

## Challenges and Compromises of Agricultural Water Supply and Environmental Water Right in the Lake Urmia Basin

M. Moghaddasi<sup>1\*</sup>, S. Morid<sup>2</sup>, M. Delavar<sup>3</sup>,  
and H. Hoseinni Safa<sup>4</sup>

### Abstract

Restoration of Lake Urmia, as one of the major recent issues in Iran, has been considered by the government since 2008. How the water allocation to this restoration plan has impact on agricultural sector in the basin is amongst the main reasons that so far hindered the proper results of the restoration efforts. This study aims to show the impact of water allocation to this Lake on the agricultural sector of related provinces (West Azerbaijan, East Azerbaijan, and Kurdistan). So purposely, in order to evaluate water allocation to Lake, a 50-year period of natural surface flows of watershed's rivers was considered under the various hydrological conditions and three agricultural water management scenarios. Results showed that having supplied the Lake water right cause a decrease of 20 to 25 percent in agricultural water right in West and East Azerbaijan provinces. Obviously, such a reduced cultivated area would have high socio-economic impacts especially while the basin has experienced an increase in cultivated area and changing of agronomy into orchards. So, It is recommended that based on international experiences, Lake Urmia Restoration Program provide an accessible framework and novel services for the ecology, otherwise, optimal utilization of credit and time shall not be presented.

**Keywords:** Environmental Water Right, Lake Urmia, Agricultural Water, Challenges.

Received: July 15, 2018

Accepted: November 6, 2018

## چالش‌ها و تقابل تأمین آب کشاورزی و حقایق محیط‌زیستی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

مه‌نوش مقدسی<sup>۱\*</sup>، سعید مرید<sup>۲</sup>، مجید دلاور<sup>۳</sup>  
و حمیده حسینی صفا<sup>۴</sup>

### چکیده

یکی از مسائل مهم امروز کشور ایران بحث احیای دریاچه ارومیه می‌باشد که از سال ۱۳۸۷ شمسی مورد توجه دولت و برنامه‌های توسعه قرار گرفته است. مسلماً از دلایلی که علی‌رغم این تلاش‌ها و هزینه‌های سنگین همچون تشکیل ستاد احیا، تأثیری چندانی بر وضعیت دریاچه نداشته، تبعات تخصیص آب به دریاچه بر بخش کشاورزی می‌باشد. بدین منظور این تحقیق در تلاش است بطور کمی، این تبعات را بر کشاورزی استان‌های مرزی دریاچه نشان دهد. بدین منظور یک دوره ۵۰ ساله از جریان طبیعی رودخانه‌های حوضه در نظر گرفته شده است تا تحت شرایط مختلف هیدرولوژیکی، سه نوع مدیریت آب کشاورزی، تخصیص کامل و یا بخشی از نیاز آب دریاچه این مهم مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. نتایج نشان داد که تأمین حقایق دریاچه به کاهش حدود ۲۰ تا ۲۵ درصدی حقایق بخش زراعت آبی در استان‌های آذربایجان غربی و شرقی نیاز دارد. بدیهی است که حصول به چنین کاهش سطحی، تبعات سیاسی و اجتماعی بالایی دارد و این در حالی است که طی سال‌های اخیر سطح زیر کشت و تبدیل زراعت به باغ افزایش یافته است. بدین ترتیب توصیه می‌شود تا ستاد احیا براساس تجربیات جهانی، مطالعات داخلی و تجربیات ۵ ساله خود، چشم‌انداز قابل حصول و خدمات جدیدی برای اکولوژی حوضه و دریاچه تبیین نماید، در غیر این صورت امکان بهره‌برداری بهینه از فرصت زمانی و منابع اعتباری برای احیای دریاچه فراهم نخواهد شد.

**کلمات کلیدی:** حقایق محیط‌زیستی، دریاچه ارومیه، آب کشاورزی، چالش.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۴/۲۴

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۸/۱۵

1- Assistant Professor, Water Engineering, Agriculture Faculty, Arak University, Arak, Iran. Email: m-moghaddasi@araku.ac.ir

2- Professor, Water resources Mmanagement, Agriculture Faculty, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: morid\_sa@modares.ac.ir

3- Assistant Professor, Water resources Management, Agriculture Faculty, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran. Email: [m.delavar@modares.ac.ir](mailto:m.delavar@modares.ac.ir)

4- Ph.D. Candidate of Water Resources, University of Nevada, Reno, USA. Email: safa.hamideh@gmail.com

\*- Corresponding Author

۱- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه اراک.

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

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

۴- کاندیدای دکتری منابع آب، دانشگاه نوادا.

\*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پائیز ۱۳۹۸ امکانپذیر است.

بهره‌برداران ساکن موافق چنین طرحی بوده و برای اعضای جامعه محلی، دارای مقبولیت تلقی می‌شود. بنا به مدل‌سازی‌های اقتصادی انجام شده در این تحقیق، نسبت منفعت به هزینه آن برابر با ۷۰/۱ محاسبه شد و نشان داد توجیه اقتصادی دارد. اما موضوعی که باید بیشتر توجه گردد آن است که موافقین چنین طرحی تنها کمی بیش از نصف کشاورزان هستند. لذا، همانگونه که در عمل نیز ثابت شد، طرح نکاشت نمی‌تواند به عنوان یک راه‌کار عملیاتی و بلندمدت در دستور کار قرار گیرد. بررسی سابقه احیای دریاچه در سایر نقاط دنیا نیز نشان از تلاش در ایجاد انتظارات واقع‌بینانه به برنامه‌ها را دارد. به عنوان نمونه، برنامه احیای دریاچه آرال<sup>۱</sup> در آسیای مرکزی نهایتاً به احداث سدی بر روی بستر دریاچه و احیای بخشی از آن شد. در خصوص احیای دریاچه مونو<sup>۲</sup> در آمریکا، در شرایطی که تراز تاریخی آن ۶۷۵۰ فوت بالای سطح دریا بود، طی یک دادرسی دادگاه به تراز ۶۳۹۰ با شرط عدم وقوع مشکل برای تأمین آب شرب منطقه رأی داد. در همین کشور نیز برنامه احیای دریاچه آونز<sup>۳</sup> علی‌رغم منشئیت آن برای ریزگردهای نمکی، اصل احیاء آن به مدیریت تبعات منفی خشک شدن آن ختم گردید و هم‌اکنون بطور موفقیت‌آمیزی در حال انجام است (Morid and Salimi, 2015). با توجه به مقدمه بالا، مقاله حاضر تلاش دارد تا بطور شفاف‌تری تبعات احیای دریاچه ارومیه را بر بخش کشاورزی باز کند و نشان دهد تأمین حقایق محیط زیستی دریاچه به چه شکلی بخش کشاورزی را تحت تأثیر قرار خواهد داد. این رویکرد خود نیز بستر لازم را برای بررسی تبعات اقتصادی-اجتماعی احیای دریاچه ارومیه را نیز می‌تواند تبیین نماید. بدین منظور مرز بررسی تغییرات از مقیاس حوضه‌ای به استانی کاهش یافته تا از منظر مرزهای سیاسی نیز این موضوع مورد توجه قرار گیرد. قابل ذکر است که مبنای این تحقیق برنامه مدیریت ریسک خشکسالی دریاچه ارومیه می‌باشد (به لینک زیر رجوع گردد). این بدین معناست که در جهت تأمین حقایق دریاچه، کمبود آبی بخش کشاورزی ناشی از عوامل طبیعی (ناشی از کاهش ریزش‌های جوی) و عوامل انسانی (مشخصاً تخصیص آب به دریاچه) خواهد بود. بدین ترتیب هر جا در متن صحبت از خشکسالی است، منظور کم‌آبی می‌باشد که متأثر از شرایط واقعی خشکسالی و اهداف تأمین حقایق دریاچه است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### 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،

