

## Agricultural Water Consumption Management Approach in Urmia Lake Restoration

M. Moghadasi<sup>1\*</sup>, S. Morid<sup>2</sup>, M. Delavar<sup>3</sup>  
and F. Arabpour<sup>4</sup>

### Abstract

Urmia Lake water level has declined steeply during the last decade. Continuation of the present condition will damage the region's industrial and agricultural sectors and even, creating a serious threat to the health of the inhabitants of the region. An integrated plan to save the lake was drawn by the lake basin stakeholders that resulted in an agreement allocating 3100 MCM of water per year to the lake. Supplying this sizable amount of water will not be easy when the total renewable water of the basin is about 6800 MCM per year. Definitely, one of the effective ways to fulfill such an agreement is to manage and reduce the basin's agriculture water consumption as the main water user. Reducing the area under cultivation and considering the deficit irrigation were feasible measures focused in this paper. Furthermore, different simulation and optimization models were developed so that the agriculture sector receives minimum losses due to the new management approaches. The models were run for a 49-year period of naturalized water yield of the basin. Also, two scenarios were examined for water allocation to the lake, including full and partial allocations; depending on wet and dry water years. The results showed that to allocate the agreed water right for the Lake, it would be needed to reduce 25% to 35% of East Azerbaijan province's agricultural water consumption. This amount should be reduced by about 15% to 25% for the West Azerbaijan province. At the present time, Kurdistan province needs no reduction to fulfill its commitments.

**Keywords:** Drought management, Urmia Lake water right, Agriculture, Allocation.

Received: November 23, 2013

Accepted: August 5, 2014

## رویکرد مدیریت مصرف آب بخش کشاورزی در راستای احیای دریاچه ارومیه

مه‌نوش مقدسی<sup>۱\*</sup>، سعید مرید<sup>۲</sup>، مجید دلاور<sup>۳</sup>  
و فرهاد عرب‌پور<sup>۴</sup>

### چکیده

دریاچه ارومیه در سال‌های اخیر با کاهش شدید ورودی و خشکی گسترده‌ای مواجه شده که نگرانی‌هایی را در سطح ملی و بین‌المللی به همراه داشته است. هدف از این تحقیق نحوه تخصیص حقایبه دریاچه یعنی ۳/۱ میلیارد مترمکعب آب در سال با کاهش مصرف بخش کشاورزی استان‌های واقع در آن می‌باشد. این بررسی براساس یک دوره ۴۹ ساله از جریان طبیعی رودخانه‌های حوضه به انجام می‌رسد تا تأثیرات شرایط مختلف هیدرولوژیکی در سناریوهای متنوع‌تری مورد بررسی قرار گیرند. لذا در این تحقیق تخصیص آب دریاچه در دو سناریو مورد بررسی قرار گرفت. در سناریوی اول حقایبه دریاچه تقریباً به میزان ۱۰۰٪ تأمین می‌گردد و در سناریو دوم متناسب با شدت کم‌آبی‌ها، تخصیص دریاچه نیز کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که به‌طور متوسط براساس سناریوی ۱ و ۲ تخصیص دریاچه، برای موفقیت در تأمین حقایبه لازم برای دریاچه، میزان تخصیص آب کشاورزی در استان آذربایجان غربی در سالهای آتی باید به ترتیب ۶۵٪ و ۷۵٪ و آذربایجان شرقی ۷۵٪ و ۸۵٪ مقادیر فعلی کاهش یابند. این بدین معناست که حتی تحت سناریو ۲ و تأمین بخشی از حقایبه ۳/۱ میلیارد مترمکعبی در سال دریاچه، به‌طور متوسط ۱۵ تا ۲۵ درصد اراضی تحت کشت بایستی حذف گردند.

**کلمات کلیدی:** مدیریت خشکسالی، حقایبه دریاچه ارومیه، کشاورزی، تخصیص.

تاریخ دریافت مقاله: ۲ آذر ۱۳۹۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴ مرداد ۱۳۹۳

1- Assistant Prof. Dept. of Water Engineering, Arak University, Email: m-moghaddasi@araku.ac.ir

2- Prof. Dept. of Water Resources Engineering, Tarbiat Modares University.

3- Assistant Prof. Dept. of Water Resources Engineering, Tarbiat Modares University.

4- Coordinator of Drought Risk Management International Plan for Lake Urmia.

\*- Corresponding Author

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه اراک.

۲- استاد گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس.

۳- استادیار گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه تربیت مدرس.

۴- هماهنگ کننده طرح بین‌المللی مدیریت ریسک خشکسالی دریاچه ارومیه.

\*- نویسنده مسئول

## ۱- مقدمه

دریاچه ارومیه طی سال‌های اخیر با کاهش شدید سطح و تراز مواجه شده است. به طوری که گزارشات قبلی از سطح ۶۱۰۰ کیلومترمربع و تراز ۱۲۷۸ متر از سطح آب‌های آزاد (Eimanifar and Mohebbi, 2007)، هم‌اکنون سطح کمتر از ۲۰۰۰ کیلومترمربع و تراز زیر ۱۲۷۰ متر می‌باشند (مرید و همکاران، ۱۳۹۱، جلد نهم). در این راستا دو رویکرد عمده در حل این مشکل مطرح می‌باشد که عبارتند از: (۱) ورود منابع آب جدید با انتقال بین حوضه‌ای و (۲) مدیریت مصرف منابع داخلی حوضه. هر یک از این راهکارها مزایا و محدودیت‌های خاص خود را دارند، ولی در هزینه‌بر بودن و موانع اجتماعی و سیاسی مشترک هستند. این امر بدان معناست که حل مشکل دریاچه ارومیه نیاز به عزمی ملی و پذیرفتن ورود به چالش‌های فوق را دارد. اما محدودیت خاص رویکرد اول زمان‌بر بودن است. فرضاً برای انتقال آب از ارس با ظرفیت ۳۰۰ میلیون متر مکعب در سال، مدت ۵ سال برای ساخت خط انتقال آن پیش‌بینی شده است. بدیهی است که وضعیت دریاچه در شرایطی نیست که توان تحمل این مدت را داشته باشد. لذا به نظر می‌رسد در کوتاه مدت لازم است اقداماتی را با رویکرد کاهش و کنترل مصرف آب در حوضه (راهکار دوم) شروع کرد و پس از بهره‌برداری از طرح‌های انتقال، اقدامات انقباضی راهکار دوم را کاهش داد.

از طرفی دیگر نکته قابل توجه میزان حبابه دریاچه ارومیه می‌باشد. مقدار آن بطور رسمی ۳/۱ میلیارد متر مکعب در سال تعیین شده است که سهم استان آذربایجان غربی، شرقی و کردستان به ترتیب ۱/۸، ۰/۲۷ و ۰/۹۵۹ میلیارد متر مکعب در سال می‌باشد و به تصویب هیئت دولت جمهوری اسلامی نیز رسیده است (برنامه مدیریت جامع دریاچه ارومیه، ۱۳۸۸). براساس آمار سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۷ و بعضی مطالعات ماهواره‌ای ورودی رودخانه‌های حوضه به دریاچه حدود ۲ میلیارد متر مکعب می‌باشد (باقری، ۱۳۹۱). لذا طرحی مانند طرح انتقال آب بین حوضه‌ای ارس با هزینه‌های سنگین ساخت و تاسیسات، تملیک اراضی، نیروگاه و بهره‌برداری تنها توان تأمین ۲۵٪ این حبابه را می‌تواند داشته باشد. بدین ترتیب از منظر مالی هم رویکرد دوم سهل‌الوصول‌تر خواهد بود.

