

ارزیابی مدیریت عرضه و تقاضا بر میزان تأمین نیاز زیست‌محیطی دریاچه ارومیه

مریم امینی*، فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
علی مریدی، دانشیار دانشگاه صنعت آب و برق شهید عباسپور، تهران، ایران.
محمود رضا بهبهانی، استاد پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

E-mail*: Maryam.amini88@gmail.com

دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۹ - پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۰۷

چکیده

افزایش روزافزون نیاز به منابع آبی در دهه‌های اخیر و عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب، از طرفی بروز خشکسالی‌های پی در پی و محدودیت منابع آب منجر به بروز مشکلات بسیار زیادی در رودخانه‌ها و تالاب‌ها گردیده‌است. بنابراین شناسایی و تخصیص نیاز زیست‌محیطی تالاب‌ها نقش مؤثری در حفاظت از عملکرد این بوم‌سازگان‌ها خواهد داشت. با در نظر گرفتن اینکه دریاچه ارومیه و تالاب‌های حاشیه‌ای آن در سطح بین‌المللی و ملی یک زیست‌بوم بسیار با ارزش می‌باشد، تأمین نیاز زیست‌محیطی دریاچه و احیای آن از موضوعاتی است که باید به آن توجه ویژه‌ای گردد. در مقاله حاضر، سیستم منابع آب حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شمال غرب ایران مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته‌است. به منظور مدل‌سازی حوضه، از مدل شبیه‌سازی-بهینه‌سازی WEAP استفاده شد. هدف پژوهش حاضر ارزیابی مدیریت توأم عرضه و تقاضا بر میزان آورد و ورودی به دریاچه ارومیه است. به این منظور وضعیت تأمین نیاز زیست‌محیطی دریاچه و تالاب‌های حاشیه‌ای آن برای ۳۵ سال آتی شبیه‌سازی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بر اساس نتایج شبیه‌سازی، با اجرایی‌شدن طرح‌های توسعه در افق ۱۴۲۰، در تأمین نیازهای حوضه با کمبود ۳۵/۷ درصد مواجه خواهیم شد، که حتی این میزان کمبود در شرایط خشکسالی به ۵۲/۶ درصد خواهد رسید. همچنین نتایج نشان می‌دهد در شرایط موجود، با توجه به متوسط سالانه آورد و ورودی، متوسط سالانه جریان آب زیرزمینی و ورودی به دریاچه، بارش سالیانه و عوامل خروجی از دریاچه، بیلان دریاچه ۴۷۰- میلیون مترمکعب در هر سال خواهد بود. در نتیجه هرگونه توسعه اراضی کشاورزی در این حوضه شرایط زیست‌محیطی دریاچه ارومیه را دچار چالش خواهد نمود. با توجه به نتایج، موضوع مدیریت تقاضا در بخش کشاورزی نیازمند تغییرات گسترده‌ای می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، مدل WEAP، حوضه دریاچه ارومیه، مدیریت توأم عرضه و تقاضا، بیلان دریاچه.

۱- مقدمه

در بخش کشاورزی، مدیریت منابع آب کشور را پیچیده کرده‌است. با این مشکلات، یکی از اهداف بلندمدت مدیریت راهبردی آب کشور برقرار کردن تعادل بین تقاضای آب و منابع آب موجود با کمترین هزینه ممکن است. در حوضه‌هایی که مصرف عمده آب آن برای بخش

توزیع غیریکنواخت آب در طول زمان و مکان، وجود بیشترین تقاضای آب در زمان وقوع کمترین بارندگی، عدم توازن بین عرضه و تقاضای آب و به‌ویژه افزایش تقاضای آب، محدودیت منابع آب و در بعضی مکان‌ها کاهش آن با تنزل کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی، اتلاف زیاد آب

۱۳۸۹). کنواکسیون بین‌المللی تالاب‌ها تخصیص زیست‌محیطی تالاب‌ها را به صورت زیر تعریف می‌کند. "کمیت و کیفیت آب مورد نیاز برای حفظ یک ویژگی بوم‌شناختی منابع آب که عملکردهای تالاب مد نظر را به صورت پایدار حفظ کند". با در نظر گرفتن اینکه دریاچه ارومیه و تالاب‌های حاشیه‌ای آن در سطح بین‌المللی و ملی یک زیست‌بوم بسیار با ارزش و با اهمیت است که تنوع زیستی غنی، ارزش‌های اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در سطح حوضه دارا می‌باشد، در نتیجه توجه به تقاضای زیست‌محیطی دریاچه و پایداری و احیای آن از موضوع‌های ضروری می‌باشد که باید به آن توجه ویژه‌ای گردد (گزارش طرح حفاظت از تالاب‌های ایران، ۱۳۸۹). بزرگترین مشکل حوضه ارومیه در معرض خشکی قرار گرفتن دریاچه ارومیه است که می‌تواند تأثیراتی از قبیل موارد زیر را به همراه داشته‌باشد: به هم خوردن تعادل اکولوژیکی و بیولوژیکی در دریاچه ارومیه، تغییر اقلیم منطقه به واسطه بالا رفتن دمای هوا و کاهش رطوبت در نواحی اطراف دریاچه و تبدیل اراضی حاصلخیز اطراف دریاچه به شورزار و نمکزار به واسطه انتقال نمک دریاچه توسط باد. در این پژوهش با توجه به پتانسیل منابع آب حوضه و در نظر گرفتن تامین نیاز زیست‌محیطی دریاچه ارومیه برای حفظ رقوم اکولوژیکی مطلوب به بررسی بیلان دریاچه با استفاده از تعریف سناریوهای مختلف پرداخته شده‌است. ابتدا مطالعات منابع و مصارف آب در زیرحوضه‌ها، با جمع‌بندی اطلاعات موجود، پیکربندی سیستم در شرایط (موجود)، بهره‌برداری، شامل منابع و مصارف از لحاظ زمانی و مکانی تهیه می‌شود. سپس بر اساس طرح‌های در حال ساخت و تخصیص‌گرفته در حد اطلاعات موجود و طرح‌های در حال مطالعه، همچنین با در نظر گرفتن بررسی خشکسالی‌های دهه ۸۰ که باعث کاهش شدید ورودی به دریاچه شده‌است، سناریوهای مختلفی تعریف شده‌اند، و در نهایت برای بهبود شرایط دریاچه سناریوی مدیریتی علاج‌بخشی پیشنهاد شده‌است.

کشاورزی است، مدیریت پایدار منابع آب وظیفه دارد همزمان دو هدف را مد نظر قرار دهد: ۱- کشاورزی آبی پایدار برای تضمین امنیت غذایی، ۲- حفاظت از محیط‌زیست. لازم است که بین این دو هدف تعاملی پایدار در حال و آینده برقرارگردد، و در عین حال تعارض‌های بالقوه بین این دو هدف با کمک روش‌هایی مانند به‌کارگیری شیوه‌های نوین آبیاری، جلوگیری از اتلاف آب در مسیرهای انتقال، تغییر الگوی کشت به سوی محصولات کم‌مصرف و افزایش راندمان آبیاری میسر خواهد شد (مفتاح و همکاران، ۱۳۸۹). بی تردید، تامین آب یکی از پایه‌های اصلی توسعه در کشورهای مختلف است و نقش مهمی در ارتقای سطح کمی و کیفی زندگی و رونق اقتصادی و رفاه اجتماعی دارد. در گذشته به‌علت آنکه در طراحی‌ها عمدتاً تمرکز بر تامین نیازهای شرب، کشاورزی و صنعت بوده‌است، حق‌آبه‌های زیست‌محیطی در بیشتر موارد نادیده گرفته‌شده و در قوانین تخصیص آب، سهم قابل توجهی نداشته‌اند. در صورت تداوم این امر در آینده‌ای نه چندان دور با تخریب و از بین رفتن بوم‌سازگان‌های طبیعی و به تبع آن گونه‌های گیاهی و جانوری مربوطه، منابع طبیعی عظیمی با ارزش اقتصادی فراوان در معرض تهدید قرار می‌گیرند. در کنار آثار مثبت ساخت سدها، که اغلب از دیدگاه اقتصادی- اجتماعی مطرح است، احداث سدها و سیستم‌های تنظیم آب، تغییرهای عمده‌ای را در الگوی طبیعی رودخانه‌ها در پایین دست نیز ایجاد می‌کند (Raskin, Hansen, Zhu, 2000) افزایش جمعیت و رشد اقتصاد، روند صنعتی‌شدن شهرها و متعاقب آن روند روزافزون رشد تقاضا در زمینه‌های مختلف، شرایط بحرانی را برای منابع آب جهان به‌طور اعم و به‌طور خاص در حوضه‌هایی که محیط‌زیست ویژه‌ای دارند، باعث شده‌است بوم‌سازگان این حوضه‌ها با چالش‌های زیادی روبرو شود؛ بنابراین شناسایی و تخصیص نیاز آب زیست‌محیطی تالاب‌ها نقش موثری در حفاظت از عملکردهای بوم‌سازگان خواهد داشت (باقری و فرهمند،