بحث احیای دریاچه ارومیه بطور جدی از سال ۱۳۸۷ آغاز شد و طی موافقتنامه‌ای رئیس سازمان محیط زیست، وزارت نیرو، جهاد کشاورزی، استناداران آذربایجان غربی، آذربایجان شرقی و کردستان، تفاهم‌نامه مشترک مدیریت پایدار حوضه آبریز دریاچه ارومیه را به امضا رساندند. این موافقتنامه منجر به برنامه مدیریت جامع حوضه آبریز دریاچه ارومیه گردید. متعاقباً نیز هیئت وزیران طی مصوبه شماره ۴۴۰۷۰/۱۷۱۸۲ مورخ ۱۳۸۹/۱/۲۹ برنامه فوق را چارچوب تمام فعالیت‌های بعدی این حوضه قرار دادند. در این زمان تراز دریاچه ارومیه ۱۲۷۱/۹۲ متر از سطح دریا بود. با تشکیل دولت یازدهم، ستاد احیای دریاچه ارومیه با استفاده از ظرفیت اصل ۱۲۷ قانون اساسی تشکیل شد و مجدداً با سازوکاری جدید و اعتبارات به مراتب بیشتر، احیای دریاچه در دستور کار قرار گرفت. امروز بعد از حدود ۵ سال کار، تراز دریاچه همچنان روند کاهشی خود را دارد. از طرفی نیز گزارشات موجود است که نشان می‌دهند کف دریاچه در بخش عمیق آن تنها تا سال ۱۳۹۴ حدود ۶۰ سانت بالا آمده است (Ag, 2015). در واقع طی این سال‌ها هم از تراز آب دریاچه کاسته شده و هم تراز کف بالا آمده است. این موارد گویای آن است که علی‌رغم تلاش‌های رخ داده، حلقه‌هایی در این حوضه فعالیت دارند که همه ظرفیت‌های ملی و بین‌المللی که برای حفظ دریاچه بسیج شده، نتوانسته‌اند به هدف مورد نظر دست یابند. همچنین، با وجود تمام محدودیت‌های اعمال شده، طی سال‌های اخیر سطح زیر کشت نیز افزایش یافته است (Tajrish, 2017). گزارشات دیگری مبنی بر تغییر اراضی زراعی به باغات نیز وجود دارد (West Azerbaijan Jihad-e-). مسلماً یکی از عوامل اصلی در نتایج فوق، پارادکس تأمین حقایق محیط زیستی دریاچه ارومیه و تأمین تقاضای آبی بخش کشاورزی می‌باشد. این موضوع به اشکال مختلف در مطالعات خاص دریاچه ارومیه مورد توجه بوده است. مانند تحقیق Ghodosi (2015) که تأکید دارد نوعی تحلیل هزینه-منفعت برای احیای دریاچه صورت گیرد و در آن مشخص شود که برای افزایش تراز آب دریاچه در سطوح مختلف، هزینه متعاقب آن (مانند کاهش سطح زیر کشت حوضه) به چه میزان خواهد بود. در تحقیقی (Moghaddasi et al. (2015 مدلی در سطح حوضه و در سطح مزرعه برای تخصیص آب در شرایط مختلف خشکسالی تهیه نمودند. در ادامه درصد تغییرات زیر کشت در شرایط مختلف خشکسالی محاسبه گردید. این موضوع نیز مورد توجه (Danesh at el. (2016 قرار گرفته است. آنها سیاست پرداخت نقدی به کشاورزان محدوده حوضه سیمین‌رود را در مقابل عدم کشت اراضی تحت مالکیت خود را مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنها نشان داد که ۵۳/۵۵ درصد از

می‌باشد، هرچند منابع جدید مانند (Farokhnia 2015) آن را دست بالا می‌دانند. اما همچنان این مقدار در مراجع رسمی اعلام می‌شود و حقایق دریاچه نیز ۳/۱ میلیارد مترمکعب در نظر گرفته شده است (Ministry of Energy, 2014).

### ۲-۳- سری زمانی منابع آبی طبیعی شده حوضه

ورودی لازم برای مدل‌سازی‌های این تحقیق، سری زمانی جریان‌های طبیعی در حوضه می‌باشد (جریان رودخانه‌ها بدون آبیاری‌های تکمیلی)، مانند آنچه در جدول ۱ با عنوان پتانسیل منابع آب یاد شده است. دوره مورد مطالعه، سال‌های ۱۳۳۶ لغایت ۱۳۸۵ می‌باشد که از تنوع مناسبی از خشکسالی و ترسالی‌ها (سال‌های پر آب اوائل دهه ۱۳۷۰ و خشکسالی‌های اواخر دهه ۱۳۸۰) برخوردار است.

آذربایجان غربی و کردستان در اطراف آن قرار گرفته‌اند (شکل ۱). محصولات متنوعی در این حوضه کشت می‌شود که گندم، جو، پیاز، یونجه، چغندرقد، سیب‌زمینی و گوجه فرنگی جزء محصولات اصلی آن می‌باشند. کل اراضی حوضه حدود ۵۰۰ هزار هکتار می‌باشد که برابر ۲، ۴۸ و ۵۰ درصد به ترتیب بین استان‌های کردستان، آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی توزیع می‌شود.

### ۲-۲- پتانسیل منابع آبی در استان‌ها و حقایق دریاچه ارومیه

پتانسیل منابع آب تجدیدپذیر استان‌ها، حقایق دریاچه و سهم هر یک از آنها در تأمین این حقایق در جلسات و نشست‌های کارگروه آب و کشاورزی برنامه جامع مدیریت حوضه آبریز دریاچه ارومیه مورد تصویب قرار گرفته است که در جدول ۱ قابل مشاهده است. رقم پتانسیل منابع آب آمده در این جدول برابر ۶۹۲۵ میلیون مترمکعب



Fig. 1- Lake Urmia basin and related Provinces  
شکل ۱- حوضه آبریز دریاچه ارومیه و استان‌های واقع در آن

Table 1- Potential of renewable water resources of the provinces located in Lake Urmia basin

جدول ۱- ارقام پتانسیل منابع آب تجدیدپذیر استان‌های واقع در حوضه آبریز دریاچه ارومیه

Percentage of provinces to supply Lake Urmia (%)	The Contribution of provinces to supply Lake Urmia (MCM)	Water resources potential (MCM)	Province	Row
60.3	1870.5	3982.73	West Azerbaijan	1
8.7	270.5	1360.85	East Azerbaijan	2
30.1	959.1	1583.47	Kurdistan	3
100	3100	6925	Sum	4

میزان کم آبیاری تا چه میزان باشد. در ادامه نیاز است تا این کاهش‌ها که در سطح زیرسیستم‌های هیدرولوژیکی است به سطح استانی ارتقاء یابد. این بخش نیز مدل‌سازی‌های خاصی را می‌طلبد. بدین ترتیب برای دو سطح فوق، دو مدل مختلف نیاز شد که "مدل بهینه‌سازی تخصیص آب کشاورزی" و "مدل تخصیص حوضه‌ای" اطلاق می‌شوند و شرح آنها در ادامه ارائه می‌گردد:

- مدل بهینه‌سازی تخصیص آب کشاورزی

**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 است که بصورت ذیل می‌باشد:

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

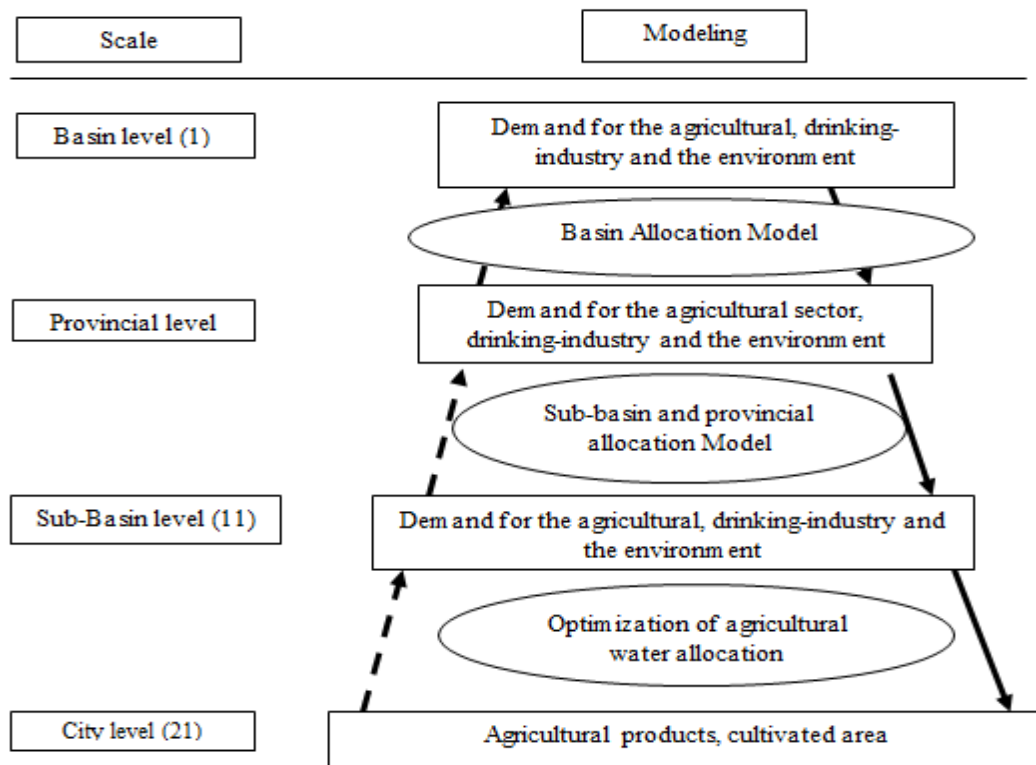
**۴-۲- مدل‌سازی و مقیاس آن**

برای مدل‌سازی‌های مورد نیاز این تحقیق، مقیاس و مرزبندی خاصی اعمال شد که در شکل ۲ آمده است. ملاحظه می‌گردد که کوچکترین مقیاس مرز شهرستان‌ها است که تعداد آنها در حوضه ۲۱ می‌باشد. در مرحله بعدی سیستم‌های رودخانه‌ای (زیرحوضه‌ها) هستند و نهایتاً به استان می‌رسد. بین این اجزاء اطلاعات و داده‌هایی تبادل می‌گردد که نهایتاً آب را بطور بهینه تخصیص می‌دهد. شرح کامل مبانی این مدل در مرجع (Morid et al., 2012) قابل دسترس می‌باشد و بطور مختصر در قسمت ذیل به آن اشاره می‌گردد.

از مهمترین نتایج این مدل‌سازی امکان برنامه‌ریزی آب برای هر محصول، هر شهرستان، هر سیستم آبی و هر استان در شرایط مختلف کم‌آبی و خشکسالی می‌باشد، به طوری که حداکثر سود حاصل گردد و بخش کشاورزی کمترین خسارت را متحمل شود.

**۴-۲-۱- چارچوب مدل‌سازی**

برای این تحقیق، مدل‌سازی در دو سطح مورد نیاز بود که بتواند بطور بهینه مشخص کند در هر سطح خشکسالی، سطح اراضی کشاورزی و



**Fig. 2- Modeling Structure (Morid et al., 2012)**  
 شکل ۲- ساختار مدل‌سازی (Morid et al., 2012)

تأمین آب دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار گرفت که عبارتند از: (۱) تخصیص حتی‌الامکانی ۱۰۰ درصد حقاچه ۳/۱ میلیارد در سال و (۲) کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی تا حدود ۳۵ درصد. سناریوی دوم با این فرض طرح شده است که در سال‌های پرآب، حقاچه بخش کشاورزی زیاد نشود و آب مازاد به دریاچه اختصاص داده شود (Moghaddasi et al., 2012). قابل ذکر است، خروجی مدل‌های مورد استفاده، تخصیص هر استان را متناسب با شرایط خشکسالی و کم‌آبی ارائه می‌دهد.

## ۲-۶- راه کارهای کاهش مصرف بخش کشاورزی و دریاچه

راه کارهای کاهش مصرف آب براساس مطالعات کتابخانه‌ای، سوابق تحقیقاتی مؤلفین مقاله و جمع‌بندی نظرات ذی‌نفعان شامل کم‌آبیاری، حذف برخی محصولات و کاهش سطح زیر کشت هستند (Chai et al., 2016; Al-ghobari and Dewidar, 2017). در قالب اقدامات مدیریتی عبارتند از:

- ۱- اعمال کم‌آبیاری و کاهش سطح
- ۲- اعمال کم‌آبیاری و حذف محصول
- ۳- رویکرد کاهش سطح

هر یک از اقدامات فوق نیز در شرایط تأمین سهمیه کامل آب و تأمین بخشی از حقاچه متناسب با شدت کم‌آبی‌ها به اجرا در می‌آیند. توضیح بیشتر اینکه در راهکار اول محصولات کمتری حذف شود که منجر به حذف بیشتر اراضی می‌گردد. راهکار دوم تقریباً حالت عکس دارد، بدین معنا که اجازه حذف محصول داده می‌شود، ولی سطح کمتری حذف می‌گردد.

این دو راهکار از مدل بهینه‌سازی توسعه یافته استفاده می‌کند. نهایتاً در راهکار سوم، تنها بخش از اراضی کلاً از کشت حذف می‌شوند و سایر اراضی با شیوه‌های جاری مدیریت می‌شوند. بدیهی است که راهکار سوم از منظر مدیریت آب کشاورزی ساده‌تر می‌باشد. نکته قابل توجه در این روش‌شناسی آن است که برای تمامی این موارد، حجم کل آب کشاورزی یکسان و تنها نحوه توزیع آن متفاوت خواهد بود. درخصوص باغات نیز تنها تا ۸۰ درصد کم‌آبیاری لحاظ شده و در تمامی موارد حقاچه آنها در اولویت بعد از شرب قرار گرفته است.

## ۲-۷- سامانه پشتیبانی تصمیم‌گیری<sup>۴</sup> از دریاچه

با توجه به حجم سنگین اطلاعات و خروجی‌ها، لازم شد تا مدل خاصی برای پس‌پردازش آنها توسعه یابد. این مدل در محیط C-Sharp تحت عنوان UWPA<sup>۵</sup> توسعه یافت تا خروجی‌های بسیار متنوع

در این رابطه  $ETa_{c,g}$  تبخیر و ترقق واقعی محصول C در مرحله رشد  $g$  (mm/10day)،  $ET \max_{c,g}$  حداکثر تبخیر و ترقق 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 (Allen et al., 1998; Doorenbos and Pruitt, 1984; Borgand and Grimes, 1986).

## 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 بصورت ذیل می‌باشد:

$$\text{MAX} \left\{ \sum_{k=1}^K F_k(Q_k) A_k Y_{\max k} P_k \right\} \quad (2)$$

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)،  $Y_{\max k}$  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 بدست آید (Moghaddasi et al., 2010a).

## ۲-۵- مدل تخصیص حوضه‌ای

این مدل بر اساس معادله بیلان بنا شده است. به طوری که برای سناریوهای مختلف هیدرولوژیکی، میزان کاهش تخصیص بخش کشاورزی (در مرزهای جغرافیایی سیستم‌های هیدرولوژیکی و استانی) و دریاچه را در سناریوهای مختلف مدیریتی تعیین نماید.