بدین ترتیب استفاده از رویکرد دوم و تخصیص سالانه ۳/۱ میلیارد متر مکعب به دریاچه با اتکا به منابع داخلی حوضه، نیاز به تطبیق بخش کشاورزی با مدیریت بهینه مصرف در آن را دارد. در این رویکرد ضمن توجه به حبابه دریاچه لازم خواهد بود تا حوضه

کمترین خسارت را از این بابت متحمل گردد و در کنار آن نیز معیشت کشاورزانی که تغییری در حبابه آنها رخ می‌دهد، مد نظر باشد. عمده‌ترین رویکرد ممکن در تطبیق این بخش اقداماتی مانند کاهش سطح و کم‌آبیاری می‌تواند باشد که خوشبختانه، استفاده از آن در منطقه مرسوم بوده است و مرید و عرب (۱۳۸۸) کاربرد آن را در خشکسالی‌های گسترده سال‌های ۱۳۷۸ لغایت ۱۳۸۱ در این حوضه گزارش نموده‌اند.

در راستای مدیریت مصرف آب بخش کشاورزی در شرایط کم‌آبی نیز تحقیقات متنوعی انجام شده است. (Shangguan et al., 2002) برای مدیریت بهتر بخش کشاورزی در شرایط کم آبی در Yangling چین از روش کم آبیاری استفاده و بدین منظور یک مدل ریاضی ارائه نمودند. این مدل، دارای سه لایه اصلی بوده که نخستین لایه مربوط به توزیع بهینه آب در مراحل مختلف رشد گیاه، دومین لایه برای توزیع بهینه آب بین محصولات مختلف زراعی و سومین لایه نیز مربوط به توزیع بهینه آب بین نواحی مختلف منطقه مورد مطالعه بود. در این مدل برای بهینه‌سازی از روش برنامه‌ریزی پویا (Dynamic Programming) استفاده شده است. از جمله محدود مطالعاتی که در آن سد، شبکه، محصول و دوره رشد گیاه در مدل تصمیم‌گیری تخصیص بهینه منابع آب کشاورزی وارد شد، مطالعه (Moghaddasi et al., 2010 a,b) می‌باشد. در آن مطالعه بهینه‌سازی تخصیص آب کشاورزی با استفاده از چهار زیرمدل به منظور بهینه‌سازی توزیع آب در طول فصل رشد گیاهان، بهینه‌سازی تخصیص آب بین محصولات شبکه‌ها، بهینه‌سازی توزیع آب بین شبکه‌های مختلف و بهینه‌سازی سالانه آب کشاورزی از سد زاینده‌رود در شرایط خشکسالی مد نظر قرار گرفت. در تحقیق دیگری (Mushtaq and Moghaddasi, 2011) تأثیر کم آبیاری را به‌عنوان یک راهکار تطبیق مؤثر در برابر نیاز آب زیست محیطی و تغییر اقلیم با هدف حداکثر کردن درآمد در شبکه آبیاری Coleambally واقع در حوضه آبریز Murray Darling در استرالیا تحت سه سناریو مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که کم آبیاری همراه با بهینه‌سازی منجر به افزایش درآمد و تأمین نیاز زیست محیطی می‌گردد.

اما شدت اعمال اقدامات مدیریتی کاهش سطح و یا کم‌آبیاری می‌بایست تابعی از موجودی منابع آبی باشد، آنچه که در راهنماهای مدیریت خشکسالی از آن تحت عنوان "سطح بندی خشکسالی" یاد می‌گردد (Iglesisa et al., 2001). بدین ترتیب برای هر یک از سطوح، برنامه‌هایی تدوین می‌گردد، بطوری که حداقل نیازها متناسب با اولویت‌ها تأمین شود و در عین حال سیستم با حداقل خسارات

تخصیص حقاچه دریاچه نیاز خواهد بود تا اصول مدیریت ریسک خشکسالی مد نظر باشد. زیرا حوضه ضمن اینکه بطور طبیعی با خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی مواجه است، با کاهش تخصیص بخش کشاورزی، با خشکسالی بهره‌برداری<sup>۱</sup> (Iglesia et al., 2001) نیز مواجه خواهد شد. برای این منظور تعدادی از راهنماهای مدیریت خشکسالی مورد توجه قرار گرفت که نهایتاً راهنمای MEDROPLAN (Iglesia et al., 2001) بروزتر و مناسب‌تر تشخیص داده شد. این راهنما شامل مؤلفه‌های (۱) چارچوب برنامه‌ریزی، (۲) روش‌شناسی، (۳) سازمانی، (۴) اجرایی و (۵) بررسی عمومی می‌باشد. روش‌شناسی این تحقیق از این مؤلفه‌ها و بخصوص مؤلفه دوم آن استفاده می‌نماید، ولی از شرح جزئیات آن پرهیز می‌شود.

## ۲-۱- منطقه مطالعاتی

دریاچه ارومیه در شمال غربی ایران بین  $37^{\circ}03'$  و  $38^{\circ}17'$  شمالی و بین  $44^{\circ}59'$  و  $45^{\circ}56'$  شرقی با طول حدود ۱۴۶ کیلومتر و عرض حداکثر برابر با ۵۸ کیلومتر، بزرگ‌ترین دریاچه داخل ایران و یکی از دریاچه‌های فوق‌شور در جهان است. سه استان آذربایجان شرقی، غربی و کردستان در اطراف آن قرار گرفته است (شکل ۱). این دریاچه، از نوع بسته با حداکثر عمق ۱۶ متر و تراز کف آن زیر ۱۲۷۰ متر از سطح آب‌های آزاد است. در دریاچه ارومیه ۱۰۲ جزیره قرار دارد که این مجموعه به عنوان ذخیره بیوسفر توسط UNESCO شناخته شده و جز تالاب‌های بین‌المللی تحت قرارداد رامسر می‌باشد. کوه‌هایی از غرب، جنوب و شرق دریاچه را احاطه نموده‌اند، ولی از سمت شمال ارتفاعات مهمی وجود ندارد. حداکثر ارتفاع در غرب  $3608$  متر، در شرق  $3173$  متر و در جنوب  $4811$  متر از سطح آب‌های آزاد می‌باشد.

مواجه گردد. سوابق بیشتری از این شیوه برای مدیریت شهری انجام شده است. به عنوان نمونه (Palme et al., 2002) با هدف حداقل نمودن خسارات، نحوه کاهش تقاضا را در مدیریت سیستم آب شهری سیاتل مورد بررسی قرار دادند. در ارائه راهکارها از مصاحبه با مدیران ارشد آب، استفاده زیادی به عمل آمد. در تحقیق دیگری برای مدیریت خشکسالی در حوزه Rio Bravo مکزیک در دو بخش کشاورزی و آب شهری واکنش‌های مناسب را از طریق مصاحبه با ذینفعان تعیین نمودند (Vigerstol, 2003).

برای حصول به این برنامه مراحل دنیال شد که بتواند تخصیص را هم در شرایط نرمال و هم در کم‌آبی‌ها دنیال نماید. بدیهی است که بخش چالشی آن زمان، کم‌آبی‌ها و خشکسالی‌ها خواهد بود. از این رو بود که تعدادی از راهنماهای مدیریت خشکسالی مانند طرح ۱۰ مرحله‌ای آمریکا (Wilhite, 1991) و MEDROPLAN (Iglesia et al., 2001) مورد ارزیابی قرار گرفت که نهایتاً روش MEDROPLAN مناسب‌تر تشخیص داده شد.