۲- مواد و روشها

۲-۱- مروری بر پژوهش‌های انجام شده

مساله آب زیست محیطی یا حبابه زیست محیطی، در سه دهه اخیر اهمیت بسیار زیادی در مجامع مختلف علمی- فنی جهان پیدا کرده است. روده‌ها، تالاب‌ها و خلیج‌ها نیازهای آبی دارند که برای حفظ بوم‌سازگان طبیعی آنها و تداوم تامین خدمات و کالاهایی که از آنها تولید می‌شود، ضروری است. به دلیل عدم رعایت این موضوع، بسیاری از بوم‌سازگان‌ها آسیب دیده‌اند و دوام درازمدت آنها دچار ریسک شده است. از اوایل دهه ۱۹۸۰ میلادی و به موازات پیشرفت تکنولوژی در علوم گوناگون، توجه به مدل‌سازی در تخصیص منابع آب شدت گرفت. یک تعریف مفید این است که تخصیص آب ترکیب فعالیت‌هایی است که مصرف‌کنندگان از آن را قادر می‌سازد تا آب را برای اهداف سودمند مطابق با قوانین و اولویت‌های پذیرفته شده در منطقه به کار گیرند (UNESCAP, 2000).

Hansen and Raskin, (2000) در پژوهشی که بر روی دریاچه آرال برای تعیین نیاز آبی این دریاچه انجام دادند، سناریوها را مجموعه‌ای از فرض‌های گوناگون در شرایط آینده در زمینه سیاست‌ها، هزینه‌ها و مولفه‌هایی که بر تقاضا، منابع و هیدرولوژی موثرند می‌باشند، تعریف کرده‌اند. افق زمانی که برای آنالیز منابع آب حوضه‌ها می‌توان در نظر گرفت را از یک سال تا ۱۰۰ سال قابل بیان می‌کنند. سناریوها در نهایت نسبت به معیارهایی از قبیل کفایت آب برای تامین تقاضا، هزینه‌ها، سودها، مطابقت با اهداف زیست محیطی و حساسیت نسبت به عدم قطعیت موجود در متغیرهای اصلی ارزیابی می‌گردند.

McCosh and Bennet, (2004) از شبیه‌سازی کامپیوتری برای تعیین رژیم آبی تالاب مورد بررسی قبل از توسعه، استفاده کردند. نتایج نشان داد که غرقاب شدن ۲۰۰۰ هکتار از تالاب‌های Gwydir واقع در استرالیا در ۸۵٪ سال‌ها اتفاق می‌افتد. بر این اساس پیشنهاد شد تالاب با تداوم بیشتر از ۳۰ روز در سال غرقاب شود.

Levite, et al., (2010) مدیریت نیاز آبی در یک حوضه تحت استرس آبی در آفریقای جنوبی را با استفاده از نرم‌افزار WEAP مورد بررسی قرار دادند. نتایجی به دست آمده قابل قبول بود، سادگی استفاده از این مدل و وجوه همگام با کاربر، آن را برای برنامه‌ریزی منابع آب در میان سایر نرم‌افزارهای موجود موثرتر می‌کند.

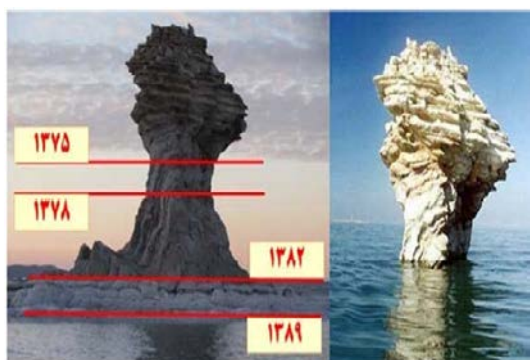
Alfara et al., (2012) در اردن برای ارزیابی سناریوهایی مانند افزایش استفاده از فاضلاب تصفیه شده برای آبیاری و تغییر اقلیم از مدل WEAP استفاده کرده و در نهایت به این نتیجه رسیدند که اقدامات مدیریتی اثر مطلوبی بر منابع آب حوضه خواهد داشت.

باقری و فرهنگند (۱۳۸۹) نیاز آبی تالاب مهارلو را با استفاده از مدل تخصیص منابع آب WEAP تعیین کردند. در این پژوهش در ابتدا تقریب اولیه‌ای از نیاز آب زیست محیطی تالاب با استفاده از معادله بیلان آب تعیین گردید و سپس با استفاده از مدل WEAP وضعیت حال حاضر منابع و مصارف تالاب در ۳۰ سال آینده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج مدل تدوین شده برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب در بررسی نیاز آب زیست محیطی تالاب مهارلو حاکی از آن بود که تامین نیازهای غیرمصرفی می‌بایست در دستور کار قرار گرفته و لازم است در سناریوی توسعه کامل (افق) ۱۴۲۰، حق آب هریک از منابع تامین آب تالاب شناسایی و به‌طور دقیق اعمال شود.

کرمانشاهی و همکاران (۱۳۹۲)، وضعیت منابع آب و تقاضاهای آبیاری دشت نیشابور را با استفاده از مدل WEAP مورد بررسی قرار دادند. برای ارزیابی وضعیت دشت، سناریوهایی با عناوین تغییر الگوی کشت، کاهش سطح زیر کشت و سناریوی ترکیبی (ترکیب این دو راهکار) مطرح کردند. نتایج نشان داد که با اعمال این سناریوها، میانگین سالانه نیاز آبیاری به ترتیب حدود ۹،۱۰ و ۱۸ درصد کمتر خواهد شد، به بیانی دیگر راهبردهای مطرح شده توسط پژوهش مذکور می‌توانند نقش به‌سزایی در کاهش تقاضای آب کشاورزی، و در



شکل ۱. موقعیت حوزه آبریز دریاچه ارومیه در مجاورت حوضه‌های همسایه و نیز استان‌های مشمول [۷]



شکل ۲. افت تراز آب دریاچه در دهه اخیر [۷]

نوسان غلظت نمک در سری تاریخی بین ۲۵۰ تا ۲۷۰ گرم بر لیتر بوده‌است. این غلظت تقریباً ۱۵ برابر شوری دریاچه خزر و ۵ برابر شوری آب اقیانوس‌ها می‌باشد. تنها موجود زنده در دریاچه، آرتمیا است که تا غلظت ۲۷۵ گرم بر لیتر توانایی زنده ماندن دارد و پس از آن در پوسته خود فرو خواهدرفت. در شکل (۳) نمایی از آرتمیا نشان داده شده‌است. این موجود منبع اصلی غذای پرندگان مهاجری همچون فلاینگوها بوده و در صورتی که آرتمیا در پوسته خود فرو رود، در آن سال فلاینگوها به منطقه مهاجرت نخواهندکرد. آب دریاچه غنی از مواد معدنی بوده و نمک‌های موجود در آن به‌آسانی قابل‌بهره‌برداری و استفاده مصارف خانگی و صنعتی است. در اطراف دریاچه ارومیه تعداد ۱۶ تالاب با وسعت‌های ۵ تا ۱۲۰۰ هکتار که (بعضی خشک شده‌اند)

نتیجه کاهش برداشت از منابع آب منطقه داشته‌باشد.