## ۲-۵- سطح‌بندی خشکسالی

برای مدیریت خشکسالی طبق توافق با ذی‌نفعان ۴ سطح تعریف شده است که بر اساس منابع آب قابل پیش‌بینی، تعیین و متناسب با آن اقدامات مدیریتی اعمال می‌گردد. سطح ۴، شرایطی از کم آبی 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. همچنین، بر اساس نظرسنجی‌ها در کارگاه‌هایی که بدین منظور برگزار گردید، دو سناریوی اصلی برای



### ۳- روش کار

#### ۳-۱- استان آذربایجان غربی

##### ۳-۱-۱- فراوانی و شدت سطوح هشدار خشکسالی (کم آبی)

شکل‌های ۳ و ۴ نتایج اجرای مدل UWPA را برای استان آذربایجان غربی تحت سناریوی ۱ (تخصیص کامل حبابه دریاچه) و سناریوی ۲ (تخصیص بخشی از آب به دریاچه) طی سه دوره ۵۰، ۲۰ و ۱۰ سال نشان می‌دهد. موارد زیر از آنها قابل استنتاج است:

- طی این دو سناریو، استان می‌تواند بسته به شرایط سه دوره هیدرولوژیکی و تحت سناریوی اول؛ بین ۹۵ تا ۹۷ درصد و برای سناریوی دوم ۷۸ تا ۸۳ درصد از تعهد ۱/۸۷ میلیارد مترمکعب آب در سال استان را به دریاچه عملیاتی نماید. این نتایج نشان می‌دهد که سناریوی دوم و فرض کاهش حبابه دریاچه در خشکسالی‌ها و جبران آن در ترسالی‌ها، نهایتاً توان تأمین حجم ۱/۸۷ میلیارد در سال استان آذربایجان غربی را نخواهد داشت و حدوداً استان نمی‌تواند تا ۲۰٪ آن را تأمین نماید.

- همانگونه که شکل‌های ۳ و ۴ نشان می‌دهند، فراوانی تعداد کل هشدار سطوح خشکسالی تفاوت نخواهد داشت. اما، تفاوت اصلی در شدت هشدارها می‌باشد که بخصوص از سطوح ۳ به بالا قابل مشاهده است. بدیهی است که در سناریوی ۱ تخصیص آب دریاچه، فراوانی سطوح خشکسالی و کم‌آبی‌ها (سطح چهار خشکسالی) نسبت به سناریوی دوم سخت‌تر می‌باشد.

مدل‌های بهینه‌سازی را به نحو مطلوبی در اختیار کاربران قرار دهد. مهمترین خروجی‌های آن عبارتند از: ۱) وضعیت سطوح خشکسالی طی دوره مورد مطالعه، ۲) میزان تخصیص آب به بخش کشاورزی، محیط زیست و شرب-صنعت در هر سناریوی مدیریتی و هیدرولوژیکی و ۳) ارائه بندهای قبل در مقیاس زیرحوضه‌ای و استانی. توضیحات بیشتر در خصوص این مدل در مرجع (Delavar et al. 2012) قابل دسترس می‌باشد. این بخش به نتایج تحقیق می‌پردازد تا بتواند به نحو واقع‌بینانه‌تری به تبعات احیای دریاچه بر مدیریت کلان سه استان و چالش‌های ممکن از نظر تأمین آب کشاورزی و کاهش سطح بپردازد. محاسبات مربوط براساس سه وضعیت هیدرولوژیکی شامل تکرار دوره ۱۳۳۶-۱۳۸۵، دوره ۱۳۶۵-۱۳۸۵ و دوره ۱۳۷۵-۱۳۸۵ به انجام رسیده که به اندازه لازم شرایط متنوع ترسالی و خشکسالی‌ها را در خود جای دارد. بدین ترتیب نتایج این بخش، میزان تأمین آب بخش کشاورزی، وضعیت کاهش اراضی و میزان تحقیق تعهد استان‌ها در تخصیص حبابه دریاچه را نشان خواهد داد. همچنین، بدلیل محدودیت فضا و از طرفی تبعات کمتر این برنامه بر استان کردستان بدلیل اراضی کمتر کشاورزی در این حوضه، خروجی‌های آن ارائه نمی‌شود. اما، در تمامی محاسبات حبابه‌های آنها در بخش کشاورزی، شرب و صنعت مد نظر قرار گرفته شده است.

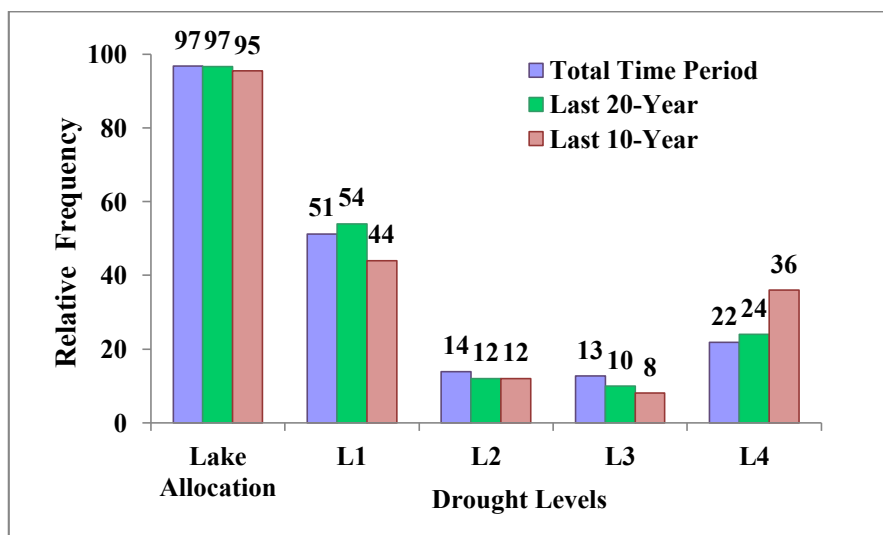


Fig. 3- Relative frequency for drought levels in West Azerbaijan under Lake Urmia (LU) drought plan management for different time periods (full allocation of LU water requirement)

شکل ۳- فراوانی نسبی سطوح هشدار خشکسالی و درصد تأمین حبابه سالانه دریاچه طبق طرح برای استان آذربایجان غربی و سناریوی تخصیص کامل آب دریاچه ارومیه

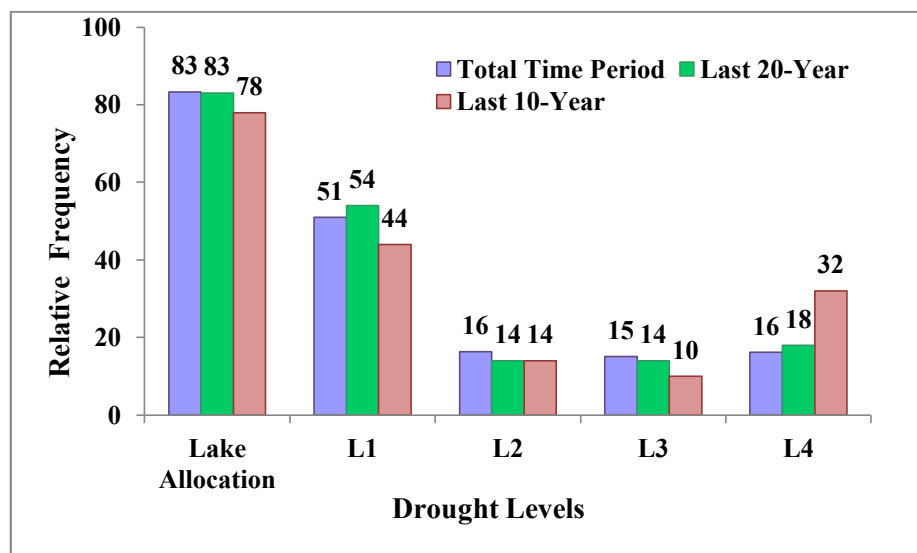


Fig. 4- Relative frequency for drought levels in West Azerbaijan under LU drought plan for different time periods (partial allocation of LU water requirement)