با توجه به موارد فوق، هدف از این تحقیق تعیین نحوه تخصیص  $3/1$  میلیارد مترمکعب آب در سال به دریاچه ارومیه و تأثیر آن بر بخش کشاورزی استان‌های واقع در آن می‌باشد. این بررسی براساس یک دوره ۴۹ ساله (از سال آبی ۳۵-۱۳۳۴ تا ۸۵-۱۳۸۴) از جریان طبیعی رودخانه‌های حوضه به انجام می‌رسد تا تأثیرات شرایط مختلف هیدرولوژیکی در سناریوهای متنوع‌تری مورد بررسی قرار گیرند. در بخش‌های مختلف این مقاله نیاز به دریافت نظرات ذی‌مدخلان حوضه بوده که از طریق کارگاه‌های مختلف با آنها اخذ شده است.

## ۲- مواد و روش‌ها

برای هر گونه برنامه اجرایی مدیریت منابع آب حوضه در جهت



شکل ۱- شکل شماتیک حوضه آبریز دریاچه ارومیه

## ۲-۲-۲- چارچوب کلی برنامه تخصیص

### ۱-۲-۲- تعریف واحدهای جغرافیایی

در هر طرح خشکسالی، تعریف واحدهای جغرافیایی از اولین مراحل است. در اینجا، واحدهای در نظر گرفته شده عبارتند از سیستم زیرحوضه‌های آبریز (واحد هیدرولوژی) و استان‌ها (واحد سیاسی). بدین شکل که کلیه اقدامات، ابتدا در مقیاس سیستم‌های رودخانه تعریف و در مرحله بعد به مقیاس استانی تبدیل شده‌اند. این سیستم‌ها عبارتند از:

- استان آذربایجان شرقی در ۵ سیستم آبی شامل: رودخانه آجی‌چای در بالادست و پایین‌دست سد و نیار (همراه با دریان، رودخانه‌های شمالی و بندر)، رودخانه صوفی‌چای در بالادست و پایین‌دست سد علویان و رودخانه‌های قلعه‌چای، مردوق چای و لیلان چای

- استان آذربایجان غربی در ۵ سیستم آبی شامل: رودخانه زرنه‌رود در پایین‌دست سد زرنه‌رود، رودخانه مهاباد در بالادست و پایین‌دست سد مهاباد، رودخانه شهرچای در بالادست و پایین‌دست سد شهرچای، رودخانه‌های سیمینه‌رود، گذار، باراندوز چای، روضه‌چای، نازلوچای و زولاچای

- استان کردستان در ۱ سیستم آبی شامل: رودخانه زرنه‌رود در بالادست سد زرنه‌رود

متناسب با شرایط طرح، این واحدها برای تعیین منابع آبی قابل عرضه حوضه استفاده شدند.

باشد و از این رو دسته‌بندی خاصی با توجه به نیاز آبی و زمان کشت و برداشت آنها، اعمال و نماینده‌ای برای هر دسته در نظر گرفته شد. این محصولات عبارتند از گندم، جو، پیاز، سیب زمینی، چغندر قند، گوجه فرنگی و یونجه (با توجه به اهمیت محصولات گندم و جو، علی‌رغم نزدیک بودن دوره کاشت و برداشت آنها، در دو دسته مستقل مورد بررسی قرار گرفتند). آمار سطح زیر کشت برای سال ۱۳۸۵ از سازمان‌های جهاد کشاورزی استان تهیه شد (جدول ۱). راندمان آبیاری در منطقه در اراضی زراعی بین ۳۳ تا ۴۲ درصد و در اراضی باغی نیز قدری بالاتر و تا ۵۰ درصد گزارش شده است (سازمان آب منطقه‌ای کردستان، ۱۳۹۲). اما در مجموع برخی گزارشات راندمان متوسط آبیاری در حوضه را حدود ۳۶ درصد می‌دانند (شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس، ۱۳۹۱).

### ۲-۲-۳- تعریف معرف متناسب با شرایط منطقه برای هشدار و فعال شدن اقدامات کاهشی

معرف اصلی در این برنامه، منابع آب قابل پیش‌بینی براساس سیستم موجود سازمان‌های آب استانی است که در کنار آن اطلاعاتی مانند موجودی ذخایر سدها و یا منابع برفی حوضه مد نظر قرار می‌گیرد. سپس نسبت به قرار گرفتن در شرایط نرمال و یا خشکسالی متناسب با آن اقدامات مدیریتی اعمال می‌گردد. از ویژگی‌های این چارچوب، نیاز تنها به تصمیم در ۴ سطح است که هر سطح نیز بر اساس بازه‌ای از پیش‌بینی‌ها است. لذا، برنامه را از نیاز به پیش‌بینی دقیق مصون می‌دارد.

### ۲-۲-۴- تعیین آستانه‌ها برای اعلان سطوح مختلف خشکسالی

برای مدیریت خشکسالی طبق توافق با ذی‌نفعان ۴ سطح تعریف

### ۲-۲-۲- بررسی مصارف کشاورزی و محصولات معرف

در حوضه آبریز دریاچه ارومیه حدود ۲۵ نوع محصول کشت می‌گردد. بدیهی است که مدل‌سازی تمامی این محصولات امکان‌پذیر نمی-

جدول ۱- سطح زیر کشت محصولات زراعی در استان‌های حوضه دریاچه ارومیه (هکتار- سال ۱۳۸۵)

محصول نماینده	آذربایجان شرقی	آذربایجان غربی	کردستان
گندم	۷۸۷۰۳	۸۰۱۴۱	۵۴۵۲
جو	۱۹۵۷۰	۱۴۵۲۳	۵۵۸
پیاز	۲۲۶۵	-	-
یونجه	۳۷۹۲۱	۶۴۶۷۸	۶۸۸۰
چغندر قند	۲۱۰	۱۱۷۸۲	۱۶۷
سیب زمینی	۱۷۴۴۳	۶۱۳۵	۱۶۵
گوجه فرنگی	۵۶۳۰	۷۷۸۳	۲۶
کل محصولات زراعی	۱۶۱۷۴۲	۱۸۵۰۳۴	۷۹۱۴
کل باغات	۴۸۶۵۴	۲۹۴۹۶	۲۴۵۱

مدل‌سازی‌های مربوط بر روی این بخش تمرکز خواهد داشت. بدین منظور مدل‌سازی‌های متنوعی اعمال شد که خسارت خشکسالی را در این بخش حداقل نماید. در ادامه مبنای مدل‌سازی مربوط به این اقدامات تشریح می‌گردد.

### ۲-۳- چارچوب مدل‌سازی تخصیص بخش کشاورزی

برای تصمیمات مورد نظر، مدل‌سازی در دو سطح مورد نیاز بود که بتواند بطور بهینه مشخص کند متناسب با شدت خشکسالی، سطح اراضی کشاورزی و میزان کم‌آبیری تا چه میزان باشد. در ادامه نیاز است تا این کاهش‌ها که در سطح زیرسیستم‌های هیدرولوژیکی است به سطح استانی ارتقا یابد. این بخش نیز مدل‌سازی‌های خاصی را می‌طلبد. بدین ترتیب برای دو سطح فوق، دو مدل مختلف توسعه یافت که در ادامه "مدل بهینه‌سازی تخصیص آب کشاورزی" و "مدل تخصیص حوضه‌ای" اطلاق می‌شوند و شرح آنها در ادامه ارائه می‌گردد.

