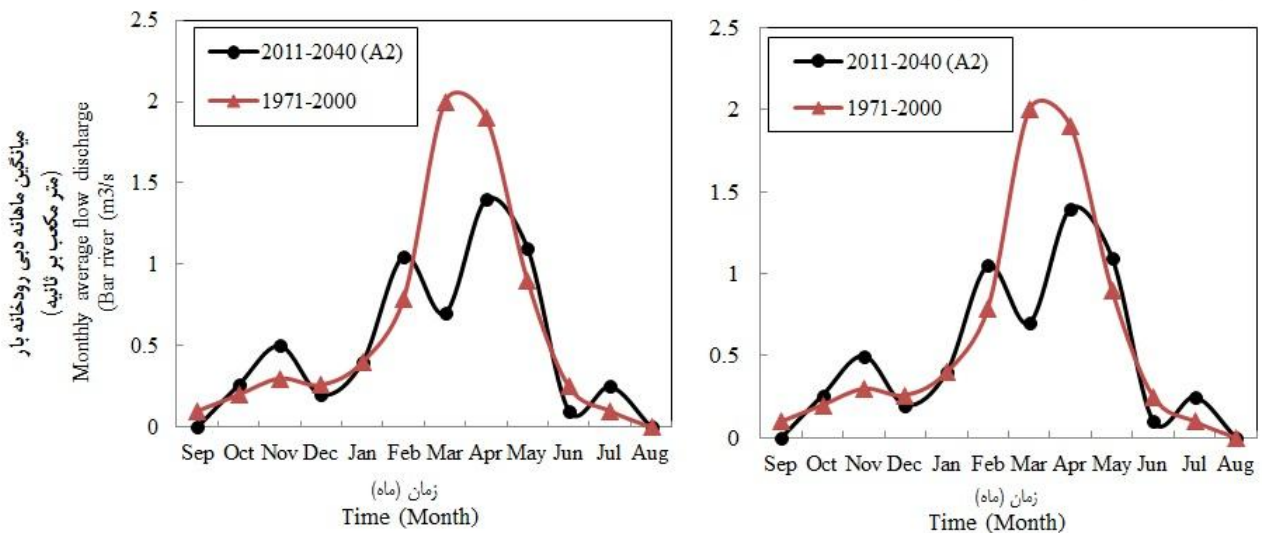
محاسبه رواناب حوضه ی آبریز رودخانه بار در دوره ۲۰۱۱-۲۰۴۰

جهت بدست آوردن روابط بارش- دبی در دوره ی پایه، از نرم افزار آماری SPSS_19 استفاده شد. ابتدا داده های پرت در بین بارش و دبی در هر ماه مشخص و حذف (با توجه به وجود ثبت بارندگی، دبی در منطقه ثبت نشده است) شدند. سپس همبستگی بین داده های باقی مانده، برای هر ماه بدست آمد. در هر ماه نتایج نشان داد که همبستگی قابل توجهی بین داده ها وجود دارد. جهت بدست آوردن بهترین ضرائب بین داده های بارش و دبی، روابط رگرسیونی مختلف (خطی، چند جمله ای، نمایی و ...) مورد بررسی قرار گرفتند. با مشخص شدن بهترین رابطه و واسنجی این روابط در منطقه برای هر ماه در دوره ی پایه، از این روابط با فرض ثابت بودن شرایط فیزیکی حوضه (حوضه دارای شرایط کوهستانی یکسان می باشد) برای بدست آوردن دبی در زیر حوضه های اریه و طاغان در دوره ی آتی استفاده شد. برای تمام ماه های سال به همین شیوه عمل شد و بهترین روابط

جدول ۵- رابطه‌ی رگرسیون بین بارش و رواناب در دوره پایه در زیر حوضه‌های اریه و طاغان

Table 5-Regression relationship between precipitation and runoff at base period in the Arie & Taghan sub-basins