شکل ۴- فراوانی نسبی سطوح هشدار خشکسالی و درصد تأمین حقایق سالانه دریاچه طبق طرح برای استان آذربایجان غربی و سناریوی کاهش تخصیص آب دریاچه ارومیه

#### ۳-۱-۴- تأثیر سطوح خشکسالی بر سطح زیر کشت

این قسمت تلاش دارد تا تبعات کاهش تخصیص را روی سطح زیر کشت اراضی در بهینه‌ترین حالت (براساس مدل‌سازی‌های انجام شده) نشان دهد. بر اساس راه‌کارهای مدیریتی (اعمال کم‌آبایی و کاهش سطح، اعمال کم‌آبایی و حذف محصول و کاهش سطح) که در بخش ۲-۶ تشریح شدند، سطح زیر کشت کل استان در سطوح مختلف خشکسالی و تحت هر دو سناریو تخصیص تغییر می‌کند. بطوریکه در سطح اول خشکسالی کمترین کاهش سطح زیر کشت در هر سه راه‌کار و بیشترین کاهش سطح زیر کشت در سطح چهار خشکسالی وجود دارد. همچنین قابل ذکر است در راه‌کار اول کمترین و در راه کار سوم بیشترین تغییرات را خواهیم داشت که با توجه به نوع راه کار سوم که براساس بهینه‌سازی می باشد، کاملاً منطقی می‌باشد (شکل ۷ و ۸).

#### ۳-۱-۲- تخصیص آب به بخش کشاورزی

در این قسمت وضعیت تخصیص بخش کشاورزی (۲/۱ میلیارد در سال) بر اساس جدول ۱ در کل دوره مطالعاتی و تحت دو سناریو تخصیص حقایق دریاچه ارائه می‌شود (شکل ۵) (نتایج برای سایر دوره‌ها ارائه نشدند، چون وضعیت‌های بدتری را دنبال دارند). از شکل ملاحظه می‌گردد که تأمین حقایق این بخش بطور ۱۰۰ درصد تنها برای سال‌های محدودی قابل تحقق می‌باشد و حتی در سناریوی ۲ (تأمین بخشی از حقایق دریاچه) همچنان استان بطور مستمر مجبور به کاهش بخش کشاورزی تا حدود ۸۰٪ آن خواهد بود. در مجموع برای انجام تعهدات استان آذربایجان غربی به دریاچه، بطور متوسط بین ۶۵ تا ۷۵ درصد کل حقایق بخش کشاورزی قابل تأمین خواهد بود.

#### ۳-۱-۳- تخصیص آب دریاچه ارومیه

همانگونه که قبلاً نیز اشاره شد، طبق برنامه، سهم استان آذربایجان غربی در تأمین حقایق دریاچه ۱/۸ میلیارد در سال می‌باشد. مانند بخش کشاورزی، وضعیت تخصیص این حقایق نیز طی دوره آماری در شکل ۶ به نمایش درآمده است. طبق نتایج، این استان بطور متوسط و بر اساس سناریوی‌های ۱ و ۲، به ترتیب می‌تواند مقادیر ۹۷ و ۸۳ درصد سهم خود را تأمین نماید. بدیهی است که چنین درصدی تنها با کاهش تخصیص ۲۵ تا ۳۵ درصدی تخصیص بخش کشاورزی قابل تحقق خواهد بود.

#### ۳-۲- استان آذربایجان شرقی

##### ۳-۲-۱- فراوانی و شدت سطوح مدیریتی خشکسالی

شکل‌های ۹ و ۱۰ نتایج اجرای مدل UWPA را برای استان آذربایجان شرقی تحت سناریوی ۱ و ۲ تخصیص آب به دریاچه طی دوره ۵۰، ۲۰ و ۱۰ سال نشان می‌دهد.

موارد زیر از شکل‌های فوق قابل مشاهده است:

- طی این دو سناریو، استان آذربایجان شرقی بسته به طول دوره آماری حدوداً ۹۷ درصد در سناریوی اول و ۸۳ و ۸۷ درصد در سناریوی دوم

از تعهد ۰/۲۷ میلیارد مترمکعب آب در سال خود را به دریاچه به انجام رساند. مجدداً ملاحظه می‌گردد که سناریوی دوم توان انجام تعهد استان آذربایجان شرقی را به دریاچه نخواهد داشت.

سناریوی ۱ و ۲ تفاوتی از لحاظ فراوانی نسبی شرایط نرمال ندارند و تفاوت اصلی در سطوح ۳ به بالا است.

با توجه به اینکه این استان سهم کمتری در تأمین آب دریاچه دارد، تفاوت دو سناریو کمتر از استان آذربایجان غربی است.

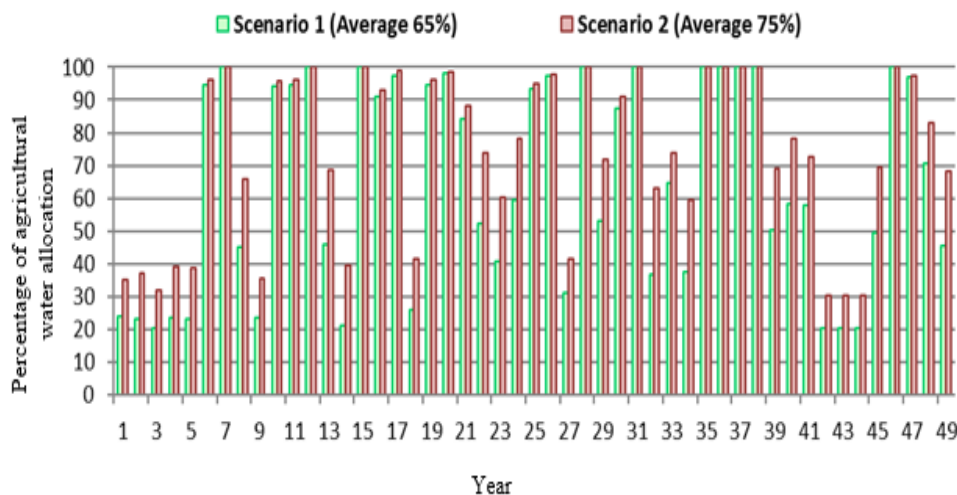


Fig. 5- The amount of Agricultural water allocation for West Azerbaijan province under LU drought plan by Scenario 1 (full allocation of LU water requirement) and scenario 2 (partial allocation of LU water requirement)

شکل ۵- میزان تخصیص حقابه بخش کشاورزی استان آذربایجان غربی طبق طرح خشکسالی تحت سناریوی ۱ (تأمین کامل آب دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی)