### ۲-۳-۱- مدل بهینه‌سازی تخصیص آب کشاورزی

در این تحقیق دو مدل بهینه‌سازی برای توزیع آب بین مراحل مختلف رشد و گیاهان مختلف با استفاده از نرم‌افزار Lingo تهیه گردید. در این مدل‌ها هدف برآورد تابع عملکرد بهینه گیاه و تابع سود بهینه سیستم به ازای آب تخصیص یافته بوده که در ادامه بطور مختصر شرح داده می‌شوند. شرح کامل این مدل‌ها در مرجع (Moghaddasi et al., 2010a) قابل دسترس می‌باشد.

زیر مدل اول: بهینه‌سازی توزیع آب در طول فصل رشد بین گیاهان در این قسمت از محاسبات، کل آب مصرفی هر محصول در فصل رشد در دوره‌های ۱۰ روزه (دور آبیاری) به صورت بهینه توزیع می‌شود. تابع هدف این مدل حداکثر نمودن عملکرد واقعی محصول در هکتار بوده که به صورت ذیل می‌باشد:

شده است که بر اساس منابع آب قابل پیش‌بینی، تعیین و متناسب با آن اقدامات مدیریتی اعمال می‌گردد. این توافقات طی کارگروه‌هایی با حضور کارشناسان شرکت‌های آب منطقه‌ای و سازمان جهاد کشاورزی استان‌های واقع در حوضه حصول یافته‌اند (مرید و همکاران، ۱۳۹۱، جلد دهم). همچنین سطح ۴، شرایطی از کم‌آبی است که منابع موجود تنها می‌تواند بخش باغات را پاسخگو باشد و زراعت بطور کامل حذف می‌شود. سپس سایر سطوح بین این وضعیت حدی و شرایط نرمال تقسیم می‌شوند. جدول ۲ نمونه‌ای از این برنامه‌ریزی برای زیرسیستم بالادست سد و نیاز استان آذربایجان شرقی را نشان می‌دهد. لازم به ذکر می‌باشد، مقدار سهم هر رودخانه در تأمین حقا به ۳/۱ میلیارد در سال براساس نسبت پتانسیل هر رودخانه به کل پتانسیل حوضه (۶/۹ میلیارد در سال) تعیین شده است.

### ۲-۲-۵- اولویت‌های تخصیص و مصارف

مانند قبل بنا به نظر ذی‌مدخلان اولویت تخصیص و میزان کاهش در آنها در حوضه دریاچه ارومیه به ترتیب عبارت است از:  
اولویت ۱- شرب و صنعت (بدون هرگونه کاهش)،  
اولویت ۲- حقا به دریاچه ارومیه

که دو سناریوی مدیریتی برای آن شامل: الف) عدم کاهش تخصیص به جز در شرایط سطح ۴ خشکسالی و ب) کاهش تخصیص در کلیه سطوح خشکسالی تا ۳۵٪ مورد تصویب قرار گرفت (مرید و همکاران، ۱۳۹۱، جلد دهم).  
اولویت ۳- باغات (کاهش تا ۲۰٪) و  
اولویت ۴- زراعت (کاهش تا ۱۰۰٪ و حذف کامل زراعت).

### ۲-۲-۶- تعریف اقدامات مربوط به کاهش تخصیص

متناسب با سطح خشکسالی اقداماتی انقباضی در تخصیص آب بخش‌های مختلف اعمال می‌گردد. اصل مصرف مربوط به بخش کشاورزی است و از این‌رو اقدامات مورد نظر تحقیق و

جدول ۲ - تعریف آستانه‌ها براساس سناریو اول در بالا دست سد ونبار

سطح خشکسالی	زراعت (MCM)	باغات (MCM)	دریاچه (MCM)	شرب (MCM)	آب قابل دسترس (MCM)
۰	۱۶۸	۳۵	۱۱۹	۲۸	۳۵۰
۱	۱۲۵	۲۸	۱۱۹	۲۸	۳۰۰
۲	۷۹	۲۴	۱۱۹	۲۸	۲۵۰
۳	۰	۲۱	۱۱۹	۲۸	۲۰۰
۴	۰	۲۱	۱۰۷	۲۸	۱۵۰

### ۲-۳-۲- مدل تخصیص حوضه‌ای

این مدل تحت عنوان Urmia Water Allocation (UWAP) Package براساس معادله بیلان بنا شده و قابلیت یک سیستم پشتیبانی از تصمیم‌گیری را دارد، به طوری که برای سناریوهای مختلف هیدرولوژیکی، میزان کاهش تخصیص بخش کشاورزی (در مرزهای جغرافیایی سیستم‌های هیدرولوژیکی و استانی) و ورودی به دریاچه را در سناریوهای مختلف مدیریتی تعیین نماید. بدین منظور با توجه به اولویت‌های تخصیص و خروجی‌های حاصل از اجرای مدل تخصیص آب کشاورزی برای تمامی زیر سیستم‌های هیدرولوژیکی، درصد کمبود مجاز بخش‌های کشاورزی در هر سطح خشکسالی تعیین و پایگاه داده متناسب با آنها توسعه داده شد. بدین ترتیب، متناسب با منابع آب موجود (آورد طبیعی رودخانه در هر زیر سیستم مطالعاتی)، سطح خشکسالی متناسب تعیین و متعاقباً تخصیص بخش‌های مختلف را با توجه به درصد کمبود مجاز هر بخش، ابتدا در سطح زیر سیستم‌ها و سپس در سطح هر استان تعیین می‌کند (شکل ۲) (مرید و همکاران، ۱۳۹۱، جلد نهم). قابل ذکر است اهمیت هر استان با توجه به درصد سهم آن در تأمین حقبه دریاچه در نظر گرفته شده است.

### ۳- نتایج و بحث

در این بخش، نتایج در دو سناریو تأمین کامل آب دریاچه (سناریو اول) و تأمین بخشی از آن متناسب با شرایط منابع آبی (سناریو دوم) دوره ۴۹ ساله تحقیق در سطح استان‌ها و محصولات کشاورزی ارزیابی می‌شود. نتایج مربوط نیز از تلفیق مدل‌سازی تخصیص بهینه آب کشاورزی (بخش ۲-۳-۱) و تخصیص حوضه‌ای (بخش ۲-۳-۲) حاصل شده است. نتایج در مرز ۱۱ سیستم آبی و استان‌ها قابل ارائه هستند. قابل ذکر است که اهمیت هر استان با توجه به درصد سهم آن در تأمین حقبه دریاچه، در نظر گرفته می‌شود. که به عنوان نمونه نتایج استانی ارائه می‌گردد.

#### ۳-۱- تغییرات کاهش تخصیص آب کشاورزی و سناریو مدیریتی در استان‌ها

##### ۳-۱-۱- استان آذربایجان غربی

براساس برنامه مدیریت جامع دریاچه، نیاز آبی بخش کشاورزی استان آذربایجان غربی ۲/۱ میلیارد مترمکعب در سال است (برنامه مدیریت جامع دریاچه ارومیه، ۱۳۸۸). شکل ۳، تغییرات تخصیص آب کشاورزی استان براساس مدل تخصیص و اجرای آن با فرض تکرار را طی دوره مطالعاتی ۴۹ ساله و تحت دو سناریو مدیریتی نشان

$$MAX : \frac{Y_{ac}}{Y_{\max c}} = 1 - \sum_{g=1}^n Ky_g \left(1 - \frac{ETa_{c,g}}{ET \max_{c,g}}\right) \quad (1)$$

در این رابطه  $ETa_{c,g}$  تبخیر و تعرق واقعی محصول C در مرحله رشد g (mm/10day)،  $ET \max_{c,g}$  حداکثر تبخیر و تعرق محصول C در هر مرحله رشد (mm/10day)،  $Ky_g$  ضریب حساسیت عملکرد نسبت به تنش آبی برای هر گیاه در هر مرحله رشد، n تعداد مراحل رشد،  $Y_{ac}$  عملکرد واقعی محصول C و  $Y \max_c$  حداکثر عملکرد محصول C (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد.

