

برنامه مدیریت ریسک خشکسالی حوضه آبخیز دریاچه ارومیه

مدل تخصیص منابع آب و ارزیابی وضعیت
استان‌ها و دریاچه تحت اجرای برنامه
«جلد نهم»



سازمان حفاظت
محیط زیست



طرح حفاظت از
تالاب‌های ایران



پژوهشکده مهندسی آب
دانشگاه تربیت مدرس



دبیرخانه دالی شورای منطقه‌ای
مدیریت حوضه آبخیز دریاچه ارومیه

کارگروه مدیریت پایدار منابع آب و کشاورزی
شورای منطقه‌ای مدیریت حوضه آبخیز دریاچه ارومیه
آذر ۱۳۹۱

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

برنامه مدیریت ریسک خشکسالی حوضه آبخیز
دریاچه ارومیه

مدل تخصیص منابع آب و ارزیابی وضعیت
استان‌ها و دریاچه تحت اجرای برنامه
«جلد نهم»

کارگروه مدیریت پایدار منابع آب و کشاورزی
شورای منطقه‌ای حوضه آبخیز دریاچه ارومیه
آذر ۱۳۹۱

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
فصل اول : مقدمه.....	۱
۱-۱- مقدمه	۱
۲-۱- پتانسیل منابع آبی در استان‌ها و حقایق دریایچه ارومیه.....	۲
۳-۱- سناریوهای منابع آبی در حوضه.....	۲
۴-۱- مدل‌سازی و مقیاس مدل‌سازی‌ها در طرح.....	۳
۵-۱- سطح بندی خشکسالی در استان‌ها	۳
۶-۱- مدل UWAP.....	۸
۱-۶-۱- ویژگی‌های مدل UWAP.....	۸
۷-۱- فصل‌بندی گزارش حاضر	۱۰
فصل دوم: تخصیص منابع آب دریایچه ارومیه براساس طرح خشکسالی.....	۱۱
۱-۲- مقدمه.....	۱۱
۲-۲- استان آذربایجان غربی.....	۱۲
۱-۲-۲- فراوانی و شدت سطوح هشدار خشکسالی.....	۱۲
۲-۲-۲- نحوه تخصیص آب به بخش کشاورزی.....	۱۴
۳-۲-۲- تخصیص آب دریایچه ارومیه.....	۱۵

۱۵	۳-۲- استان آذربایجان شرقی.....
۱۵	۳-۲-۱- فراوانی و شدت سطوح مدیریتی خشکسالی.....
۱۷	۳-۲-۲- نحوه تخصیص آب به بخش کشاورزی
۱۷	۳-۳-۲- تخصیص آب دریاچه ارومیه
۱۹	۲-۴- استان کردستان.....
۲۰	فصل سوم: ارزیابی مساحت دریاچه براساس طرح خشکسالی.....
۲۰	۳-۱- مقدمه.....
۲۰	۳-۲- تحلیل عدم قطعیت
۲۱	۳-۲-۱- روش شبیه سازی مونت کارلو
۲۱	۳-۳- شبیه سازی تغییرات تراز دریاچه ارومیه.....
۲۳	۳-۳-۱- منحنی تراز- مساحت دریاچه.....
۲۴	۳-۳-۲- منحنی تراز- حجم دریاچه ارومیه.....
۲۴	۳-۴- تولید نمونه‌های تصادفی (دبی، بارش و تبخیر)
۲۵	۳-۵- مدل شبیه سازی مساحت دریاچه
۲۶	۳-۶- سناریوهای اجرای مدل شبیه سازی مساحت دریاچه
	۳-۶-۱- شبیه‌سازی مساحت با پارامترهای آماری ۵۰ سال گذشته و عدم اولویت تخصیص آب دریاچه
۲۸	(سناریوی 50_BAU).....
	۳-۶-۲- شبیه سازی مساحت با پارامترهای آماری ۱۰ سال گذشته و عدم اولویت تخصیص آب دریاچه