| ماه Month | ایستگاه اریه Erie Station | | | ایستگاه طاغان Taghan Station | | |
|-----------------|--|---|--|--|---|---|
| | رابطه رگرسیون بارش- رواناب Reg. Equation of Rainfall-Runoff | ضریب همبستگی Correlation coefficient | ضریب کنترل R ² Coefficient of Determinatio | رابطه رگرسیون بارش- رواناب Reg. Equation of Rainfall-Runoff | ضریب همبستگی Correlation coefficient | ضریب کنترل (R ²) Coefficient of Determinatio |
| مهر Sep | $Y=0.027x+0.219$ | 0.9 | 0.805 | $Y=0.557\exp^{(0.0018x)}$ | 0.9 | 0.805 |
| آبان Oct | $Y=0.05x+0.054$ | 0.87 | 0.781 | $Y=0.001x^2-0.07x+2.388$ | 0.87 | 0.781 |
| آذر Nov | $Y=-0.001x^2+0.065x+0.385$ | 0.84 | 0.719 | $Y=-0.07x^2-0.107x+0.715$ | 0.84 | 0.719 |
| دی Dec | $Y=-0.017x^2+0.031x+0.11$ | 0.82 | 0.673 | $Y=0.042x^2-0.013x+0.177$ | 0.82 | 0.673 |
| بهمن Jan | $Y=0.103x+0.09$ | 0.81 | 0.655 | $Y=0.05x+0.062$ | 0.81 | 0.655 |
| اسفند Feb | $Y=0.024x+0.046$ | 0.93 | 0.836 | $Y=0.029x+0.034$ | 0.93 | 0.836 |
| فروردین Mar | $Y=0.008x+0.072$ | 0.91 | 0.826 | $Y=0.005x+0.042$ | 0.91 | 0.826 |
| اردیبهشت Apr | $Y=0.009x+0.103$ | 0.78 | 0.649 | $Y=0.057\exp^{(0.017x)}$ | 0.78 | 0.649 |
| خرداد May | $Y=0.011x+0.031$ | 0.78 | 0.649 | $Y=0.045\exp^{(0.024x)}$ | 0.78 | 0.649 |
| تیر Jun | $Y=0.002x+0.14$ | 0.82 | 0.673 | $Y=0.043\exp^{(0.023x)}$ | 0.82 | 0.673 |
| مرداد Jul | $Y=0.104\exp^{(0.018x)}$ | 0.81 | 0.675 | $Y=0.002x+0.017$ | 0.81 | 0.657 |
| شهریور Aug | $Y=0.228\exp^{(0.014x)}$ | 0.75 | 0.626 | $Y=0.07\exp^{(0.029x)}$ | 0.75 | 0.626 |

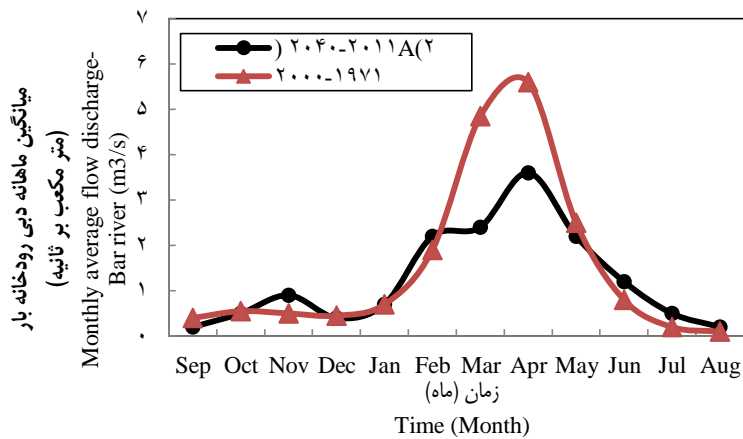


شکل ۴- میانگین دبی رودخانه‌های اریه و طاغان در دو دوره (۱۹۷۱-۲۰۰۰) و (۲۰۱۱-۲۰۴۰) تحت سناریوی A2
Figure 4- Average flow discharge of Arie & Taghan rivers in periods of (1971- 2000) and (2011- 2040) under A2 scenario