در مطالعه حاضر سعی شده‌است با ارایه راهکارهای مدیریتی شرایط زیست‌محیطی دریاچه ارومیه را بهبود بخشید و از وخیم‌تر شدن وضعیت دریاچه جلوگیری گردد. تاثیر این اقدامات بر منابع آب حوزه آبریز ارومیه با استفاده از مدل WEAP مورد ارزیابی قرار گرفته‌است. بدیهی است ارایه چنین راهبردهایی در بلندمدت باعث بهبود شرایط زیست‌محیطی دریاچه ارومیه و تالاب‌های حاشیه‌ای آن که از جالب‌ترین زیستگاه‌های طبیعی جانوران در ایران و جهان به‌شمار می‌رود، می‌شود.

۲-۲- معرفی حوضه

حوضه آبریز دریاچه ارومیه در شمال‌غرب ایران در حد فاصل بخش‌های شمالی رشته کوه‌های زاگرس و دامنه‌های جنوبی سهند و نیز دامنه‌های شمالی، غربی و جنوبی کوه سهند قرار گرفته‌است. حوضه آبریز ارومیه در بین مختصات جغرافیایی ۰۷، ۴۴۰ تا ۵۳، ۴۳۰ طول شرقی و ۴۰، ۳۵۰ تا ۳۰، ۳۸۰ واقع شده‌است. این حوضه از نظر درجه‌بندی در زمره حوضه‌های آبریز درجه یک به‌شمار می‌رود. حوضه ارومیه دارای مساحت تقریبی ۵۱۸۶۲ کیلومتر مربع بوده و ۴۶۳۹ کیلومتر مربع از حوضه را دریاچه ارومیه به‌خود اختصاص داده‌است. در شکل (۱) موقعیت حوضه آبریز دریاچه ارومیه نشان داده شده‌است.

دریاچه ارومیه به‌عنوان یکی از بزرگترین دریاچه‌های ایران و مقصد نهایی مجموعه رودخانه‌های شمال‌غرب کشور می‌باشد اهمیت بسیار زیادی در بخش‌های اقتصادی و اجتماعی و محیط زیستی این منطقه دارد. دریاچه ارومیه کانون تجمع جریان‌های سطحی مازاد بر مصرف کلیه رودخانه‌های حوضه بسته ارومیه می‌باشد. وضعیت افت تراز آب دریاچه و فرآیند تدریجی خشک‌شدن آن در سال‌های اخیر مشکلات مهم اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی را برای منطقه به همراه داشته‌است که در شکل (۲) نشان داده شده‌است.

کشت می‌شوند. این اراضی با توجه به موقعیت مکانی به تناسب از منابع آب سطحی و زیرزمینی تأمین آب می‌گردند. در جدول (۱) میزان بارش، پتانسیل آب سطحی و زیرزمینی به تفکیک استان‌ها و کل حوضه ارایه شده‌است.

جدول ۱: پتانسیل آب سطحی و زیرزمینی و حجم بارش

حوزه آبریز ارومیه

استان‌های حوضه	حجم بارش (MCM)	پتانسیل آب سطحی (MCM)	پتانسیل آب زیرزمینی (MCM)
استان اذربایجان شرقی	۶۱۰۷/۴	۱۵۸۰	۷۷۵
استان اذربایجان غربی	۸۸۵۶/۸	۳۴۴۰	۱۱۶۲
کردستان	۲۸۵۶/۸	۱۵۸۰	۱۰۰
کل حوضه	۱۹۰۰۰	۶۶۰۰	۲۰۳۷

وجود دارد که اکثراً دارای آب شیرین و یا شور و شیرین بوده و از ارزش بوم‌شناختی بالایی برخوردار هستند.



شکل ۳. نمایی از جانداران مرتبط با اکوسیستم دریاچه ارومیه (تصویر بالا پرندگان مهاجر فلاینگو و تصویر پایین تنها موجود زنده داخل آب دریاچه بنام آرتمیا) [۷]

۴-۲- منابع و مصارف حوضه در شرایط توسعه
از سال ۱۳۷۵ تا سال پایه ۱۳۹۰ تعداد سدهای در دست بهره‌برداری قرار گرفته با حجم بالای ۱۰ میلیون مترمکعب برابر چهار عدد (دو سد مهاباد و بوکان قبل از سال ۱۳۷۵ به بهره‌برداری رسیده‌اند) می‌باشد. در همین دوره تعداد سدهای در دست اجرا و مطالعاتی با حجم بالای ۱۰ میلیون مترمکعب به ترتیب برابر هشت و ۱۰ سد می‌باشد. در این دوره میزان توسعه کل اراضی آبی به مساحت ۴۵۹۸۶۱ هکتار رسیده که سهم سه استان اذربایجان شرقی، غربی و کردستان به ترتیب برابر ۱۹۵۴۶۵، ۲۴۷۳۲۰ و ۱۷۰۷۷ هکتار می‌باشد.

۵-۲- مدلسازی حوضه

مراحل کاربرد مدل WEAP به این صورت است که ابتدا ابعاد مکانی و زمانی مطالعه مشخص می‌گردد. سپس اطلاعات مورد نیاز را برای سال پایه (شرایط موجود)^۱ و سال‌های واسنجی وارد کرده و مدل کالیبره می‌شود. پس از کالیبراسیون، نوبت به طرح و ایجاد سناریوهای مختلفی در مورد شرایط آینده در زمینه سیاست‌ها، آب و هوا و

۲-۳- منابع و مصارف حوضه در شرایط موجود

در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۱۷ رودخانه دائمی و ۳۹ مسیل جمعاً منابع آب‌های سطحی و رودی دریاچه ارومیه را تشکیل می‌دهند. همچنین نحوه تغییر سطح آب زیرزمینی متناسب با الگوی معمول در اغلب حوضه‌های بسته بوده و از پای ارتفاعات به طرف مرکز و خروجی دشت‌ها کاهش می‌یابد. در مقاله حاضر منابع و مصارف حوضه ارومیه شامل مصارف شرب، صنعت، کشاورزی و محیط‌زیست می‌باشد.

آمار و اطلاعات هر یک از منابع و مصارف استفاده در مدل شبیه‌سازی حوضه بررسی شده‌اند. در حوضه ارومیه در سال پایه مطالعات، میزان کل اراضی آبی برابر ۴۵۹۸۶۱ هکتار بوده که سهم سه استان اذربایجان شرقی، غربی و کردستان به ترتیب برابر ۱۹۵۴۶۵، ۲۴۷۳۲۰ و ۱۷۰۷۷ هکتار می‌باشد که بر اساس نظام حاکم بر بهره‌برداری از آب کشاورزی در این حوضه،

ذکر است که قبل از تشکیل فایل ورودی مدل، داده‌های ایستگاه‌های هیدروکلیماتولوژی موجود، مورد آزمون همگنی قرار گرفت و با روش رگرسیون بازسازی و تکمیل گردید. در این تحقیق نیاز زیست‌محیطی رودخانه معادل ۳۰ درصد آبدهی رژیم طبیعی رودخانه در هر ماه در نظر گرفته شده است. سناریوهای مورد بررسی در این تحقیق شامل چهار سناریو است. سناریوی مرجع، پایه همه سناریوهای دیگر است و بیان‌گر وضع موجود حوضه بدون تغییر سیاست‌های مدیریتی در آینده است. در این سناریو منابع، مصارف و نیازها در وضع موجود در مدل در نظر گرفته شده‌اند، شش سد، بوکان، علویان، مهاباد، شهرچای، نهند و حسنلو در این سناریو در حال بهره‌برداری هستند.