قیودات این زیر مدل شامل معادله بیلان آب در خاک که متغیرهای آن شامل رطوبت اولیه و ثانویه، عمق آب آبیاری، تبخیر و تعرق واقعی، نفوذ عمقی و تغییرات رطوبت در طول زمان رشد ریشه می‌باشد، معادله رشد ریشه که متغیرهای آن شامل عمق کاشت و حداکثر طول ریشه است، رابطه تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل رابطه تبخیر و تعرق واقعی با نقطه پژمردگی، ظرفیت زراعی، کمبود مجاز رطوبتی و رابطه نفوذ عمقی با راندمان و عمق آب آبیاری می‌باشد.

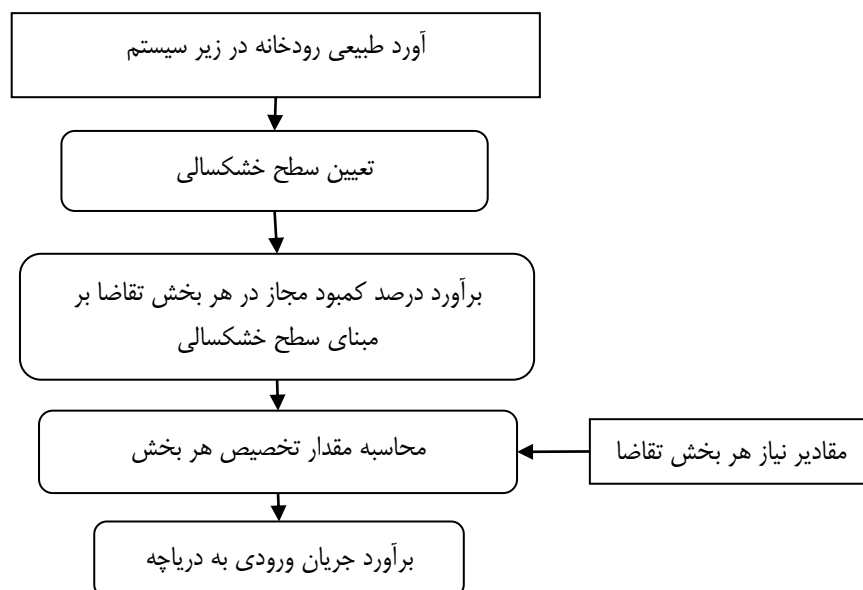
زیر مدل دوم: بهینه‌سازی توزیع آب بین محصولات مختلف در یک سیستم

این قسمت تخصیص بهینه کل آب را در یک سیستم بین محصولات مختلف عهده‌دار می‌باشد. تابع هدف این مدل حداکثر نمودن سود حاصل از همه محصولات در یک سیستم بوده که به صورت ذیل می‌باشد:

$$MAX \left\{ \sum_{k=1}^K F_K(Q_K) A_K Y_{\max k} P_K \right\} \quad (2)$$

که در آن k تعداد محصولات،  $F_K(Q_K)$  تابع عملکرد بین حداکثر عملکرد نسبی و آب تخصیص داده شده،  $A_K$ : سطح کشت (ha)،  $Y_{MAXK}$  حداکثر محصول و P درآمد محصول k است.  $F_K(Q_K)$  از زیر مدل قبل برآورد می‌گردد. بدین منظور مدل اول برای هر محصول و به ازای دبی‌های مختلف اجرا گردید تا عملکرد آن به ازای دبی‌های مختلف تعیین و سپس تابع عملکرد هر محصول به دست آید.

قیودات این مدل شامل حداقل و حداکثر آب مورد نیاز گیاه (که از زیر مدل اول برآورد می‌گردد)، حداقل و حداکثر سطح زیرکشت و توابع عملکرد محصولات (خروجی زیر مدل اول) می‌باشد.



شکل ۲- فلوجارت مدل تخصیص حوضه‌ای

درصد کل حقاچه در این استان خواهد بود.

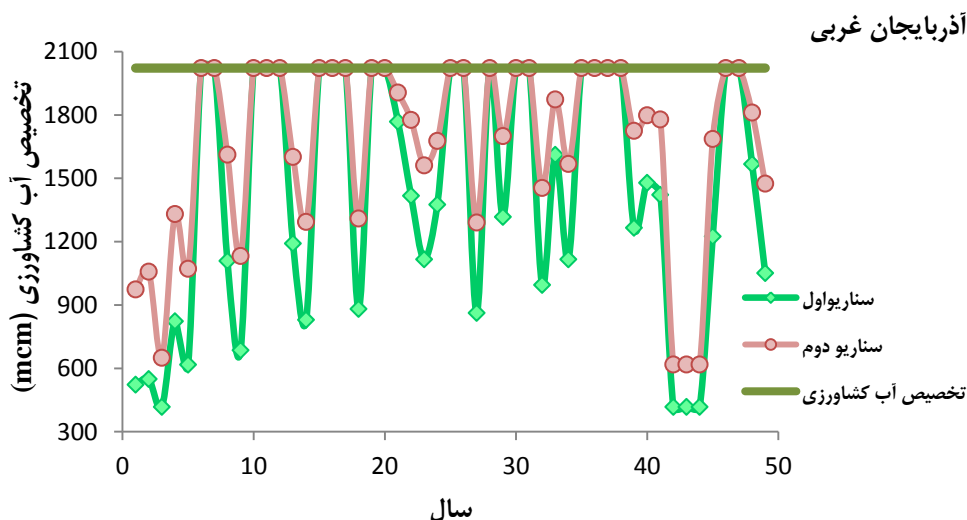
آذربایجان غربی طبق طرح خشکسالی تحت سناریوی ۱ (تأمین کامل آب دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی) طی سالهای آبی ۳۵-۱۳۳۴ تا ۸۵-۱۳۸۴

### ۳-۱-۲- استان آذربایجان شرقی

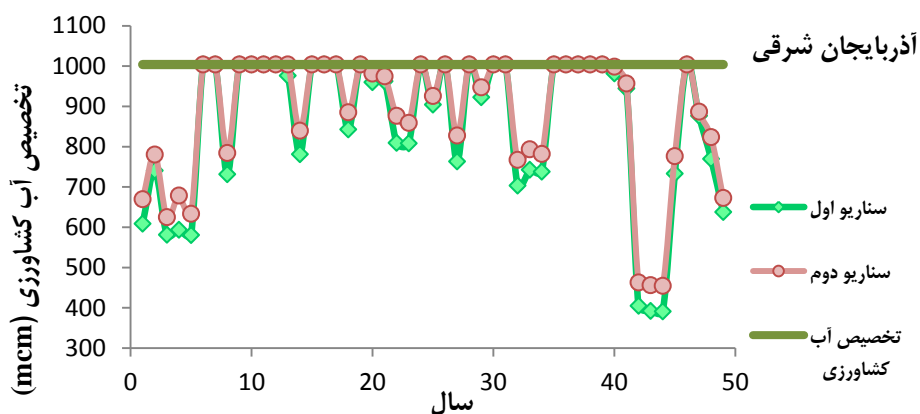
نتایج مدل‌سازی‌ها برای این استان نیز در شکل ۴ قابل مشاهده می‌باشد. ملاحظه می‌گردد طبق برنامه، مصرف بخش کشاورزی در این استان حدود ۱ میلیارد مترمکعب در سال است.