نتایج مدل WEAP

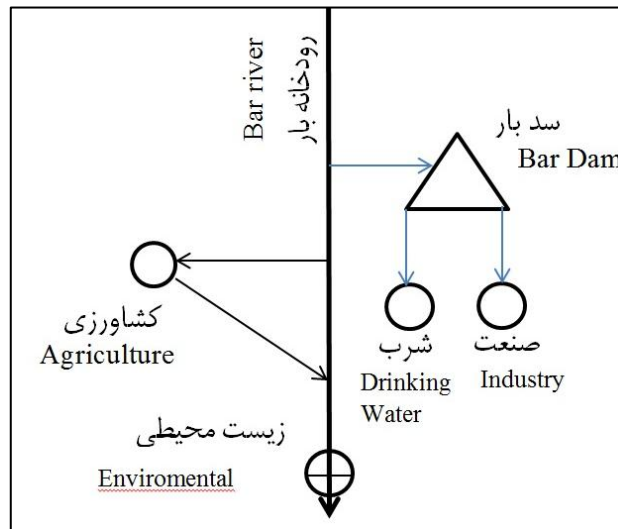
در این مطالعه برای بررسی وضعیت تخصیص منابع آب حوضه رودخانه بار تحت سناریوی اقلیمی A2، ابتدا سیستم منابع آب در مدل WEAP پیکربندی شد، این حوضه شامل پنج نقطه نیاز کشاورزی، شرب و صنعت، سد بار و نیاز زیست محیطی می باشد (شکل ۶). ساختار مدیریتی در WEAP با استفاده از سناریوهایی که در آن نوشته می شود وضعیت آب در آینده را نشان می دهد، که در آن می توان تاثیر آب و هوا، مدیریت کاربری اراضی، تقاضا، تنظیمات و برنامه ریزی ها را مشخص کرد. سناریوها از سال پایه اخذ می شوند. سال پایه، سالی است که اطلاعات و آمار مناسبی از وضعیت منطقه تحت مطالعه موجود باشد.

در شکل ۴، کاهش دبی در ماه های مهر و آبان با توجه به کاهش ناچیز بارندگی در دوره ی آبی نسبت به دوره ی گذشته را می توان به روند کاهشی دبی رودخانه در دوره ی آماری گذشته برای این دو ماه و همچنین افزایش سطح زیر کشت باغات و مزارع در بالادست رودخانه دانست. مطابق شکل ۵، دبی حوضه رودخانه بار که حاصل مجموع دبی زیرحوضه های اریه و طاغان است، برآورد شد. نتایج نشان دهنده کاهش میانگین سالانه دبی رودخانه بار در دوره ی پایه نسبت به دوره ی آبی است، بطوری که کاهش ۲۱/۷۱ درصدی تحت سناریوی اقلیمی A2 در این حوضه پیش بینی می شود.



شکل ۵- مقایسه میانگین ماهانه دبی رودخانه بار در دوره تنظیم و ارزیابی

Figure 5- Comparison of Bar river monthly average flow discharge in the adjustment and evaluation period



شکل ۶- پیکربندی سیستم منابع آب رودخانه بار در مدل WEAP

Figure 6- Configuration of Bar river water resources system in WEAP model

تا بتوان به این وسیله بهترین تخمین از دوره مورد مطالعه را انجام داد. در نهایت داده‌ها شامل جریان رودخانه بار تحت سناریوی A2، درصد ماهانه جریان ورودی به سد بار از رودخانه، مقادیر تخصیص آب برای هر یک از نقاط نیاز و داده‌های مربوط به سد شامل حجم مخزن، ذخیره‌ی اولیه، منحنی حجم-سطح و میزان تخییر از سطح آزاد در مخزن سد در مدل WEAP تعریف شده است. جدول ۶ نشان دهنده میزان تخصیص آب برای هر یک از نقاط نیاز می‌باشد.

سپس با استفاده از سال پایه سناریوهای مختلف در سال پایه و در آینده جهت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع و تقاضا در محیط مدل‌سازی شده در منطقه تحت مطالعه اعمال می‌گردد. بدین ترتیب می‌توان سناریوهای مختلف را می‌توان مورد بررسی قرار داد (۱۲). در این مطالعه سال پایه سال ۲۰۱۱ و سال انتهایی برای مدل‌سازی سال ۲۰۴۰ در نظر گرفته شده است. بررسی عرضه و تقاضا در سطح حوضه آبریز در آینده با کمک سناریوی مرجع صورت می‌گیرد. این سناریو یک سناریوی پایه است در آن از داده‌های واقعی استفاده شده