در سناریوی یک کلیه سدهای در دست ساخت و مطالعاتی حوضه که شامل ۱۸ سد هستند که به سناریوی وضع موجود اضافه شده‌اند. با بهره‌برداری از کلیه طرح‌های اضافه شده تقریباً میزان ۱۵۰۰ میلیون مترمکعب به حجم ذخیره در حوضه اضافه می‌گردد. در واقع در این سناریو کلیه طرح‌های اجرایی و مطالعاتی حوضه با مصارف و نیازها در افق ۱۴۲۰، در مدل لحاظ شده‌اند.

در سناریوی دو وضعیت تامین نیاز زیست‌محیطی دریاچه در یک دوره شاخص خشکسالی بررسی شده است. برای این منظور دوره آماری ۱۰ ساله ۱۳۷۵-۷۶ تا ۱۳۹۰-۹۱ در مدل شبیه‌سازی مورد استفاده قرار گرفته است.

سناریوی سه به عنوان راهکار مدیریتی جهت علاج بخشی وضعیت دریاچه و تامین حداقل نیاز زیست‌محیطی دریاچه در نظر گرفته شده است. در واقع این سناریو با اعمال مدیریت مصرف (مدیریت تقاضا) در قالب افزایش راندمان آبیاری در بخش مصارف کشاورزی با در نظر گرفتن الگوی کشت پیشنهادی مورد ارزیابی قرار گرفت. در این سناریو گره‌های نیاز کشاورزی برای سدهای در حال بهره‌برداری، سدهای در دست ساخت و مطالعاتی در شرایط افق توسعه در مدل بین ۵۰ تا ۶۰ درصد کاهش پیدا کرده‌اند. در واقع با توجه به راندمان

مؤلفه‌های مؤثر بر تقاضا و ... می‌باشد. در آخر بر اساس این سناریوها شبیه‌سازی انجام می‌شود و هر کدام از آنها مورد تحلیل قرار می‌گیرد. به لحاظ وسعت زیاد حوضه آبریز و پراکنش موقعیت اراضی کشاورزی در گستره حوضه و تفاوت قابل توجه شرایط اقلیمی توپوگرافی، تقسیم محدوده حوزه آبریز به بازه‌های مطالعاتی لازم و ضروری است. در این راستا حوزه آبریز دریاچه ارومیه بر اساس موقعیت ساختگاه‌ها (سدهای مخزنی و ایستگاه‌های هیدرومتری) به ۱۱۷ بازه تقسیم شده است. در این حوضه آبریز هر بازه به یک سد یا ایستگاه هیدرومتری و یا به خود دریاچه ارومیه بسته شده است. در شبیه‌سازی حوضه با استفاده از مدل WEAP گره‌ها نقش محوری دارند. به‌همین منظور در این پژوهش گره‌های تقاضا به تفکیک شرب و صنعت، کشاورزی و محیط زیست به مدل معرفی شدند. در ادامه نیز دیگر داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز نظیر دبی سرشاخه‌ها، مقادیر آب برگشتی، اطلاعات سدهای مورد بررسی منحنی حجم- ارتفاع سدها و تبخیر و تعرق سدها به صورت ماهانه، حجم فعال مخازن، حجم مدل پرداخته می‌شود.

۲-۶- سناریو نویسی جهت بررسی شرایط زیست

محیطی دریاچه

سناریوها مجموعه‌ای از فرض‌های گوناگون در شرایط آینده در زمینه سیاست‌ها، هزینه‌ها و مولفه‌هایی که بر تقاضا، منابع و هیدرولوژی موثرند، می‌باشد. افق زمانی از یک سال تا ۱۰۰ سال قابل تعیین است. سناریوها در نهایت نسبت به معیارهایی از قبیل کفایت آب برای تامین تقاضا، هزینه‌ها، سودها، مطابقت با اهداف زیست‌محیطی و حساسیت نسبت به عدم قطعیت موجود در متغیرهای اصلی ارزیابی می‌گردند. در مطالعه حاضر سال ۱۳۹۰-۹۱ به‌عنوان ساله پایه انتخاب شد و دوره آماری ۴۵ ساله (۱۳۹۰ تا ۱۴۲۰) برای انجام شبیه‌سازی در مدل در نظر گرفته شده است. داده‌های آبدهی و مصارف در دوره آماری ۱۳۴۵-۴۶ تا ۱۳۹۰-۹۱ وارد مدل شده‌اند. شایان

شورای منطقه‌ای حوزه آبریز ارومیه (۱۳۹۱) این مقدار برابر ۳/۹ میلیارد متر مکعب برآورد شده است. بنابراین چنانچه در هر یک از سناریوها میزان آورد ورودی به دریاچه کمتر از این مقدار باشد نشان می‌دهد که دریاچه در وضعیت تنش قرار خواهد گرفت.

۳-۱-۲- بررسی میزان آورد ورودی به دریاچه ارومیه در سناریوی یک شرایط افق توسعه ۱۴۲۰

در سناریوی توسعه آینده که شامل افق ۱۴۲۰ می‌باشد، میزان مصارف مختلف حوزه آبریز در بازه ذکر شده با استفاده از گزارش به‌هنگام سازی طرح جامع آب کشور در حوضه ارومیه که توسط شرکت مهندسی مشاور مه‌اب قدس تهیه گردیده استخراج و در مدل شبیه‌سازی فوق وارد و پس از تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار فوق، میزان تامین حداقل نیاز زیست محیطی دریاچه ارومیه در سناریوی توسعه آینده استخراج گردید. مقادیر آورد ماهانه ورودی به دریاچه ارومیه بر اساس نتایج مدل‌سازی در شرایط توسعه کامل در جدول (۴) و نتایج میزان تامین نیاز زیست محیطی دریاچه در جدول (۵) نشان داده شده است.

میزان حجم آب ورودی به دریاچه با تحلیل از نتایج مدل برای شرایط توسعه در افق ۱۴۲۰ نشان می‌دهد، با اجرایی شدن کلیه طرح‌های در دست ساخت و مطالعاتی، ورودی به دریاچه به شدت کاهش می‌یابد. به طوری که در سناریوی وضع موجود حوضه، حجم ورودی به دریاچه ۳/۲۹۳ میلیارد متر مکعب بوده است و در سناریوی یک که کلیه طرح‌های اجرایی و مطالعاتی حوضه ارومیه وارد مدل شده‌اند میزان حجم ورودی به دریاچه به ۲/۵۰۷ میلیارد متر مکعب رسیده است. در واقع با اجرایی شدن تمام طرح‌های حوضه ۷۸۶ میلیون متر مکعب از حجم ورودی به دریاچه کاسته شده است. این میزان کمبود اثر طرح‌های توسعه در حوضه بر میزان آورد ورودی به دریاچه را نشان می‌دهد. شکل (۴) مقایسه میزان حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه به صورت ماهانه تحت دو سناریوی وضع موجود و افق توسعه نشان داده شده است.