می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که در سناریوی اول، طی دوره فوق در ۲۱ سال منابع آب استان کفایت تخصیص ۱۰۰٪ تقاضای بخش کشاورزی را دارا هستند. به همین ترتیب در ۱۵ سال از ۴۹ سال تنها حدود ۵۰٪ تقاضا قابل تأمین و سایر سال‌ها شرایط بدتری را دارد. در سناریوی دوم نیز مانند سناریو اول در ۲۱ سال منابع آب استان کفایت تخصیص ۱۰۰٪ تقاضای بخش کشاورزی را دارا می‌باشد. ولی تعداد سالهایی که حدود ۵۰٪ تقاضا تأمین می‌گردد، از ۱۵ به ۲۳ سال افزایش یافته است.

براساس این برنامه و با توجه به اعمال ۲ سناریو تخصیص آب به دریاچه، متوسط تخصیص بخش کشاورزی به ترتیب حدود ۶۵ و ۷۵



شکل ۳- میزان تخصیص حقاچه بخش کشاورزی استان



شکل ۴- میزان تخصیص حقایق بخش کشاورزی استان

از آن منظر است که می‌تواند برآوردی از هزینه‌های اقتصادی طرح در مدیریت مصرف آب کشاورزی را نیز ارائه دهد.

### ۳-۲-۱- استان آذربایجان غربی

جدول ۳ سناریو درصد تغییرات سطح زیر کشت را طی دوره این مطالعات برای ۶ محصول منتخب در سناریوی ۱ تخصیص آب دریاچه ارائه می‌دهد. ملاحظه می‌گردد که میزان کاهش در محصولات مختلف متفاوت می‌باشد و این ناشی از قیوداتی است که برای مدل بهینه‌ساز (بخش ۲-۲-۱) براساس نظر کارشناسی بخش کشاورزی تعریف شده است. به عنوان نمونه بیشترین حفظ محصول مربوط به سیب زمینی، گوجه فرنگی و چغندرقد است. به طوری که در حدود ۵۰٪ ایام ۱۰۰٪ سطح زیر کشت خود را حفظ می‌کند و تنها در ۳۰٪ سال‌ها به صفر می‌رسند. اما در خصوص گندم، جو و یونجه در ۲۰٪ سال‌ها، ۱۰۰٪ سطح حفظ می‌گردد.

در ادامه جدول تغییرات فوق را برای سناریوی ۲ تخصیص آب دریاچه نشان می‌دهد. باتوجه به کاهش تخصیص آب دریاچه در این سناریو و امکان اختصاص بیشتر آب به بخش کشاورزی، شدت کاهش سطوح محصولات کاهش یافته است. به خصوص مواجهه با سطح صفر و به عبارتی حذف کامل محصول از فراوانی کمتری نسبت به قبل برخوردار می‌باشد. حفظ بیش از ۵۰٪ سطح زیر کشت محصول نیز فراوانی بیشتری دارد که بیشتر در گندم محسوس است.

### ۳-۲-۲- استان آذربایجان شرقی

کاهش سطح در این استان نیز کم و بیش روند قبل را دارد، اما شدت اقدامات انقباضی قدری کاهش یافته است. اما مواجهه با سطح صفر و به عبارتی حذف کامل محصول رویت نمی‌شود (جدول ۴).

مانند قبل، در این استان نیز برای ۲۱ سال تأمین ۱۰۰ درصدی بخش کشاورزی میسر می‌باشد. اما شدت و فراوانی کاهش‌ها مانند قبل نمی‌باشد. البته همانطور که در استان آذربایجان غربی می‌توان مشاهده نمود سناریوی دوم در افزایش تعداد سالهای که تقاضا ۵۰٪ قابل تأمین است، تأثیرگذار می‌باشد که در این استان هم به همین صورت است. به طوری که با اجرای برنامه، متوسط تخصیص بخش کشاورزی در دوره ۵۰ ساله به ترتیب حدود ۷۵ و ۸۰ درصد متناسب با سناریوی ۱ و ۲ خواهد بود.

آذربایجان شرقی طبق طرح خشکسالی تحت سناریوی ۱ (تأمین کامل آب دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی) طی سالهای آبی ۳۵-۱۳۳۴ تا ۸۵-۱۳۸۴

### ۳-۱-۳- استان کردستان

نیاز آبی بخش کشاورزی در این استان حدود ۰/۵۵ میلیارد مترمکعب در سال است. بخش اصلی استان کردستان، حوضه بالادست سد زرینه‌رود می‌باشد. این بخش حدود ۱/۵ میلیارد متر مکعب پتانسیل منابع آبی سالانه دارد که فقط حدود ۰/۹۶ میلیارد آن سهم این استان در تأمین آب دریاچه می‌باشد. بنابراین با توجه به پتانسیل آبی آن و وسعت کم اراضی کشاورزی، در شرایط فعلی کمبود آب وجود ندارد.

### ۳-۲-۳- تغییرات کاهش سطح زیر کشت تحت دو سناریوی مدیریتی در استان‌ها

این بخش تغییرات سطح زیر کشت را طی دوره ۴۹ ساله و مدل‌سازی‌های قبل مورد توجه دارد. اهمیت خروجی‌های این بخش



جدول ۳- فراوانی و درصد تغییرات سطح زیر کشت محصولات استان آذربایجان غربی طی دوره مطالعاتی

چغندر قند		یونجه		گوجه فرنگی		سیب زمینی		جو		گندم		سناریو اول
%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	
28.6	0	28.6	0	28.6	0	28.6	0	28.6	0	28.6	0	
16.3	0.77	16.3	0.16	16.3	0.68	16.3	0.71	16.3	0.13	16.3	0.15	
55.1	1	34.7	0.19	55.1	1	55.1	1	10.2	0.16	10.2	0.4	
*	*	20.4	1	*	*	*	*	24.5	0.23	24.5	0.94	
*	*	*	*	*	*	*	*	20.4	1	20.4	1	
چغندر قند		یونجه		گوجه فرنگی		سیب زمینی		جو		گندم		سناریو دوم
%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	
20.4	0	20.4	0	20.4	0	20.4	0	20.4	0	20.4	0	
79.6	1	32.6	0.19	4.08	0.95	4.08	0.94	32.6	0.15	4.08	0.5	
*	*	26.5	0.29	75.5	1	75.5	1	26.5	0.49	28.6	0.77	
*	*	20.4	1	*	*	*	*	20.4	1	47	1	

\* تغییرات سطح زیر کشت در شرایط خشکسالی نسبت به شرایط نرمال وجود ندارد.

جدول ۴- فراوانی و درصد تغییرات سطح زیر کشت محصولات استان آذربایجان شرقی طی دوره مطالعاتی

چغندر قند		پیاز		یونجه		گوجه فرنگی		سیب زمینی		جو		گندم		سناریو اول
%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	
18.4	0.3	18.4	0.54	18.4	0.14	18.4	0.19	18.4	0.22	18.4	0.13	18.4	0.15	
81.6	1	81.6	1	30.6	0.19	30.6	0.52	30.6	0.92	30.6	0.18	30.6	0.23	
*	*	*	*	36.7	0.27	51	1	51	1	36.7	0.23	36.7	0.57	
*	*	*	*	14.3	1	*	*	*	*	14.3	1	14.3	1	
چغندر		پیاز		یونجه		گوجه فرنگی		سیب زمینی		جو		گندم		سناریو دوم
%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	%	مقدار تغییرات	
12.2	0.68	12.2	0.68	38.7	0.18	12.2	0.19	12.2	0.48	38.7	0.16	12.2	0.17	
87.7	1	87.7	1	46.9	0.25	26.5	0.62	26.5	0.9	46.9	0.21	26.5	0.26	
*	*	*	*	14.3	1	60	1	61.2	1	14.3	1	46.9	0.64	
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	14.3	1	

\* تغییرات سطح زیر کشت در شرایط خشکسالی نسبت به شرایط نرمال وجود ندارد.