.....(سناریوی 10_BAU)	۲۹
۳-۶-۳- شبیه سازی مساحت با پارامترهای آماری ۵۰ سال گذشته و تخصیص کامل آب دریاچه در خشکسالی	
.....(سناریوی 50_Sc1)	۳۰
۳-۶-۴- شبیه سازی مساحت با پارامترهای آماری ۱۰ سال قبل و تخصیص کامل آب دریاچه در خشکسالی	
.....(سناریوی 10_Sc1)	۳۱
۳-۶-۵- شبیه سازی مساحت با پارامترهای آماری ۵۰ سال گذشته و کاهش تخصیص آب دریاچه در شرایط	
خشکسالی (سناریوی 50_Sc2).....	۳۲
۳-۶-۶- شبیه سازی مساحت با پارامترهای آماری ۱۰ سال گذشته و کاهش تخصیص آب دریاچه در شرایط	
خشکسالی (سناریوی 10_Sc2).....	۳۳
۳-۷- مقایسه سناریوها در وضعیت مساحت دریاچه ارومیه.....	۳۳
۳-۸- مقایسه سناریوها در تخصیص آب به دریاچه ارومیه.....	۳۶
فصل ۴: جمع بندی و نتیجه گیری	۳۸
۴-۱- مقدمه.....	۳۸
۴-۲- خلاصه نتایج.....	۳۸
فهرست منابع.....	۴۲
پیوست ۱.....	پ ۱
پیوست ۲.....	پ ۹

فهرست اشکال

عنوان	شماره صفحه
شکل ۱-۱: شمایی از ساختار مدل تخصیص آب بخش کشاورزی	۴
شکل ۲-۱: سری زمانی پتانسیل منابع آب استان آذربایجان غربی و سطوح خشکسالی در سناریوی ۱ (تخصیص کامل آب دریاچه)	۵
شکل ۳-۱: سری زمانی پتانسیل منابع آب استان آذربایجان غربی و سطوح خشکسالی در سناریوی ۲ (کاهش تخصیص آب دریاچه متناسب با شرایط خشکسالی)	۵
شکل ۴-۱: سری زمانی پتانسیل منابع آب استان آذربایجان شرقی و سطوح خشکسالی در سناریوی ۱ (تخصیص کامل آب دریاچه)	۶
شکل ۵-۱: سری زمانی پتانسیل منابع آب استان آذربایجان شرقی و سطوح خشکسالی در سناریوی ۲ (کاهش تخصیص آب دریاچه متناسب با شرایط خشکسالی)	۶
شکل ۶-۱: سری زمانی پتانسیل منابع آب استان آذربایجان کردستان و سطوح خشکسالی در سناریوی ۱ (تخصیص کامل آب دریاچه)	۷
شکل ۷-۱: سری زمانی پتانسیل منابع آب استان آذربایجان کردستان و سطوح خشکسالی در سناریوی ۲ (کاهش تخصیص آب دریاچه متناسب با شرایط خشکسالی)	۷
شکل ۱-۲: فراوانی نسبی سطوح هشدار خشکسالی و درصد تامین حقابه دریاچه طبق طرح برای استان آذربایجان غربی و سناریوی تخصیص کامل آب دریاچه ارومیه.....	۱۳

شکل ۲-۲: فراوانی نسبی سطوح هشدار خشکسالی و درصد تامین حقابه دریاچه طبق طرح برای استان

آذربایجان غربی و سناریوی کاهش تخصیص آب دریاچه ارومیه دریاچه ارومیه..... ۱۳

شکل ۲-۳: میزان تخصیص حقابه بخش کشاورزی استان آذربایجان غربی طبق طرح خشکسالی تحت سناریوی

۱ (تامین کامل آب دریاچه ارومیه دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی)..... ۱۴

شکل ۲-۴: میزان تخصیص حقابه دریاچه ارومیه، سهم مربوط به استان آذربایجان غربی طبق طرح خشکسالی

تحت سناریوی ۱ (تامین کامل آب دریاچه ارومیه دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط

خشکسالی)..... ۱۵

شکل ۲-۵: فراوانی نسبی سطوح هشدار خشکسالی درصد تامین حقابه دریاچه طبق طرح برای استان آذربایجان

شرقی و سناریوی تخصیص کامل آب دریاچه ارومیه..... ۱۶

شکل ۲-۶: فراوانی نسبی سطوح هشدار خشکسالی درصد تامین حقابه دریاچه طبق طرح برای استان آذربایجان

شرقی و سناریوی کاهش تخصیص آب دریاچه ارومیه دریاچه ارومیه..... ۱۶

شکل ۲-۷: میزان تخصیص حقابه بخش کشاورزی استان آذربایجان شرقی طبق طرح خشکسالی تحت

سناریوی ۱ (تامین کامل آب دریاچه ارومیه دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط

خشکسالی)..... ۱۸

شکل ۲-۸: میزان تخصیص حقابه دریاچه ارومیه، سهم مربوط به استان آذربایجان شرقی طبق طرح خشکسالی

تحت سناریوی ۱ (تامین کامل آب دریاچه ارومیه دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط

خشکسالی)..... ۱۸

شکل ۲-۹: میزان تخصیص حقابه دریاچه ارومیه، سهم مربوط به استان کردستان طبق طرح خشکسالی تحت