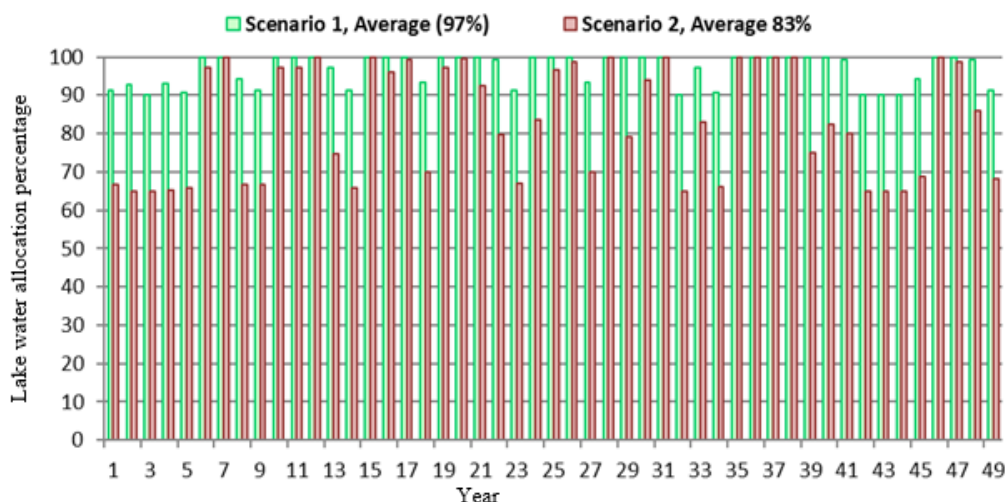


Fig. 6- The amount of water allocation to the Lake for West Azerbaijan province under LU drought plan by Scenario 1 (full allocation of LU water requirement) and scenario 2 (partial allocation of LU water requirement)

شکل ۶- 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)



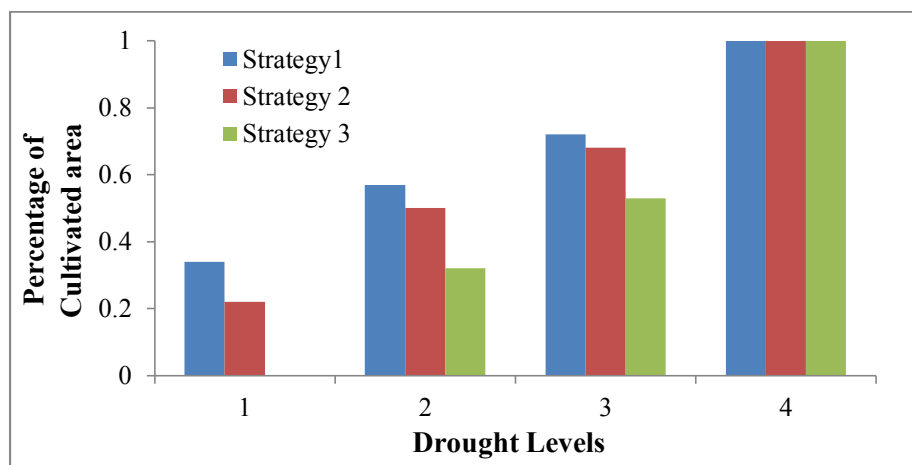


Fig. 7- Effect of Drought Levels on cultivated area of West Azerbaijan Province by scenario 1 (full allocation of LU water requirement)

شکل ۷- اثر سطوح خشکسالی بر سطح زیر کشت استان آذربایجان غربی تحت سناریو اول (تأمین کامل آب دریاچه ارومیه)

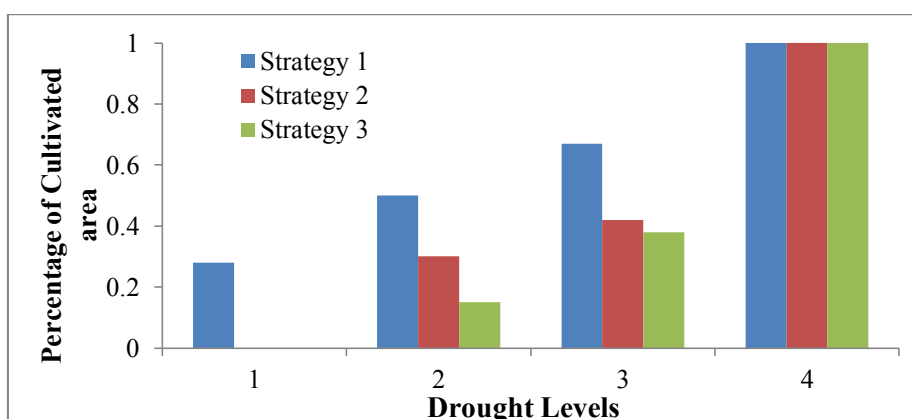


Fig. 8- Effect of Drought Levels on cultivated area of West Azerbaijan Province by scenario 2 (partial allocation of LU water requirement)

شکل ۸- اثر سطوح خشکسالی بر سطح زیر کشت استان آذربایجان غربی تحت سناریو دوم (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی)

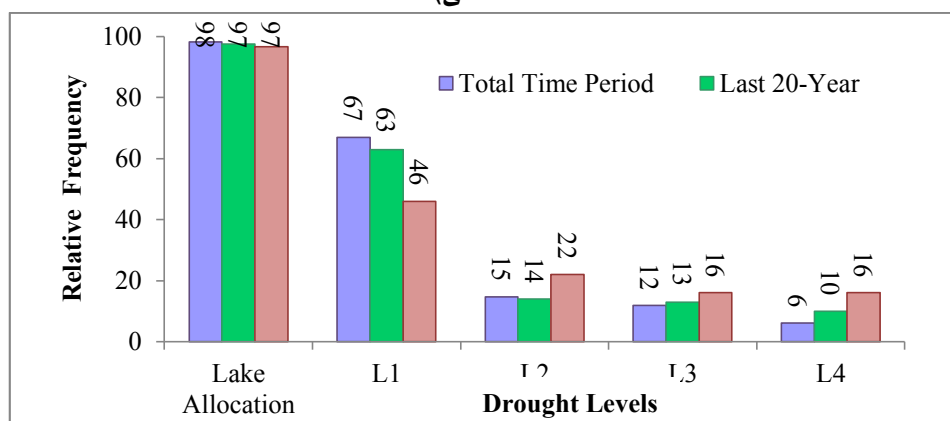


Fig. 9- Relative frequency for drought levels in East Azerbaijan under LU drought plan management for different time periods (full allocation of LU water requirement)

شکل ۹- فراوانی نسبی سطوح هشدار خشکسالی درصد تأمین حقاچه دریاچه طبق طرح برای استان آذربایجان شرقی و سناریوی تخصیص کامل آب دریاچه ارومیه

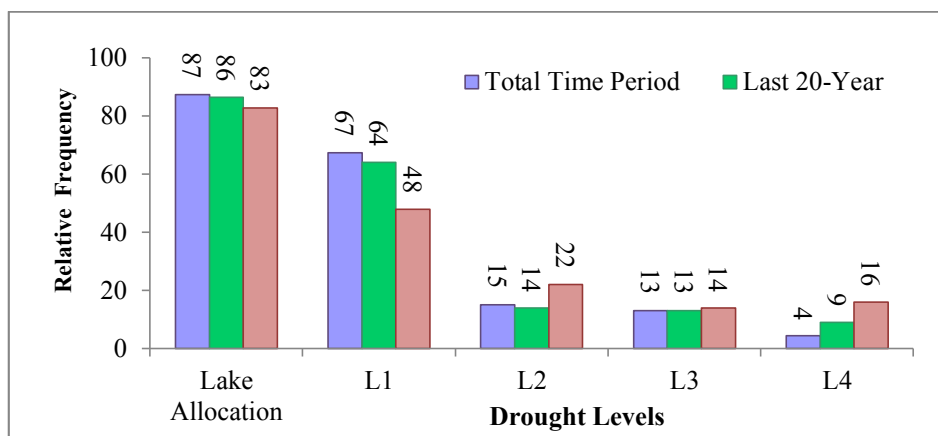


Fig. 10- Relative frequency for drought levels in East Azerbaijan under LU drought plan for different time periods (partial allocation of LU water requirement)

شکل ۱۰- فراوانی نسبی سطوح هشدار خشکسالی درصد تأمین حقابه دریاچه طبق طرح برای استان آذربایجان شرقی و سناریوی کاهش تخصیص آب دریاچه ارومیه

۳-۲-۳- تخصیص آب دریاچه ارومیه

سهم استان آذربایجان شرقی در تأمین حقابه دریاچه ۰/۲۷ میلیارد مترمکب در سال می‌باشد. وضعیت تخصیص این حقابه طی دوره آماری در شکل ۱۲ به نمایش درآمده است. طبق نتایج، این استان بطور متوسط مقادیر ۹۸ و ۸۷ درصد سهم خود را براساس سناریوی‌های ۱ و ۲ تأمین آب دریاچه می‌تواند تأمین نماید.