### ۳-۳- تغییرات کاهش تخصیص دریاچه تحت دو سناریوی مدیریتی در استان‌ها

در تأمین حقابه دریاچه ۱/۸ میلیارد در سال می‌باشد. طبق نتایج، این استان در صورت انجام این برنامه به‌طور متوسط و بر اساس سناریوی‌های ۱ و ۲ به ترتیب می‌تواند مقادیر ۹۷ و ۸۳ درصد سهم خود را تأمین نماید.

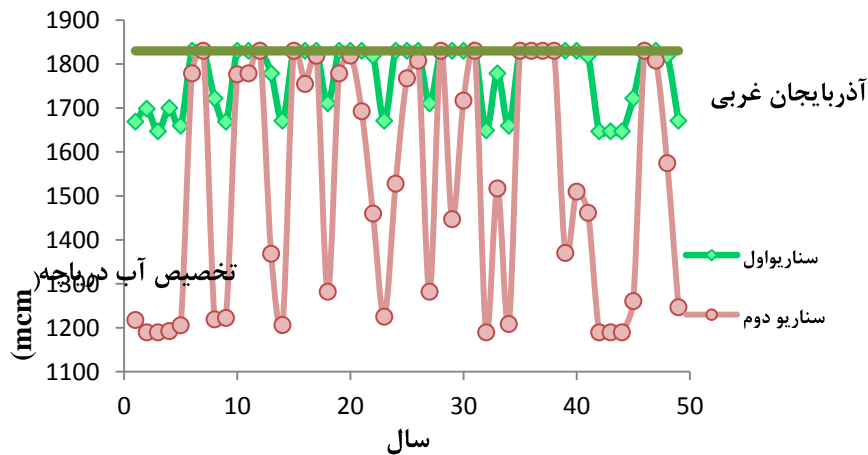
مطابق قسمت قبل، در سطوح مختلف خشکسالی و تحت دو سناریوی مدیریتی، آب قابل تخصیص به دریاچه تعیین گردید. سپس بر اساس آن تغییرات تخصیص استان‌ها طی دوره مطالعاتی تحقیق محاسبه شد. در ادامه به‌طور مختصر، تغییرات تخصیص برای هر استان ارائه می‌گردد. به عبارتی نشان داده می‌شود که هر استان چه درصدی از تعهد خود را در تأمین حقابه دریاچه عملیاتی ساخته است.

#### ۳-۳-۲- استان آذربایجان شرقی

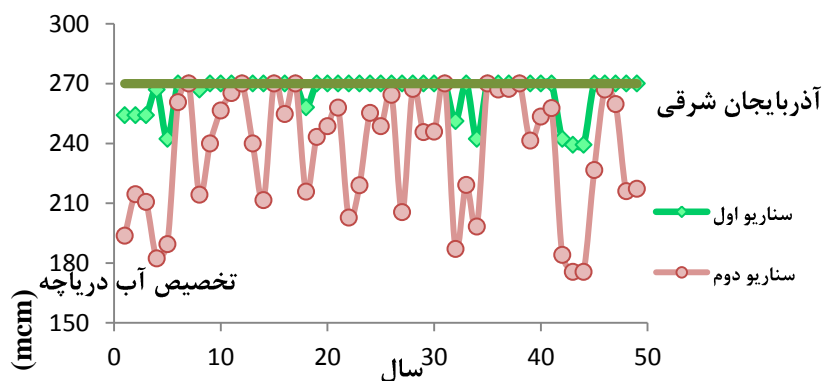
مانند قبل تغییرات تخصیص آب این استان به دریاچه طی دوره آماری شبیه‌سازی و در شکل ۶ نشان داده شده است. سهم این استان در تأمین حقابه دریاچه ۰/۲۷ میلیارد مترمکعب در سال می‌باشد و در صورت اجرای برنامه، این استان به‌طور متوسط مقادیر ۹۸ و ۸۷ درصد سهم خود را براساس سناریوی‌های ۱ و ۲ مدیریتی می‌تواند به انجام رساند.

#### ۳-۳-۱- استان آذربایجان غربی

وضعیت تخصیص این حقابه طی دوره مطالعاتی از شکل ۵ قابل ملاحظه است. همانطور که می‌توان مشاهده نمود، سهم این استان



شکل ۵- میزان تخصیص حقابه دریاچه ارومیه، سهم مربوط به استان آذربایجان غربی طبق طرح خشکسالی تحت سناریوی ۱ (تأمین کامل آب دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی) طی سالهای آبی ۱۳۳۴-۳۵ تا ۱۳۸۴-۸۵



شکل ۶- میزان تخصیص حقابه دریاچه ارومیه، سهم مربوط به استان آذربایجان شرقی طبق طرح خشکسالی تحت سناریوی ۱ (تأمین کامل آب دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی) طی سالهای آبی ۱۳۳۴-۳۵ تا ۱۳۸۴-۸۵

### ۳-۳-۳- استان کردستان

سهام این استان در تأمین حبابه دریاچه ۱ میلیارد مترمکب در سال می‌باشد. بخش اصلی استان کردستان، حوضه بالادست سد زرینه‌رود است. این بخش حدود ۱/۵ میلیارد پتانسیل منابع آبی سالانه دارد که فقط حدود ۰/۹۶ میلیارد آن تعهد استان در تأمین آب دریاچه می‌باشد. بنابراین با توجه به پتانسیل آبی این استان و وسعت کم اراضی کشاورزی در آن، در شرایط فعلی می‌توان انتظار داشت که ۱۰۰٪ تعهدات خود را بتواند به انجام رساند.

### ۴- جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر نحوه تأمین حبابه مصوب ( ۳/۱ میلیارد مترمکب) در سال دریاچه از طریق مدیریت مصرف آب کشاورزی حوضه مورد بررسی قرار گرفته است. بدیهی است که با توجه به پتانسیل ۶/۸ میلیارد مترمکب در سال آب در دسترس در حوضه دریاچه ارومیه، تمهیدات جدی برای مدیریت بخش کشاورزی آن نیاز می‌باشد. بدین منظور یک مدل بهینه‌سازی برای آن توسعه یافت که در تعریف قیود از هم‌فکری ذی‌نفعان حوضه طی چندین کارگاه استفاده به عمل آمد. سپس، این سیستم برای دوره ۴۹ ساله گذشته، که حوضه شرایط متنوع پرابی و کم‌آبی را تجربه کرده به اجرا درآمد. تخصیص آب دریاچه در دو سناریو مورد بررسی قرار گرفت. در سناریو اول حبابه دریاچه تقریباً به‌طور ۱۰۰٪ تأمین می‌گردد و در سناریو دوم متناسب با شدت کم‌آبی‌ها، تخصیص دریاچه نیز کاهش می‌یابد. نتایج زیر از آن قابل ارائه است:

- اختصاص حبابه مصوب که حدود ۵۰٪ پتانسیل منابع آبی حوضه را در بردارد، سایر مصارف و به خصوص بخش کشاورزی را با چالش مواجه می‌کند. جهت کاستن از تبعات به‌خصوص در سال‌هایی که حوضه با کم‌آبی مواجه است، عملیاتی‌ترین و سریع‌ترین راه‌حل با توجه به جمع‌بندی نظرات ذی‌نفعان کاستن از سطح زیر کشت و کم‌آبایی می‌باشد.