الگوی کشت حوضه، در این سناریو به طور میانگین راندمان ۱۰ درصد افزایش داده شده و در مدل اعمال گردیده است. همچنین نیازهای شرب مطلوب به جای نیازهای شرب معمول در گره‌های نیاز شرب سدها در نظر گرفته شده‌اند. مدیریت مصارف و کاهش نیازهای آبی سطح حوضه همزمان با مدیریت منابع آب موجود در سطح حوضه که به طور خلاصه "مدیریت توأم عرضه و تقاضا" نامیده می‌شود، یکی از راه کارهای مدیریت به هم پیوسته منابع آب برای جلوگیری از خشک شدن دریاچه در سال‌های آتی می‌باشد.

۳- نتایج

۳-۱-۱- نتایج شبیه سازی مدل برای سناریوهای مختلف

پس از اجرای مدل برای هریک از سناریوهای مذکور، نتایج مربوط به میزان حجم آورد ورودی به دریاچه بررسی گردیده است. نتایج به دست آمده از هر سناریو با سناریوی مرجع مقایسه و در نهایت تاثیر رویکرد مدیریت تقاضا بر میزان تامین نیاز زیست محیطی دریاچه مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

۳-۱-۱-۱- بررسی میزان آورد ورودی به دریاچه ارومیه در شرایط وضع موجود

نیازها و مصارف مختلف در حوزه آبریز ارومیه در وضع موجود به صورت داده‌های ماهانه به مدل مدیریت یکپارچه منابع آب WEAP معرفی گردید. جدول (۲) مقادیر آورد ماهانه ورودی به دریاچه ارومیه بر اساس نتایج مدل‌سازی در شرایط وضع موجود را نشان می‌دهد. همچنین در جدول (۳) نتایج مدل‌سازی در شرایط موجود برای تامین حداقل نیازهای زیست محیطی دریاچه ارومیه آورده شده است. در پژوهش حاضر حداقل میزان آورد ورودی به دریاچه ارومیه برای تامین نیاز بوم‌شناختی دریاچه، با توجه به پژوهش‌های انجام شده در طرح حفاظت از تالاب‌های ایران (فاضلی و تیم حفاظت از تالاب‌های ایران ۱۳۹۱ و گزارش برنامه مدیریت ریسک خشکسالی حوضه آبریز ارومیه کار گروه مدیریت پایدار منابع آب و کشاورزی

جدول ۲. مقادیر ماهانه ورودی به دریاچه در شرایط وضع موجود (MCM)

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	متوسط سالانه
ورودی به دریاچه	۲۵/۶۵	۶۸/۵۷	۱۳۲/۰۱	۱۶۱/۸۵	۱۸۲/۸۹	۳۹۳/۲۱	۱۰۵۷/۵۱	۹۷۷/۷۷	۱۷۵/۵۷	۵۳/۲۵	۳۴/۱۴	۲۰/۶۴	۲۷۱/۱

جدول ۳. متوسط نیاز و تامین نیازهای غیرمصرفی در حوزه آبریز ارومیه در شرایط موجود (MCM)

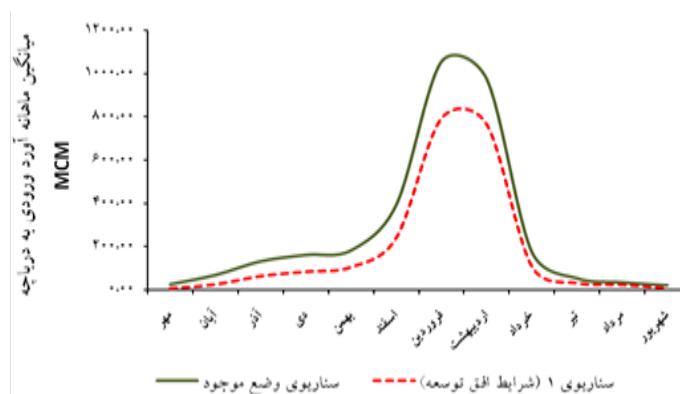
نوع نیاز زیست محیطی	متوسط سالانه نیاز آبی	متوسط سالانه تامین آب	متوسط سالانه کمبود آب	کمبود (%)
دریاچه ارومیه	۳۹۰۰	۳۲۹۳	۶۰۷	۱۵/۶

جدول ۴. مقادیر ماهانه ورودی به دریاچه در شرایط افق توسعه ۱۴۲۰ (MCM)

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	متوسط سالانه
ورودی به دریاچه	۱۲/۸	۳۳/۱	۷۲/۳	۸۲/۷	۱۰۳/۸	۲۶۳/۲	۸۰۵/۷	۸۲۵	۱۸۱/۴	۵۰/۲	۲۳/۷	۱۱/۷	۲۰۴/۶

جدول ۵. متوسط نیاز و تامین نیازهای غیرمصرفی در حوزه آبریز ارومیه در افق توسعه (MCM)

حدافل نیاز زیست محیطی		متوسط سالانه تامین آب		کمبود (%)	
۱۳۹۰	۱۳۹۰-۱۴۲۰	۱۳۹۰	۱۳۹۰	۱۳۹۰	۱۳۹۰-۱۴۲۰
۳۲۹۳	۲۵۰۷/۲	۱۵/۶	۳۵/۷		



شکل ۴. میزان حجم آب ورودی به دریاچه طی دو سناریو به صورت ماهانه

تحلیل ران (run) سری میانگین متحرک سه ساله سری دراز مدت آبدهی ماهانه و سالانه رودخانه شهرچای در محل ایستگاه آبسنجی بند ارومیه مطابق شکل (۵) بهره گرفته شد. همان طور که در شکل (۵) دیده می شود دوره خشکسالی شاخص از سال (۷۶-۱۳۷۵) شروع شده و تا سال (۹۱-۱۳۹۰) ادامه پیدا کرده است.

همچنین برای بررسی دقیق تر و مطابقت با روش قبلی ذکر شده، برای تعیین دوره خشکسالی شاخص در حوضه از شاخص خشکسالی اقلیمی SPI نیز بعنوان شاخص مبنا استفاده شده است. محاسبه شاخص SPI برای هر مکان بر اساس ثبت بارش های طولانی مدت در دوره مورد نظر پایه گذاری شده است. داده های طولانی مدت ثبت شده همراه با یک توزیع احتمالاتی برازش می شوند و سپس به یک توزیع نرمال نسبت داده می شوند. به طوری که شاخص SPI متوسط برای هر مکان با پیوند مورد نظر صفر است. از روی منحنی توزیع احتمالی بر حسب مقادیر مختلف SPI رطوبت و خشکی متناظر آن تعریف می گردد. مقدار SPI مثبت نمایانگر بارش بیشتر از مقدار بارش متوسط و مقدار SPI منفی نمایانگر بارش کمتر از مقدار بارش متوسط می باشد. زمانی که مقدار SPI محاسبه شده منفی باشد، نشانگر شروع خشکسالی است و هنگامی که مقدار محاسبه شده این شاخص مثبت باشد پایان خشکسالی را نشان می دهد.

همان طور که در شکل (۴) مشاهده می شود طی ماه های بهار شاهد قدری افزایش در ورودی ها هستیم که آن را می توان در نتیجه میزان بارش بیشتر و میزان تخصیص کمتر به زیر حوضه های حوزه آبریز ارومیه در این ماه ها دانست.