سناریوی ۱ (تامین کامل آب دریاچه ارومیه دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط

خشکسالی).....۱۹

شکل ۳-۱: الگوی مفهومی مدل شبیه سازی مساحت دریاچه ارومیه و عدم قطعیت آن..... ۲۵

شکل ۳-۲: منحنی‌های فراوانی تجمعی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله

در سناریوی 50_BAU..... ۲۸

شکل ۳-۳: منحنی‌های فراوانی تجمعی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله در

سناریوی 10_BAU..... ۲۹

شکل ۳-۴: منحنی‌های فراوانی تجمعی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله در

سناریوی 50_Sc1..... ۳۰

شکل ۳-۵: منحنی‌های فراوانی تجمعی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله در

سناریوی 10_Sc1..... ۳۱

شکل ۳-۶: منحنی‌های فراوانی تجمعی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله در

سناریوی 50_Sc2..... ۳۲

شکل ۳-۷: منحنی‌های فراوانی تجمعی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله در

سناریوی 10_Sc2..... ۳۳

شکل ۳-۸: وضعیت متوسط قابل پیش‌بینی از مساحت دریاچه ارومیه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله

(50_BAU= شبیه‌سازی با پارامترهای ۵۰ ساله جریان و عدم الویت تخصیص آب دریاچه،

10_BAU= شبیه‌سازی با پارامترهای ۱۰ ساله جریان و عدم الویت تخصیص آب دریاچه، 50_Sc1= شبیه-

سازی با پارامترهای ۵۰ ساله جریان و تخصیص کامل حبابه دریاچه، 10_Sc1= شبیه‌سازی با پارامترهای ۱۰

ساله جریان و تخصیص کامل حبابه دریاچه، 50_Sc2= شبیه‌سازی با پارامترهای ۵۰ ساله جریان و کاهش

- تخصیص آب دریاچه در خشکسالی، $10_Sc2=$ شبیه‌سازی با پارامترهای ۱۰ ساله جریان و کاهش تخصیص آب دریاچه در خشکسالی)..... ۳۴
- شکل ۳-۹: وضعیت تقریبی وسعت دریاچه ارومیه، پیش‌روی و پس‌روی شوره‌زارهای اطراف آن در سناریوهای مختلف..... ۳۶
- شکل ۳-۱۰: متوسط تخصیص سالیانه مورد انتظار در سناریوهای مدیریتی به دریاچه ارومیه..... ۳۷
- شکل پ ۱-۱: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۱۰ ساله در سناریوی 50_BAU پ ۱
- شکل پ ۱-۲: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۲۰ ساله در سناریوی 50_BAU پ ۱
- شکل پ ۱-۳: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۵۰ ساله در سناریوی 50_BAU پ ۲
- شکل پ ۱-۴: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۱۰ ساله در سناریوی 10_BAU پ ۲
- شکل پ ۱-۵: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۲۰ ساله در سناریوی 10_BAU پ ۳
- شکل پ ۱-۶: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۵۰ ساله در سناریوی 10_BAU پ ۳
- شکل پ ۱-۷: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۱۰ ساله در سناریوی 50_Sc1 پ ۴
- شکل پ ۱-۸: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۲۰ ساله در سناریوی 50_Sc1 پ ۴
- شکل پ ۱-۹: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۵۰ ساله در سناریوی 50_Sc1 پ ۵
- شکل پ ۱-۱۰: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۱۰ ساله در سناریوی 10_Sc1 پ ۵
- شکل پ ۱-۱۱: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۲۰ ساله در سناریوی 10_Sc1 پ ۶
- شکل پ ۱-۱۲: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۵۰ ساله در سناریوی 10_Sc1 پ ۶