۳-۲-۲- نحوه تخصیص آب به بخش کشاورزی

وضعیت تخصیص بخش کشاورزی در دوره مطالعات تحت دو سناریوی مدیریتی در شکل ۱۱ قابل مشاهده است. همچنین، ملاحظه می‌گردد که تأمین ۱۰۰ درصدی این بخش تنها برای سال‌های محدودی میسر است و از این جهت مانند آذربایجان غربی است. مطابق این طرح، متوسط تخصیص بخش کشاورزی در دوره ۵۰ ساله به ترتیب حدود ۷۵ و ۸۰ درصد حقابه بخش کشاورزی متناسب با سناریوی ۱ و ۲ خواهد بود.

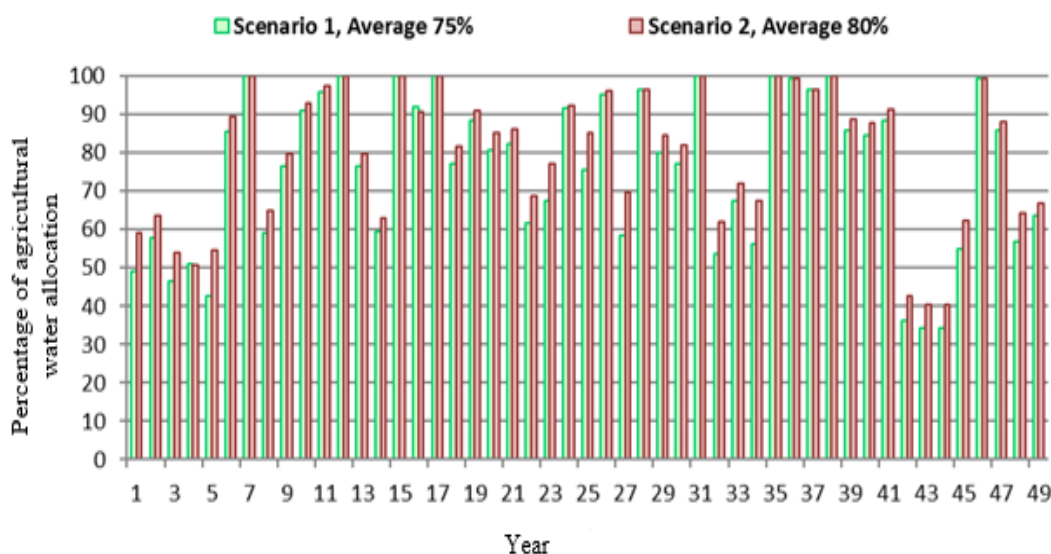


Fig. 11- The amount of Agricultural water allocation for East Azerbaijan province under LU drought plan by Scenario 1 (full allocation of LU water requirement) and scenario 2 (partial allocation of LU water requirement)

شکل ۱۱- میزان تخصیص حقابه بخش کشاورزی استان آذربایجان شرقی طبق طرح خشکسالی تحت سناریوی ۱ (تأمین کامل آب دریاچه ارومیه دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی)

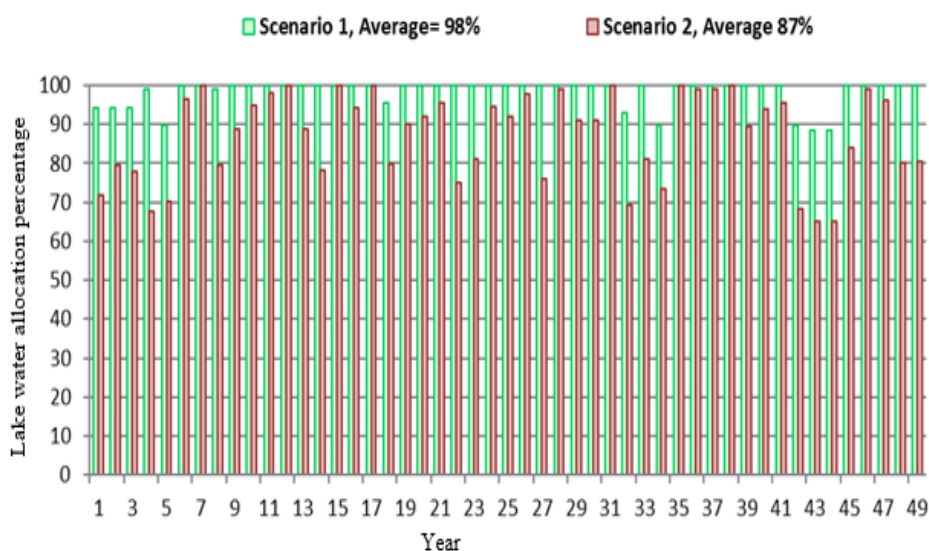


Fig. 12- The amount of water allocation to the Lake for East Azerbaijan province under LU drought plan by Scenario 1 (full allocation of LU water requirement) and scenario 2 (partial allocation of LU water requirement)

شکل ۱۲- میزان تخصیص حقاچه دریاچه ارومیه، سهم مربوط به استان آذربایجان شرقی طبق طرح خشکسالی تحت سناریوی ۱ (تأمین کامل آب دریاچه ارومیه دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی)

بیشترین تغییرات را خواهیم داشت که با توجه به نوع راه کار سوم که براساس بهینه سازی می باشد، کاملاً منطقی می باشد (شکل های ۱۳ و ۱۴).

### ۳-۲-۴- تأثیر سطوح خشکسالی بر سطح زیر کشت

همانطور که در شکل های ۱۳ و ۱۴ قابل مشاهده است، بر اساس راه کارهای مدیریتی سطح زیر کشت استان در سطوح مختلف خشکسالی و تحت هر دو سناریو تخصیص تغییر می کند، بطوریکه در سطح اول خشکسالی کمترین کاهش سطح زیر کشت در هر سه راه کار و بیشترین کاهش سطح زیر کشت در سطح چهار خشکسالی وجود دارد. همچنین قابل ذکر است در راه کار اول کمترین و در راه کار سوم

### ۴- جمع بندی

تحقیق حاضر، تلاشی برای تبیین چالش های تأمین آب کشاورزی و تبعات احیای دریاچه ارومیه در این حوضه آبریز بود.