جدول ۶- مقادیر تخصیص منابع آب به نقاط نیاز در سطح حوضه بار

Table 6-Allocated amounts of water resources to demand points in Bar basin area

| | حجم (میلیون متر مکعب) Volume (million cubic meters) | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-------------|------------|-----------|-------------|--------------|----------------|-----------------|--------------|------------|--------------|---------------|--------------|
| | مهر Sep | آبان Oct | آذر Nov | دی Dec | بهمن Jan | اسفند Feb | فروردین Mar | اردیبهشت Apr | خرداد May | تیر Jun | مرداد Jul | شهریور Aug | مجموع Sum |
| منابع آب در موقعیت بند انحرافی Water resources in The location of diversion dam | 0.4 | 1.02 | 1.4 | 1.2 | 2 | 5.3 | 12 | 12.4 | 5.3 | 1.8 | 0.8 | 0.5 | 44.8 |
| برداشت کشاورزی پایین دست Agricultural consumption in downstream | 0.4 | 0.2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.4 | 1.2 | 1.7 | 1.4 | 0.7 | 0.5 | 6.7 |
| رها سازی زیست محیطی از بند Environmental release from the location dam | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 0.5 | 3.3 | 1.3 | 0.6 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| شرب Drinking | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 7 |
| رودخانه بار منتقلی از Industry | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 5 |
| سر ریز سد بار Barriver Spillway of Bar dam | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.3 | 0 | 1.2 | 0.5 | 0 | 0 | 0 | 2.8 |
| سر ریز بند انحرافی The spillway of Diversion dam | 0 | 0 | 0.1 | 0.1 | 0.2 | 2.3 | 4.7 | 4.5 | 1.1 | 0.1 | 0 | 0 | 13.2 |

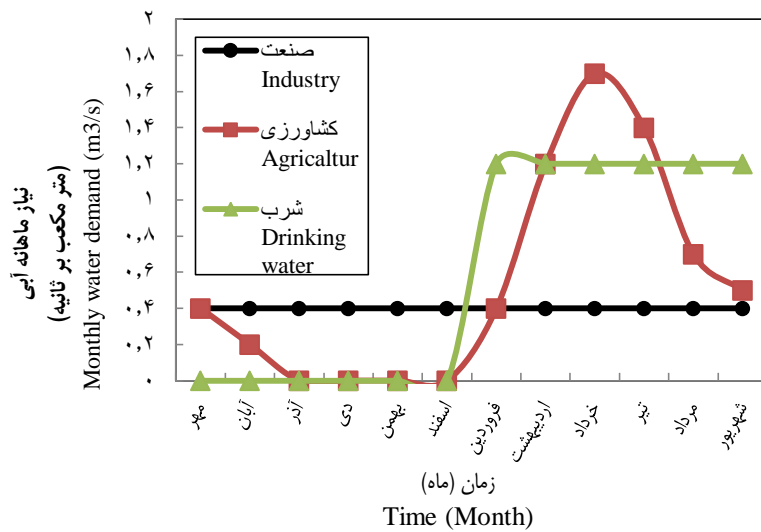
های فروردین تا مهر می‌باشد. این در حالی است که بیشترین نیاز آبی گیاهان نیز در همین دوره می‌باشد. بطور کلی تغییرات نیاز آبی تحت سناریوی A2 در مدل WEAP در مقابل سناریوهای مختلف بصورت جدول ۷ می‌باشد.

همچنین مقادیر درصد نیاز تأمین شده آب در هر یک از سناریوها در مدل WEAP تحت سناریوی A2 مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان دهنده کاهش درصد تأمین شده آب در سناریوهای مختلف بود (شکل ۹).

پس از تأمین اطلاعات مورد نیاز WEAP، شبیه‌سازی حوزه در سال پایه انجام می‌شود. برای شبیه‌سازی منطقه در سال پایه تا حد ممکن سعی شده است داده‌ها طوری تعدیل شوند تا شرایط مدل‌سازی شده به شرایط واقعی در منطقه نزدیک باشد (شکل ۷).

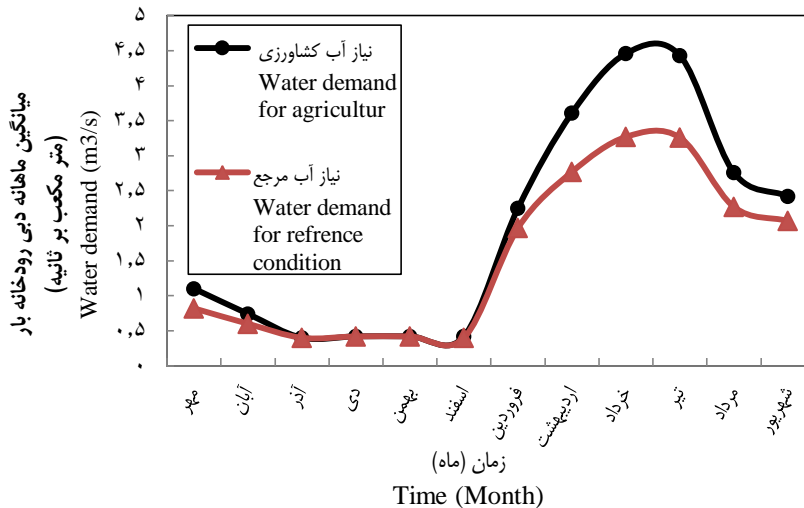
نتایج WEAP در حوزه آبریز بار، نشان دهنده افزایش نیاز آبی در دوره‌ی ۲۰۱۱-۲۰۴۰ تحت سناریوهای A2 و براساس سناریوهای افزایش سطح کشاورزی، پیشرفت صنعتی و افزایش جمعیت (جدول ۲) نسبت به سال پایه می‌باشد (شکل ۸).