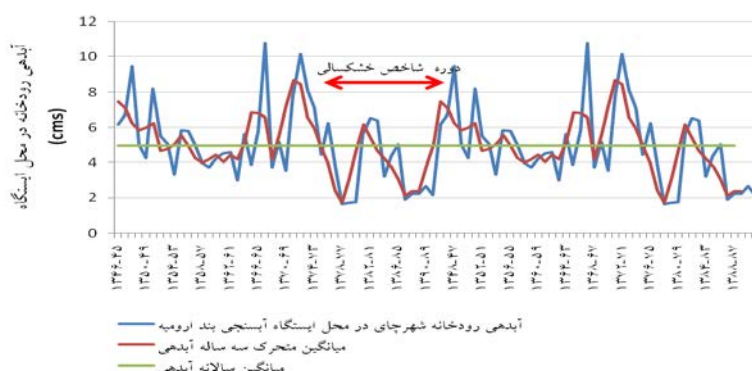
۳-۱-۳- بررسی میزان آورد ورودی به دریاچه ارومیه

در سناریوی دو شرایط خشکسالی

در ادامه مطالعات منابع و مصارف آب در حوزه آبریز دریاچه ارومیه در یک دوره شاخص خشکسالی که برگرفته از دوره تاریخی بازسازی شده است تکرار و نتایج آن با دوره شاخص شبیه سازی (۱۳۹۰-۱۳۴۶) مقایسه و تحلیل حساسیت می شود.

به منظور تعیین دوره خشکسالی بحرانی و ارزیابی میزان حجم آب ورودی به دریاچه در مواجهه با این دوره ها موارد زیر مد نظر قرار گرفته است، دوره های بلندمدت تری نسبت به دوره ثبت شده مورد بررسی قرار گیرد، دوره های خشکسالی در نظر گرفته شده به لحاظ احتمالاتی امکان وقوع داشته باشند (غیر واقعی نباشند) و دوره های خشکسالی بر اساس توالی چند دوره خشک کم آبی شناسایی شود.

از این رو برای استخراج دوره بحرانی از رویکرد دوره های متوالی شده است. در این رویکرد فرض بر این است که یک دوره ۴۵ ساله می تواند به طور متوالی تکرار شود. با این فرض و بر اساس اطلاعات تطویل شده، از



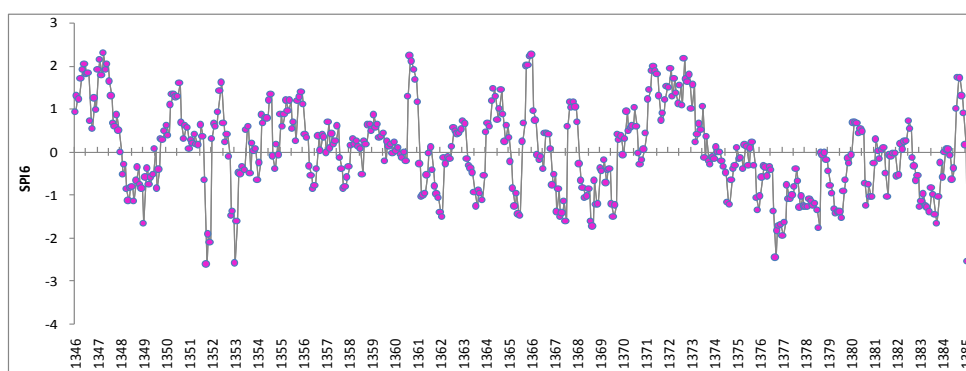
شکل ۵. استخراج دوره خشکسالی بر اساس داده های تاریخی در حوضه ارومیه

نزدیک به نرمال بودند. بقیه سال‌ها در محدوده خشک تا بسیار خشک قرار داشتند که شدیدترین خشکسالی مربوط به سال ۱۳۷۷ می‌باشد. خشکسالی‌های اخیر با دوام و شدت زیاد سبب پایین آمدن سطح دریاچه به میزان قابل توجهی شده‌است و در حال حاضر دریاچه ارومیه در بحران جدی قرار دارد.

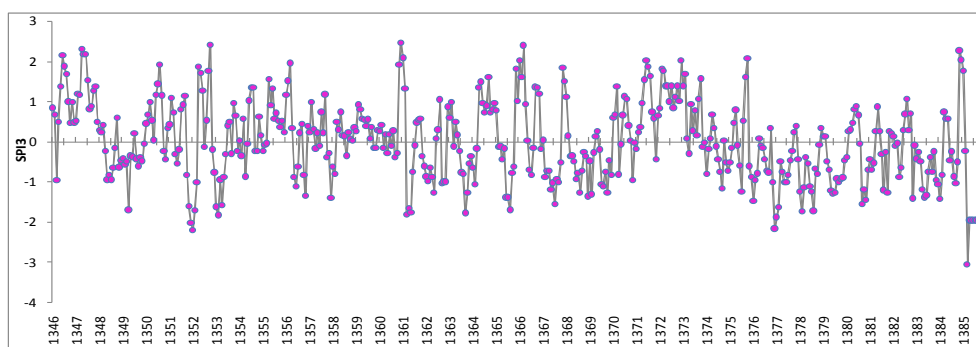
با توجه به تعیین دوره شاخص خشکسالی، سناریوی دو در مدل تعریف شده و منابع و مصارف حوضه شبیه‌سازی شده‌اند. نتایج مدل بر میزان آورد ورودی به دریاچه به صورت ماهانه و میزان تامین نیاز زیست محیطی دریاچه در جدول‌های (۶، ۷) و شکل (۸) ارایه شده‌اند.

SPI ممکن است با گام‌های زمانی مختلف محاسبه شود (به عنوان مثال ۱ ماهه، ۳ ماهه، ...، ۴۸ ماهه). استفاده از گام‌های زمانی مختلف اجازه ارزیابی اثرات مقداری از بارندگی بر روی مؤلفه‌های منابع آبی (آب زیرزمینی، مخزن ذخیره، رطوبت خاک و جریان رودخانه) را می‌دهد در این راستا از داده‌های بارندگی ایستگاه ارومیه جهت محاسبه شاخص SPI سه و شش ماهه، استفاده شده که در شکل‌های (۶ و ۷) نشان داده شده است.

بر اساس نتایج به دست آمده از شاخص SPI، شدیدترین و طولانی‌ترین خشکسالی در حوضه به مدت ۱۵ سال از سال ۱۳۷۵ شروع شده است. به جز سال‌های ۸۰ و ۸۲ که



شکل ۶. شاخص خشکسالی (SPI) ۳ ماهه بارندگی ایستگاه سینوپتیک ارومیه



شکل ۷. شاخص خشکسالی (SPI) ۶ ماهه بارندگی ایستگاه سینوپتیک ارومیه

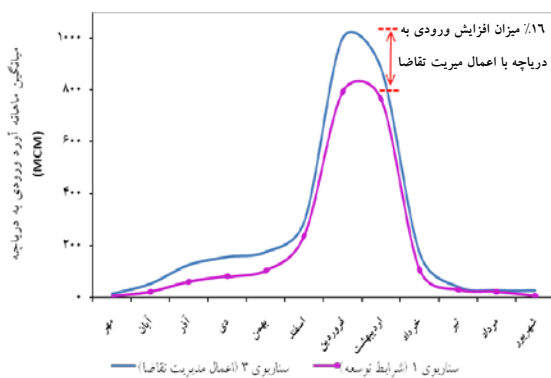
جدول ۶. مقادیر ماهانه ورودی به دریاچه در شرایط خشکسالی (MCM)

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	متوسط سالانه
ورودی به دریاچه	۵/۵	۱۶/۴	۲۳/۸	۳۲/۲	۷۱/۶	۲۳۹/۲	۶۷۳/۴	۵۸۵/۹	۹۷/۰	۳۰/۰	۲۲/۰	۶/۵	۱۵۰/۳

جدول ۷. متوسط نیاز و تامین نیازهای غیرمصرفی در حوزه آبریز ارومیه در شرایط خشکسالی (MCM)