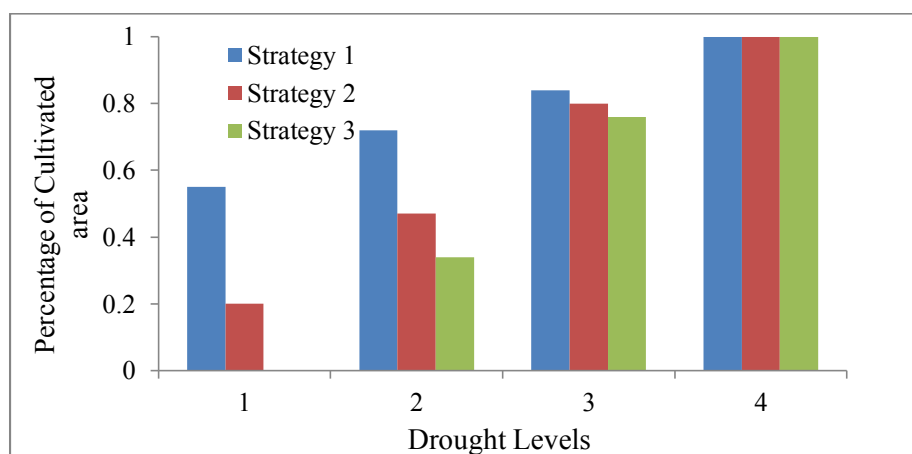


Fig. 13- Effect of drought levels on the cultivated area of East Azerbaijan province by scenario 1 (full supply of Lake Urmia water)

شکل ۱۳- اثر سطوح خشکسالی بر سطح زیر کشت استان آذربایجان شرقی تحت سناریو اول (تأمین کامل آب دریاچه ارومیه)

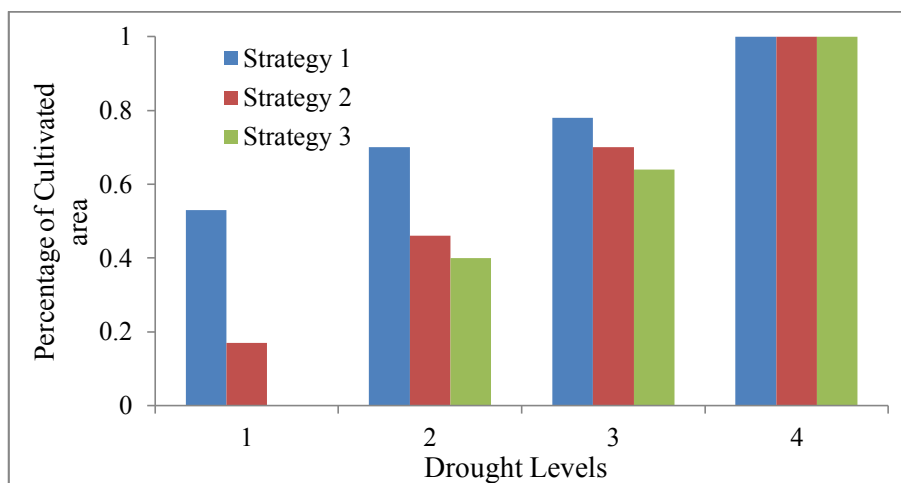


Fig. 14- Effect of drought levels on the cultivated area of East Azerbaijan province by scenario 2 (partial allocation of LU water requirement)

شکل ۱۴- اثر سطوح خشکسالی بر سطح زیر کشت استان آذربایجان شرقی تحت سناریو دوم (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی)

تجربیات احیای دیگر دریاچه‌ها، ۲) اصل تعریف خدمات جدید اکولوژی که در احیای دریاچه‌ها مدنظر قرار گرفته است، ۳) اتکاء به تجربیات ۵ ساله خود، ۴) واقعیت‌های سیاسی، اقتصادی و اجتماعی کشور و حوضه (که فراتر از توان ستاد) به نقطه بهینه‌ای برای نحوه احیای دریاچه برسد.

#### پی‌نوشت‌ها

- 1- Aral Lake
- 2- Mono Lake
- 3- Owens Lake
- 4- Decision Support System
- 5- Urmia Water Allocation Package

#### ۵- مراجع

- Allen R G, Pereira L S, Raes D, and Smith M (1998) Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy
- Al-Ghobari H M and Dewidar A Z (2017) Deficit irrigation and irrigation methods as on farm strategies to maximize crop water productivity in dry areas. Journal of Water and Climate Change 9(2):399-409
- Ag N (2015) Changes in geomorphology of Lake Urmia and its negative effects on the restoration of Lake Urmia. Research Institute of Lake Urmia (In Persian)

بدین منظور با استفاده از مجموعه‌ای از مدل‌ها و راه‌کارهای ممکن در مدیریت آب کشاورزی؛ تأمین آب دریاچه در ۲ سناریوی تخصیص کامل (تخصیص ۳۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال) و تأمین بخشی از آن، متناسب با موجودی منابع آبی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج زیر از این تحقیق قابل ارائه می‌باشند:

- نتایج نشان داد که تخصیص ۳۱۰۰ میلیون مترمکعب در خوش‌بین‌ترین شرایط هیدرولوژیکی حوضه، کاهش متوسطی حدود ۲۰ تا ۲۵ درصدی حقبه بخش کشاورزی را در استان‌های آذربایجان غربی و آذربایجان شرقی نیاز دارد.

- تبعات کاهش تخصیص آب در سه راه‌کار مدیریت آب کشاورزی بطور بهینه ارزیابی گردید. بطوریکه خسارت وارده به کشاورزی استان‌ها حداقل باشد. بر این اساس کاهش سطح در اراضی زراعت آبی معادل ۲۵ تا ۱۰۰ درصد بین سال‌ها و متناسب با وضعیت منابع آب برای تأمین حقبه دریاچه مورد نیاز خواهد بود.

- رویکرد مورد تأکید تحقیق، نمایشی برای تبعات احیای دریاچه بر بخش کشاورزی و متعاقباً تبعات اجتماعی آن می‌باشد که می‌تواند در اتخاذ تصمیمات واقع‌بینانه و ممکن به ستاد احیای دریاچه ارومیه کمک نماید. بر این اساس پیش‌نیاز احیای دریاچه، نحوه هماهنگی و همکاری بخش کشاورزی با آن است که هزینه‌های اصلی را متحمل خواهد شد. عدم توجه به این اصل نتیجه‌ای جز گفتمان گلایه‌آمیز کنونی را به همراه نخواهد داشت و روند زوال تراز آب و افزایش تراز کف دریاچه ادامه خواهد یافت.

قابل تأکید است که مقاله گرایشی به حذف و یا تأمین آب کشاورزی و یا محیط زیستی ندارد. توصیه می‌گردد که ستاد احیاء (۱) براساس

- Morid S and Salimi Z (2015) Supplementary package of Urmia lake risk management program. Review of other measures of lakes in surface management, stepwise revitalization and reestablishment control. Iran wetland protection project, Environmental Protection Organization (In Persian)
- 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, Morid S, and Delavar M (2012) Urmia drought drought risk management program. Agriculture Report and Agricultural Allocation in Drought Conditions, Iran's Wetlands Restoration Plan (In Persian)
- Moghaddasi M, Morid S, and Delavar M (2015) Urmia agricultural water consumption management approach in Urmia Lake restoration. *Iran-Water Resources Research* 11:1-12 (In Persian)
- Borg H and Grimes D W (1986) Depth development of roots with time: an empirical description. *Transactions of the ASAE* 29(1):194-197
- Chai Q, Gan Y, Zhao C, Xu H L, Waskom R M, Niu Y, and Siddique K H (2016) Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. *A review, Agronomy for Sustainable Development* 36(1):3
- Delavar M, Morid S, Hosseini Safa H and Moghaddasi M (2012) Urmia lake drought risk management program. Water Resources Allocation Model and Status Assessment, Iran's Wetlands Restoration Plan (In Persian)
- Pruitt W O (1984) Guidelines for predicting crop water requirements- FAO Irrigation and drainage paper 24. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy
- Tajrishi (2017) Interview with Iran Newspaper. [www.iran-newspaper.com/Newspaper/BlockPrint/144763](http://www.iran-newspaper.com/Newspaper/BlockPrint/144763), Plan for reviving Iranian wetlands, (2012) Urmia Lake Drought Risk Management Program, <https://www.doe.ir/portal/theme/talab/Data/021-DRM.html> (In Persian)