شکل ۸ نشان دهنده افزایش میانگین ماهانه نیاز آبی تحت سناریوهای مختلف می‌باشد. در مورد سناریوی افزایش کشاورزی، بیشترین افزایش نیاز آبی با توجه به کاهش دبی رودخانه بار در ماه-



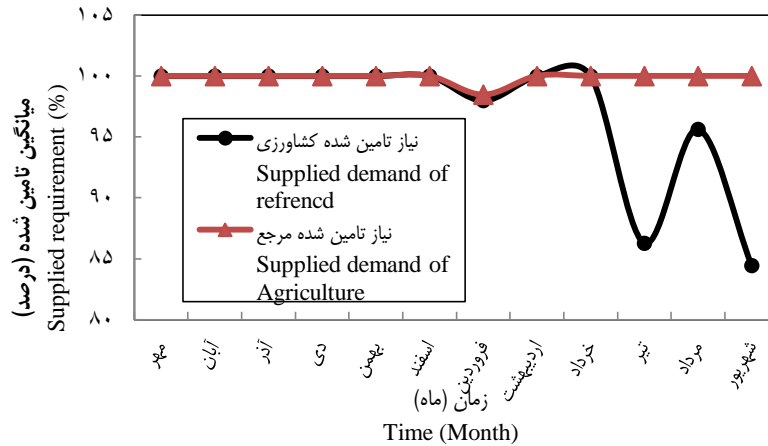
شکل ۷- نیاز ماهانه آبی در سال پایه برای هر یک از نقاط نیاز در مدل WEAP

Figure 7- Monthly water demand in the base year for each of the demand points in WEAP model



شکل ۸- نیاز آبی ماهانه در سناریوهای افزایش سطح کشاورزی و مرجع تحت سناریوی A2

Figure 8- Monthly water demand in increasing agricultural & reference area under A2 scenario



شکل ۹- درصد نیاز تأمین شده در سناریوهای افزایش سطح کشاورزی و مرجع تحت سناریوی A2

Figure 9- Supplied requirement (%) in increasing agricultural & reference area under A2 scenario

جدول ۷- مقایسه نیاز آبی ماهانه (مترمکعب بر ثانیه) در سناریوی های مدل WEAP تحت سناریوی اقلیمی A2
 Table 7-Comparison of monthly water demand (m³/s) in the WEAP model scenario under A2 climate scenario

| سناریو Scenario ماه Month | افزایش سطح کشاورزی Increasing agricultural area | پیشرفت صنعتی Industrial development | افزایش جمعیت Increasing population | مرجع Reference |
|------------------------------------|---|---|--|-------------------|
| مهر Sep | 1.1 | 2.37 | 0.82 | 0.82 |
| آبان Oct | 0.74 | 0.07 | 0.6 | 0.6 |
| آذر Nov | 0.4 | 1.87 | 0.4 | 0.4 |
| دی Dec | 0.42 | 1.97 | 0.42 | 0.42 |
| بهمن Jan | 0.42 | 1.97 | 0.42 | 0.42 |
| اسفند Feb | 0.42 | 1.97 | 0.42 | 0.4 |
| فروردین Mar | 2.25 | 3.52 | 2.83 | 1.97 |
| اردیبهشت Apr | 3.61 | 4.32 | 3.63 | 2.77 |
| خرداد May | 4.46 | 4.82 | 4.13 | 3.27 |
| تیر Jun | 4.43 | 4.8 | 4.8 | 3.26 |
| مرداد Jul | 2.76 | 3.82 | 3.82 | 2.27 |
| شهریور Aug | 2.42 | 3.62 | 3.62 | 2.07 |