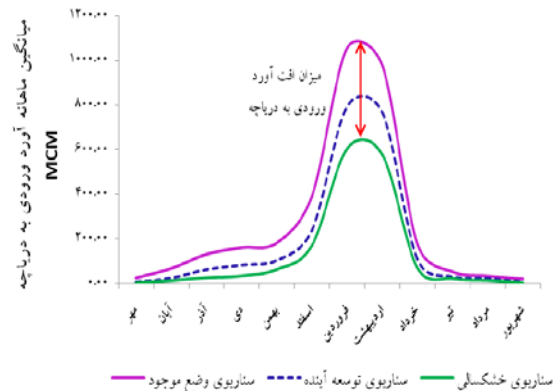
نوع نیاز زیست محیطی	متوسط سالانه نیاز آبی	متوسط سالانه تامین آب	متوسط سالانه کمبود آب	کمبود (%)
دریاچه ارومیه	۳۹۰۰	۱۸۴۵	۲۰۵۵	۵۲/۶

تبع آن افزایش مصرف آب، بر شرایط زیست محیطی دریاچه ارومیه به عنوان آخرین نقطه پایین دست اثرگذار بوده و با وقوع خشکسالی، این اثرات تشدید شده و مسایل زیست محیطی دریاچه را با بحران روبرو کرده است. مدیریت تقاضا در بخش کشاورزی نیازمند توجه بیشتر و تغییرات گسترده می باشد. از این رو سناریوی سه با هدف مدیریت عرضه و تقاضا به عنوان راهکار مدیریتی برای بهبود وضعیت دریاچه ارومیه تعریف شده است. در این سناریو مدیریت تقاضا در قالب کاهش نیاز کشاورزی و افزایش راندمان در شرایط افق توسعه کامل برای سال ۱۴۲۰ در مدل اعمال شده است. نتایج مقادیر ماهانه ورودی به دریاچه در جدول ۸ و شکل ۹ ارائه شده است.



شکل ۹. مقایسه میزان حجم آب ورودی به دریاچه در شرایط توسعه و اعمال مدیریت تقاضا

بر اساس نتایج به دست آمده، رویکرد مدیریت تقاضا به عنوان یکی از راه کارهای علاج بخشی برای دریاچه ارومیه در نظر گرفته شده است، در این سناریو میانگین حجم ورودی به دریاچه ۲۹۴۵ میلیارد متر مکعب برآورد شده است که در مقایسه با سناریوی یک که کلیه ۲۰ طرح توسعه و کلیه ۲۴ سد حوضه در افق توسعه لحاظ

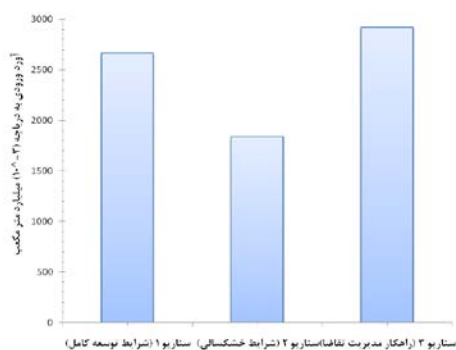


شکل ۸. مقایسه میزان حجم آب ورودی به دریاچه طی سناریوهای تعریف شده در حوضه به صورت ماهانه

در سناریوی دو علاوه بر اجرایی شدن کلیه طرح های توسعه و مطالعاتی، خشکسالی از جمله عوالی بوده که باعث کاهش شدید آورد ورودی به دریاچه شده است. به طوری که میانگین آورد ورودی به دریاچه در این سناریو، ۱/۸۴۵ میلیارد مترمکعب بوده است که در مقایسه با ۳/۲۹۳ میلیارد مترمکعب وضع موجود، دچار ۲۰۵۵ میلیارد متر مکعب کاهش آورد بوده است. می توان پیش بینی کرد که مقادیر ورودی به دریاچه ۵۶٪ نسبت به سناریوی مرجع کاسته می شود. در نتیجه می توان گفت علاوه بر ساختن بی رویه سدها و اجرایی شدن طرح های توسعه بدون در نظر گرفتن نیاز پایین دست برای حفظ رقوم بوم شناختی دریاچه، خشکسالی شدید در سال های اخیر نیز از عوامل چشم گیری بوده که وضعیت دریاچه را دچار تنش کرده است.

۳-۱-۴- بررسی میزان آورد ورودی به دریاچه ارومیه در سناریوسه به عنوان راهکار مدیریتی برای علاج بخشی دریاچه بر اساس نتایج به دست آمده این نکته دارای اهمیت است که با توجه به بسته بودن حوزه آبریز دریاچه ارومیه، هرگونه توسعه اراضی کشاورزی در این حوزه آبریز و به

هیچ‌گونه توسعه‌ای هم حتی وضعیت رو به وخامت گذاشته و اعمال راهکارهای مدیریتی بسیار ضروری به نظر می‌رسد. بر اساس نتایج به‌دست آمده در سناریوی وضع موجود حوضه حجم ورودی به دریاچه ۳/۳ میلیارد مترمکعب بوده است و در سناریوی یک که کلیه طرح‌های اجرایی و مطالعاتی حوضه ارومیه وارد مدل شده‌اند، میزان حجم ورودی به دریاچه به ۲/۵ میلیارد مترمکعب رسیده است. در واقع با اجرایی شدن تمام طرح‌های حوضه ۸۰۰ میلیون مترمکعب از حجم ورودی به دریاچه کاسته شده است. این میزان کمبود، اثر طرح‌های توسعه در حوضه بر دریاچه را نشان می‌دهد. سناریوی دو با در نظر گرفتن اثر خشکسالی یک دوره خشکسالی ۱۵ ساله شاخص در حوزه آبریز ارومیه مورد بررسی قرار گرفته است، که بدترین شرایط به وجود آمده برای دریاچه را نشان می‌دهد. در این سناریو حجم آب ورودی به دریاچه به ۱/۸۴۵ میلیارد مترمکعب رسیده است که در مقایسه با وضع موجود ۱/۴۴۸ میلیارد مترمکعب کاهش حجم آب وجود دارد، که این میزان کمبود به‌طور چشم‌گیری وخیم‌بودن وضعیت دریاچه را نشان می‌دهد. در شکل (۱۰) نتایج به‌دست آمده از مدل برای میزان آورد ورودی به دریاچه تحت سناریوهای مختلف تعریف شده، ارائه شده است.



شکل ۱۰. میزان آورد ورودی به دریاچه تحت سناریوهای مختلف

شده‌اند، میزان ۴۳۳ میلیون مترمکعب به حجم آب ورودی به دریاچه اضافه شده است، در نتیجه ۱۶٪ در وضعیت دریاچه در افق ۱۴۲۰ بهبود حاصل خواهد شد.

۴- بحث

باتوجه به پتانسیل آب سطحی حوضه و میزان متوسط کل بارش در حوضه که به ترتیب برابر ۶۶۰۰ و ۱۹۰۰۰ میلیون مترمکعب هستند، می‌توان میزان ضریب آب قابل‌استحصال را برای آب سطحی در حدود ۳۵٪ برآورد نمود. در نتیجه پتانسیل آب و خاک مناسب در حوضه دریاچه ارومیه، شرایطی را فراهم آورده است که در جهت حفظ، بهبود و بهره‌برداری بهینه از این منابع با ارزش، پروژه‌های آبی متعددی بر روی رودخانه‌های جاری در سطح حوضه مورد مطالعه قرار گیرد. بدیهی است که طراحی و اجرای این پروژه‌ها بدون در نظر گرفتن اثرات زیست‌محیطی آنها، مسایل و مشکلاتی را فراهم می‌سازد. نتایج بیان آبی دریاچه ارومیه در شرایط وضع موجود نشان‌گر آن است که کل حجم آب ورودی به دریاچه ۴/۵۳۵ میلیارد مترمکعب می‌باشد که شامل بارندگی، میزان جریان ورودی سطحی و زیرزمینی به ترتیب برابر ۱/۲، ۳/۲ و ۰/۰۴۵ میلیارد مترمکعب می‌باشد. در مقابل عوامل ورودی به دریاچه عوامل خروجی مانند تبخیر از سطح دریاچه، آب سطحی و آب زیرزمینی، کل عوامل متصور خروجی از دریاچه می‌باشند که برابر پنج میلیارد مترمکعب است، در طی این شرایط بیان آب دریاچه برابر (۴۷۰-) میلیون متر مکعب در هر سال خواهد بود. در نتیجه با توجه به ادامه شرایط موجود و روند افسارگسیخته توسعه به‌ویژه در بخش کشاورزی، وضعیت کنونی منطقه و به‌صورت خاص دریاچه ارومیه در حالت فوق بحرانی قرار گرفته است. در وضعیت کنونی و بدون