- بخش اصلی استان کردستان، حوضه بالادست سد زرینه‌رود است. این بخش حدود ۱/۵ میلیارد پتانسیل منابع آبی سالانه دارد. از طرفی با توجه به اینکه فقط حدود ۰/۹۶ میلیارد آن سهم این استان در تأمین آب دریاچه می‌باشد. بنابراین با توجه به پتانسیل آبی آن و وسعت کم اراضی کشاورزی، در شرایط فعلی کمبود آب وجود ندارد.

- مدل بهینه‌سازی توسعه یافته برای دو راه حل فوق، به‌خوبی توانست متناسب با کاهش شدت کاهش سطح زیر کشت و

کم‌آبایی را تعیین کند. براساس نتایج حاصل طی دوره مطالعاتی، به‌طور متوسط براساس سناریوی ۱ و ۲ تخصیص دریاچه، استان آذربایجان غربی به ترتیب ۶۵٪ و ۷۵٪ اراضی را می‌تواند حفظ و آبیاری نماید. این تغییرات برای استان آذربایجان شرقی ۷۵٪ و ۸۵٪ خواهد بود. این بدین معناست که حتی تحت سناریوی ۲ و تأمین حدود ۶۵ درصد بخشی از حبابه ۳/۱ میلیارد متر مکعبی در سال دریاچه، به‌طور متوسط ۱۵ تا ۲۵ درصد اراضی از کشت باید حذف شوند.

- در استان آذربایجان غربی و سناریو اول بیشترین حفظ محصولات مربوط به سبب زمینی، گوجه فرنگی و چغندر قند است. به‌طوری‌که در حدود ۵۰٪ از ایام ۱۰۰٪ سطح زیر کشت خود را حفظ می‌کنند و تنها در ۳۰٪ سال‌ها به صفر می‌رسند. اما در خصوص گندم، جو و یونجه در ۲۰٪ مواقع، ۱۰۰٪ سطح حفظ می‌گردد. در سناریو دوم با توجه به کاهش تخصیص آب دریاچه و امکان اختصاص بیشتر آب به بخش کشاورزی، شدت کاهش سطوح محصولات کاهش یافته است. به‌خصوص مواجهه با سطح صفر و به عبارتی حذف کامل محصول از فراوانی کمتری نسبت به قبل برخوردار می‌باشد. تغییرات برای استان آذربایجان شرقی نیز کم و بیش مشابه می‌باشد، اما شدت اقدامات انقباضی قدری کاهش یافته است. اما مواجهه با سطح صفر و به عبارتی حذف کامل محصول در آن رویت نمی‌شود.

- موارد فوق نشان می‌دهد که حفظ دریاچه با حبابه فعلی بخش کشاورزی در تقابل جدی است. به‌خصوص اینکه روند فعلی آبدهی رودخانه‌ها نشان می‌دهد که شرایط آبی، کاهش قابل توجهی نسبت به دوره ۵۰ ساله قبل دارد. بدیهی است که در کوتاه مدت، شاید بتوان از طریق پرداخت خسارات نکاشت به کشاورزان آن را مدیریت کرد، ولی در بلندمدت این راهکار نمی‌تواند پایدار باشد و تبعات اجتماعی زیادی را به همراه دارد. لذا توجه به مشاغل جایگزین می‌بایست در دستور کار تحقیق و اجرا قرار گیرد.

### پی‌نوشت

#### 1-Operational drought

### ۵- مراجع

باقری م ح (۱۳۹۰) ارزیابی فن آوری سنجش از دور در برآورد مؤلفه‌های بیلان آب در مقیاس حوضه‌ای با تأکید بر میزان برداشت خالص آب زیر زمینی، مطالعه موردی حوضه دریاچه ارومیه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

- Guidelines. European Commission-EuropeAid Cooperation Office.
- Moghaddasi M, Morid S, Araghnejad S and Aghaalikhani M (2010a) Assessment of irrigation water allocation based on optimization and equitable water reduction approaches to reduce agricultural drought losses: A case study for the 1999 drought in the Zayandeh Irrigation system Iran. *Irrigation and Drainage* 59: 377-387.
- Moghaddasi M, Araghnejad S and Morid S (2010b) Long-Term Operation of Irrigation Dams Considering Variable Demands: Case Study of Zayandeh-rud Reservoir. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 136(5): 309-316.
- Mushtaq S and Moghaddasi M (2011) Evaluating the potentials of deficit irrigation as an adaptive response to climate change and environmental demand water engineering and management in a changing environment. *Environmental Science and Policy* 14(8) 1139-1150.
- Palmer R N, Sandra L K, Steinemann AC (2002) Developing drought triggers and drought responses: an application in Georgia. *Journal of Water Resources Planning and Management* 132: 164-174.
- Shangguan Z, Shao M, Horton R (2002) A model for regional optimal allocation of irrigation water resources under deficit irrigation and its applications. *Agricultural Water Management* 52: 139-154.
- Vigerstol K (2003) Drought management in Mexico's Rio Bravo Basin. Masters Thesis, University of Washington, Seattle, WA.
- Whilite DA (1991) Drought planning: A process for state government. *Water Resources Bulletin* 27(1): 29-38.
- برنامه مدیریت جامع دریاچه ارومیه (۱۳۸۸) طرح حفاظت از تالاب‌های ایران UNDP/GEF.
- شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس (۱۳۹۱) مطالعات بهنگام سازی طرح جامع منابع آب کشور، حوضه‌های آبریز دریای مازندران و دریاچه ارومیه.
- مکاتبات شخصی (۱۳۹۲) آب منطقه ای استان کردستان.
- مرید س و عرب د (۱۳۸۸) مستندسازی اقدامات انجام شده سازمان‌های آب منطقه‌ای در مقابله با خشکسالی، شرکت سهامی مدیریت منابع آب، معاونت پژوهش و مطالعات پایه، طرح تحقیقات کاربردی.
- مرید س، مقدسی م، دلاور م، حسینی صفا ح و باقری م ح (۱۳۹۱) مدیریت ریسک خشکسالی دریاچه ارومیه، جلد نهم، مدل تخصیص منابع آب حوضه دریاچه ارومیه و ارزیابی وضعیت استانها و دریاچه تحت مدیریت طرح خشکسالی، شوری منطقه‌ای مدیریت حوضه آبخیز دریاچه ارومیه و سازمان محیط زیست.
- مرید س، مقدسی م، دلاور م، حسینی صفا ح و باقری م ح (۱۳۹۱) مدیریت ریسک خشکسالی دریاچه ارومیه، جلد دهم، مؤلفه اجرایی طرح مدیریت ریسک خشکسالی دریاچه ارومیه، شوری منطقه‌ای مدیریت حوضه آبخیز دریاچه ارومیه و سازمان محیط زیست.
- Eimanifar A and Mohebbi F (2007) Urmia Lake (Northwest Iran): a brief review. *Saline Systems*, 3:5. doi:10.1186/1746-1448-3-5, 3:5.
- Iglesias A, Cancelliere A, Gabina D, Lopez-francos A, Moneo M and Rossi G (2001) Drought Management