مدل ریز مقیاس نمایی آماری SDSM جهت بررسی تغییرات بارندگی و دما تحت سناریوی اقلیمی A2 در حوضه رودخانه بار نیشابور استفاده شد. سپس اثر این تغییرات بر آورد رودخانه بار و در نهایت وضعیت منابع آب در سه بخش کشاورزی، صنعت و شرب با استفاده از مدل WEAP در شرایط تغییر اقلیم در دوره ۲۰۱۱-۲۰۴۰ میلادی استفاده و بررسی شد. در بخش اول نتایج نشان دهنده افزایش دما و کاهش بارندگی و در نهایت کاهش آورد رودخانه بار است. با توجه به کاهش دبی رودخانه، فرایند شبیه سازی تخصیص در حوضه با در نظر گرفتن سناریوهای افزایش سطح کشاورزی، پیشرفت صنعتی و افزایش جمعیت در مدل WEAP انجام شد، که نتایج نشان داد در بخش های کشاورزی، صنعت و شرب حوضه مورد مطالعه با افزایش نیاز آبی مواجه خواهد شد، لذا تأمین نیاز آب در هر یک از این بخشها با کمبود آب در دوره ای نسبت به دوره ای گذشته مواجه خواهد شد، بطوریکه بیشترین درصد کمبود آب در بخش کشاورزی، سپس در بخش صنعت و در نهایت در بخش نیاز شرب می باشد.

تغییرات درصد کمبود آب در سناریوی A2 نسبت به سناریوی مرجع در جدول ۸ ارائه شده اند. این جدول نشان دهنده درصد کمبود آب در دو سناریوی اقلیمی A2 در سه نیاز کشاورزی، شرب و صنعت بر اساس سناریوهای افزایش سطح کشاورزی و پیشرفت صنعتی و افزایش جمعیت در دوره ۲۰۱۱-۲۰۴۰ نسبت به سناریوی مرجع می باشد.

بطوریکه درصد کمبود آب در سناریوی افزایش سطح کشاورزی در ماههایی از سال (فروردین تا شهریور) که نیاز آبی گیاهان افزایش می یابد، بیشتر است. همچنین در پیشرفت صنعتی در چهار ماه از سال با درصد کمبود آب افزایش می یابد. تحت سناریوی افزایش جمعیت با توجه به آورد رودخانه و افزایش نیاز آبی در این بخش تنها در یک ماه از سال با کاهش آب مواجه خواهد شد.

نتیجه گیری و بحث

در این تحقیق از برونداد مدل گردش عمومی جو (HadCM3) و

جدول ۸- درصد نیاز تأمین شده ماهانه آب و سناریوهای مدل WEAP تحت سناریوی A2
Table8- Supplied water requirement (%) and WEAP model scenario under A2scenario

| ماه Month | سناریو Scenario | | | | | |
|-----------------|------------------------|------------------|-----------------------|------------------------|------------------|-----------------------|
| | A2 | | | مرجع Refrence | | |
| | نیاز Demand | | | نیاز Demand | | |
| | کشاورزی Agriculture | صنعت Industry | شرب Drinking Water | کشاورزی Agriculture | صنعت Industry | شرب Drinking Water |
| مهر Sep | 100 | 91.24 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| آبان Oct | 100 | 97.36 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| آذر Nov | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| دی Dec | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| بهمن Jan | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| اسفند Feb | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| فروردین Mar | 97.99 | 98.49 | 98.46 | 98.49 | 100 | 100 |
| اردیبهشت Apr | 99.96 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| خرداد May | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| تیر Jun | 86.28 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| مرداد Jul | 95.63 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| شهریور Aug | 84.25 | 98.13 | 100 | 100 | 100 | 100 |

ضروری به نظر می‌رسد. همچنین در بخش صنعت (فولاد خراسان) با توجه به افزایش شدید نیاز آبی و افزایش درصد کمبود آب در این بخش، استفاده از دستگاه‌ها و ابزار مدرن جهت کاهش مصرف آب در این بخش توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

این مقاله استخراج شده از طرح تحقیقاتی سازمان آب منطقه‌ای استان خراسان رضوی با پردیس ابوریحان دانشگاه تهران می‌باشد. لذا بدین وسیله از زحمات دبیر محترم کمیته تحقیقات شرکت آب منطقه‌ای خراسان رضوی آقای دکتر احمد قندهاری و سرکار خانم مهندس حیران تقدیر و تشکر بعمل می‌آید.