جدول ۸. مقادیر ماهانه ورودی به دریاچه در سناریوی مدیریت تقاضا (MCM)

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	متوسط سالانه
ورودی به دریاچه	۱۴/۱	۵۳/۶	۱۲۷/۰	۱۵۶/۹	۱۷۵/۹	۲۹۳/۱	۹۹۸/۳	۸۸۲/۳	۱۷۰/۲	۴۲/۳	۲۹/۱	۲۸/۲	۲۴۷/۶

همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود بر اساس اجرایی شدن کلیه طرح‌های توسعه در حوضه و در شرایط خشکسالی از مقادیر ورودی به دریاچه به ترتیب ۲۴ و ۵۶٪ نسبت به سناریوی مرجع کاسته، با اعمال مدیریت تقاضا ۱۶٪ افزایش ورودی وجود داشته‌است.

۵- نتیجه‌گیری

مدل‌سازی انجام‌شده در این پژوهش با استفاده از مدل WEAP بوده‌است. تخصیص در حوضه مورد مطالعه با رویکرد شبیه‌سازی- بهینه‌سازی به انجام‌رسید، که هدف در آن بررسی رویکرد مدیریت عرضه و تقاضا با حدکثر کردن درصد تامین نیاز زیست محیطی دریاچه ارومیه برای بهبود شرایط بوم‌شناختی دریاچه بوده‌است. در این پژوهش سعی شده با انجام مدل‌سازی ماهانه منابع آب، اثرات طرح‌های توسعه تا افق ۱۴۲۰ بر میزان تامین کلیه نیازهای حوضه و در نهایت آورد ورودی به دریاچه بررسی شود. همچنین مدل از انعطاف‌پذیری مناسبی برای معرفی نقاط مصرف برخوردار بود. تامین نیاز آب زیست محیطی تالاب و لحاظ نمودن آن در بهره‌برداری از طرح‌های توسعه حوزه آبریز، می‌تواند منجر به حفاظت از عملکردهای بوم‌شناختی آن گردد. پتانسیل آب و خاک مناسب در حوضه دریاچه ارومیه، شرایطی را فراهم آورده‌است که پروژه‌های آبی متعددی بر روی رودخانه‌های جاری در سطح حوضه، مورد مطالعه و اجرا گردد. به دلیل نداشتن مدیریت مناسب در سطح منابع آب حوضه، دریاچه ارومیه که یکی از زیستگاه‌های طبیعی مهم در منطقه آذربایجان بوده در آستانه خشک‌شدن قرار گرفته‌است. بر اساس نتایج شبیه‌سازی، با اجرایی شدن طرح‌های توسعه در افق ۱۴۲۰، در تامین نیازهای حوضه با کمبود ۳۵/۷٪ مواجه خواهیم شد، که این میزان کمبود در شرایط خشکسالی به ۵۲/۶٪ خواهد رسید. علاوه بر اجرایی شدن کلیه طرح‌های توسعه و مطالعاتی، خشکسالی از جمله عواملی بوده‌است که باعث کاهش شدید آورد ورودی به دریاچه شده‌است. به‌طوری که میانگین آورد

ورودی به دریاچه در این سناریو، ۱/۸۴۵ میلیارد مترمکعب در مقایسه با متوسط سالانه نیاز زیست محیطی دریاچه، دچار ۲۰۵۵ میلیارد مترمکعب کاهش آورد بوده‌ایم. با توجه به اینکه مصارف کشاورزی حدود ۹۰٪ کل مصارف حوضه مورد مطالعه را تشکیل می‌دهد. بحث مدیریت تقاضا در بخش کشاورزی نیازمند تغییرهای گسترده‌ای می‌باشد. در نهایت سناریوی سه با اعمال مدیریت تقاضا در بخش کشاورزی به‌عنوان رویکرد علاج بخشی به دریاچه در مدل تعریف شد که نتایج این رویکرد حاکی از آن است با اعمال مدیریت مصرف در بخش کشاورزی، در افق ۱۴۲۰، ۴۳۳ میلیون مترمکعب به حجم آب ورودی به دریاچه افزوده می‌شود. که این میزان افزایش، معادل ۱۶٪ بهبود در وضعیت دریاچه می‌باشد. در نتیجه می‌توان گفت لزوم اعمال مدیریت مصرف به‌خصوص در بخش کشاورزی برای بهبود وضعیت زیست محیطی دریاچه در سال‌های آتی بسیار حیاتی به‌نظر می‌رسد.

۶- منابع

- باقری، میثم و فرهمند، علیرضا (۱۳۸۹) "تعیین نیاز آبی تالاب مهارلو با استفاده از مدل تخصیص منابع آب WEAP"، دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران.
- کرمانشاهی، سمیه، داوری، کامران، هاشمی نیا سید مجید، انصاری، حسین و فریدحسینی علیرضا، (۱۳۹۲) "تاثیر مدیریت مصرف آب آبیاری بر منابع آب حوزه آبریز نیشابور با استفاده از مدل WEAP"، نشریه آب و خاک، ص ۵۰۵-۴۹۵.
- "گزارش طرح حفاظت از تالاب‌های ایران"، (۱۳۸۹).
- "گزارش وزارت نیرو دفتر برنامه ریزی کلان آب و آبفا"، بهمن (۱۳۸۹).

Applications (JASA), 1 (1): 1-7.

-Bennet, MacCosker, (2004) "Estimating environmental flow requirements of wetlands", Environmental Flow Seminar, Australian Water and Wastewater Association, Conberra.

-Levite, Sally, Cour, (2010) "Testing Water Demand Management Scenarios in a Water-Stressed Basin in South Africa".

-Pacific, (2000) "Principles and Practices of Water Allocation among Water-Use Sectors", ESCAP Water Resources Series, No. 80, Bangkok, Thailand.

-Raskin, Hansen, Zhu (2000) "Simulation of Water Supply and Demand in the Aral Sea Region".

-UNESCAP, United Nations (2000) "Economic and Social Commission for Asia and the Pacific", Principles and Practices of Water Allocation among Water-Use Sectors.

-WEAP User Guide, (2006) Website: [Http://www.weap21.org](http://www.weap21.org).

-گزارش برنامه مدیریت ریسک خشکسالی حوضه دریاچه ارومیه" (۱۳۹۱)، مطالعات پایه جلد اول، آذر.

-مفتاح هلقی، مهدی و وفایی جوان، عاطفه (۱۳۸۹) "برنامه ریزی منابع آب با استفاده از مدل WEAP مطالعه موردی، حوضه آبریز رامیان از استان گلستان"، دومین کنفرانس سراسری مدیریت جامع منابع آب، کرمان.

-مهندسین مشاور مهتاب قدس (۱۳۸۹) "گزارش بهنگام سازی طرح جامع آب کشور در حوضه‌های ارس تالش"، تالاب انزلی سفیدرود بزرگ، سفیدرود و هراز، گرگان رود (قره سو)، اترک، ارومیه، بهمن.

-Alfarra, Benedict, Hotzl, Sader, Sonneveld B, (2012) "Modeling water supply and demand for effective water management allocation in the Jordan Valley", Journal of Agricultural Science and