با توجه به کاهش بارندگی و آورد رودخانه بار و در نتیجه افزایش نیاز آبی و افزایش درصد کمبود آب در بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب، در دوره‌ی ۲۰۱۱-۲۰۴۰ ایجاد مدیریت یکپارچه منابع آب، تعیین الگوی تخصیص برای وضعیت‌های اقلیمی مختلف (نرمال و خشکسالی) در حوضه رودخانه بار انتظار می‌رود. همچنین نتایج نشان می‌دهد در مسائل تخصیص مقادیر منابع آب بهتر است، تعیین الگوی مناسب تخصیص تحت شرایط تغییر اقلیم در منطقه جایگزین مقادیر ثابت تخصیص یافته برای هر یک از نقاط نیاز گردد تا بتوان در هر زمان با توجه به وضعیت منطقه و منابع آبی قابل دسترس، در مورد میزان تخصیص به هر یک از نقاط نیاز بهتر تصمیم‌گیری نمود. همچنین با توجه به اینکه بیشتر سهم کشاورزی در این حوضه مربوط به باغات می‌باشد، استفاده از روش‌های نوین آبیاری در اینحوزه آبریز

- 1- AB POUI Consulting Engineers. 2010. The second phase of planning report of Bar Dam irrigation network. Khorasan razavi, iran. (in Persian)
- 2- David Y., David P., Jack S., Annette H-L., Hector G., and Jordan W. 2009. Climate Driven Water Resources Model of the Sacramento Basin, California. JOURNAL OF WATER RESOURCES PLANNING AND MANAGEMENT © ASCE/SEPTEMBER/OCTOBER.10.1061/_ASCE_07339496_2009_135:5_303.
- 3- David G.G., David Y., and Claudia T. 2008. Developing and applying uncertain global climate change projections for regional water management planning. WATER RESOURCES RESEARCH, VOL. 44, W12413, doi:10.1029/2008WR006964, 2008.
- 4- DehghaniPour A.M., HasanZadeh M.J., Atarodi J., and Araghi Nejjhad Sh. 2012. Evaluation of potential SDSM model to downscaling of rain and temperature and evaporation. Case Study: Tabriz station. Eleventh Conference on Irrigation and reduce evaporation. Shahidbahonar university of kerman. (in Persian)
- 5- Jusoh M.B.A. 2007. Impacts of climate change on water resources availability in the Komati River Basin using WEAP21 model: MSc Thesies WM 0.7.19- UNESCO – IHE – Institute for water education.
- 6- Lalla B., Gh M. M., and Mohamed Y. 2011. Integrated Approaches to the Assessment of the of Climate and Socio-economic Change on Groundwater Resources in the Tensift Basin, Morocco. International Journal of Water Resources and Arid Environments, 1(3): 219- 225, 2011.
- 7- RostamAfshar N. 2008. Principles of Water Resources Planning. First Edition, Tehran. Publications of shahidAbbaspourUniversity.PP 129. (in Persian)
- 8- Sieber J., and Purkey D. 2007. WEAP21 User Guide. Available at http://seius.org/Publications_PDF/SEI-WEAP21User Guide-07.
- 9- Veijalainen N., Dubrovin T., Marttunen M., and Vehvileinen B. 2010. Climate Change Impacts on Water Resources and Lake Regulation in the Vuoksi Watershed in Finland. Water Resour Manage. 24:3437 3459.
- 10- Wilby R. L., and Dawson C. W. 2007. SDSM4.2_A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts.
- 11- Yates D., Sieber J., Purkey D., and Huber-Lee A. 2005. WEAP21 A Demand-, Priority, and Preference-Driven Water Planning Model (Part 1). International Water Resources Association, Water International. 30(4): 487 500. Available at <http://www.weap21.org>.
- 12- YazdanPanah T., Davar K., Khodashenas S.R., Ghahraman. 2009. Water resource management on watershed with WEAP. Case study: Azghand watershed. Journal of water and soil. Ferdovsi university of mashhad. No:21. 213-223. (in Persian with English abstract).
- 13- ZaerZadhe M. 2011. Water Allocation in the Qezelozan- Sefidrood Basin under Climate Change, using Bankruptcy Approach for Conflict Resolution. Thesis of Master of Science (M.Sc.) in Water Resources Engineering. Tarbiatmodares university of tehran. (in Persian with English abstract).
- 14- Zahraei B., JafariBibalan B., Sotani J. 2012. Modelling climate change impacts on water resources Sistan. second Applied Research of Water Resources Conference of Zanjan. Iran.(in Persian).

Title: Evaluation of Optimal Water Allocation Scenarios for Bar River of Neishabour Using WEAP Model Under A2 Climatic Changes Scenario

Gh. Ghandhari¹ – J. Soltani^{2*} – M. Hamidian Pour³

Received: 25-02-2013

Accepted: 07-06-2015

Introduction: The rapid population growth in Iran and the corresponding increases in water demands, including drinking water, industry, agriculture and urban development and existing constraints necessitate optimal scheduling necessity in use of this crucial source. Furthermore, the phenomenon of climate change as a major challenge for humanity can be considered in future periods. Climate change is caused by human activity have also been identified as significant causes of recent climate change, referred to as "global warming". Climate change indicates an unusual change in the Earth's atmosphere and climate consequences of the different parts of planet Earth. Climate change may refer to a change in average weather conditions, or in the time variation of weather around longer-term average conditions. A Warmer climate exacerbates the hydrologic cycle, altering precipitation, magnitude and timing of runoff. The purpose of this study was to evaluate the effect of climate change on water consumption and demand in Bar river basin of Neighbor. Climate change affects precipitation and temperature patterns and hence, may alter on water requirements and demand at three sectors; agriculture, industry and urban water.

Materials and Methods: At present, Global coupled atmosphere-ocean general circulation models (AOGCMs) are the most frequently used models for projection of different climatic change scenarios. AOGCMs models represent the pinnacle of complexity in climate models and internalize as many processes as possible. These models are based on physical laws that are provided by mathematical relations. AOGCMs models used for climate studies and climate forecast are run at coarse spatial resolution and are unable to resolve important sub-grid scale features such as clouds and topography. As a result AOGCMs output cannot be used for local impact studies. Therefore, downscaling methods were developed to obtain local-scale weather and climate, particularly at the surface level, from regional-scale atmospheric variables that are provided by AOGCMs. Four different downscaling methods exist: regression methods, weather pattern-based approaches, stochastic weather generators, which are all statistical downscaling methods, and limited-area modeling. For this research, HadCM3 and statistical downscaling model (SDSM), precipitation and temperature variations were simulated under A2 scenario. Then the impacts of these variations on Bar River discharge were analyzed, i.e. water resources at three sectors of agriculture, industrial and potable water under climate change during 2011-2040 using WEAP. Results at first part of simulation showed that temperature is increasing and precipitation is decreasing resulted in decreasing of Bar discharge. According to the decreasing on Bar discharge, water allocation was simulated under these conditions of agricultural and industrial development and increasing of population with WEAP. Simulation showed that watershed will face increasing of water demand for all three sectors; agriculture, industry and drinking water, so the highest water shortage would be in agricultural demand and then industry and drinking water respectively. IWRM is the basic managerial need to rest the demands especially for drought periods. Current allocation process is based on steady state conditions while allocation pattern would be done under climate change conditions so we need to be reinvestigat the last allocations for all three sectors. Another challenge for this watershed refers to the gardens and steel factory of Khorasan that they need to use new technologies for reduction of their water needs.

Results Discussion: In this study, the outputs of General Circulation Models (HadCM3) and statistical downscaling model (SDSM) have been used to investigate the changes of rainfall and temperature under A2 scenario in Bar river basin of Neishaboor and assess the impacts of this changes on the Bar river's discharge. Finally, using WEAP model under climate change conditions for the period of 2011-2040, the status of basin water resources was evaluated for the three sectors (agricultural, domestic and industrial). The results indicated increased temperature in the Arie station amounting to 16 percent and rainfall reduction in the Arie and Taghan stations amounting to 3.9 and 8.75 percent respectively. Under these conditions, according to the increasing

1- MSc Graduated, Department of Water Engineering, College Soil and Water, University of Zabol

2- Assistant Professor, Department of Water Engineering, University College of Abureyhan, University of Tehran

(*-Corresponding Author Email: jsoltani@ut.ac.ir)

3-Assistant Professor, Faculty of Geography and Enviromental Planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, IRAN

water demands of agricultural and industrial sectors in the future, there will be a shortage of water supply resources in the region. So the agricultural sector with 12 percent will have the highest percentage of water shortage and water scarcity and of the industrial sector will be 2%. However, the drinking water or domestic demand will not face a shortage of supplies.

Conclusion: Therefore given that the most part of agriculture sector's share of basin is allocated to orchards and on the other hand the most shortages are related to agriculture, then while creating an integrated management of water resources, development and use of modern methods of irrigation during the period of 2011 - 2040 would seem to be necessary.

Keywords: Climate Change, Downscaling, General Circulation Model (GCM), Population Growth, water shortage