- شکل پ ۱-۱۳: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۱۰ ساله در سناریوی 10_Sc2 پ ۷
- شکل پ ۱-۱۴: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۲۰ ساله در سناریوی 10_Sc2 پ ۷
- شکل پ ۱-۱۵: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۵۰ ساله در سناریوی 10_Sc2 پ ۸
- شکل پ ۲-۱: اجزاء منوی نرم افزار UWAP پ ۱۰
- شکل پ ۲-۲: اجزاء زیر منوی File در نرم افزار UWAP پ ۱۰
- شکل پ ۲-۳: ایجاد پروژه جدید در نرم افزار UWAP پ ۱۱
- شکل پ ۲-۴: پنجره ورود و ویرایش اطلاعات پتانسیل جریان پ ۱۲
- شکل پ ۲-۵: پنجره ورود و ویرایش اطلاعات مصارف پ ۱۳
- شکل پ ۲-۶: مشاهده و تعریف سناریوهای مختلف مدیریتی پ ۱۴
- شکل پ ۲-۷: نوار پیشرفت محاسبات تخصیص منابع آب نرم افزار UWAP پ ۱۵
- شکل پ ۲-۸: نمایش نتایج محاسبات تخصیص منابع آب تحت سناریوهای مختلف مدیریتی پ ۱۶
- شکل پ ۲-۹: ترسیم نمودار مقادیر تخصیص منابع آب توسط نرم افزار پ ۱۶
- شکل پ ۲-۱۰: نمایش سطوح خشکسالی مربوط به پتانسیل جریان هر سیستم رودخانه‌ای پ ۱۷
- شکل پ ۲-۱۱: تحلیل فراوانی و ترسیم هیستوگرام سطوح خشکسالی در محیط Excel پ ۱۸

فهرست جداول

عنوان	شماره صفحه
جدول ۱-۱: ارقام پتانسیل منابع آب استان‌ها و سهم آنها در تامین حقابه دریاچه ارومیه (میلیارد مترمکعب در سال).....	۲
جدول ۱-۳: متوسط مقادیر طبیعی جریان در رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه	۲۷

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

گزارش حاضر به عبارتی ماحصل گزارشات قبلی و آخرین گزارش از مطالعات طرح "مدیریت ریسک خشکسالی دریاچه ارومیه" است که در آن اهداف زیر دنبال می‌گردد:

- ارائه افقی ۵۰ ساله از وضعیت منابع آب استان‌های واقع در حوضه آبریز دریاچه ارومیه در تامین حقابه کشاورزی و دریاچه

- چشم انداز استان‌ها از منظر مواجهه با خشکسالی، سطوح مربوط و فراوانی آنها طی افق فوق

- تحلیلی از وضعیت تراز و مساحت دریاچه در افق آتی و نقش سناریوهای مدیریت خشکسالی و

اقلیمی در آن

قبل از ورود به بحث و ارائه نتایج، در ادامه به مبانی این کار از جنبه آمار، اطلاعات و مدل‌سازی‌ها اشاره

می‌گردد که اساس این گزارش هستند.

۲-۱- پتانسیل منابع آبی در استان‌ها و حقایق دریایچه ارومیه

پتانسیل منابع آب استان‌ها، حقایق دریایچه و سهم هر یک از آنها در تامین این حقایق در جلسات و نشست‌های کارگروه آب و کشاورزی برنامه جامع مدیریت حوضه آبریز دریایچه ارومیه مورد تصویب قرار گرفته است که برای این طرح بطور کلان و این گزارش بطور خاص نیز مبنا بوده‌اند و در جدول ۱-۱ قابل مشاهده است. لازم به ذکر است حقایق ۳/۱ میلیاردی دریایچه نیز در سطح شورایعالی آب، هیئت دولت (برنامه مدیریت) و کمیته ملی دریایچه ارومیه نیز به تصویب رسید.

جدول ۱-۱: ارقام پتانسیل منابع آب استان‌ها و سهم آنها در تامین حقایق دریایچه ارومیه
(میلیارد مترمکعب در سال)

ردیف	استان	پتانسیل منابع آبی	سهم استانها برای تامین حقایق دریایچه ارومیه	درصد سهم برای تامین حقایق دریایچه
۱	آذربایجان غربی	۳۹۸۲/۷۳	۱۸۷۰/۵	۶۰/۳
۲	آذربایجان شرقی	۱۳۶۰/۸۵	۲۷۰/۵	۸/۷
۳	کردستان	۱۵۸۳/۴۷	۹۵۹/۱	۳۰/۱
۳	جمع	۶۹۲۵	۳۱۰۰	۱۰۰

۳-۱- سناریوهای منابع آبی در حوضه

ورودی مدل‌سازی‌های این گزارش، سری زمانی جریان‌های طبیعی در حوضه می‌باشد (جریان رودخانه‌ها بدون مصرف) و آنچه در جدول ۱-۱ با عنوان پتانسیل منابع آب یاد شده است. طی دوره این مطالعات (۱۳۳۴-۳۵ لغایت ۱۳۸۴-۸۵)^۱، شاهد سال‌های شاخصی هستیم- سال‌های پر آب اوائل دهه ۱۳۷۰ و

^۱ دوره آماری ۴۹ ساله است که در گزارش جهت تسهیل در ارجاع، ۵۰ ساله فید می‌شود. لذا در گراف‌های ارائه شده، ۱ تا ۵۰ منظور داده‌های همین دوره می‌باشند.

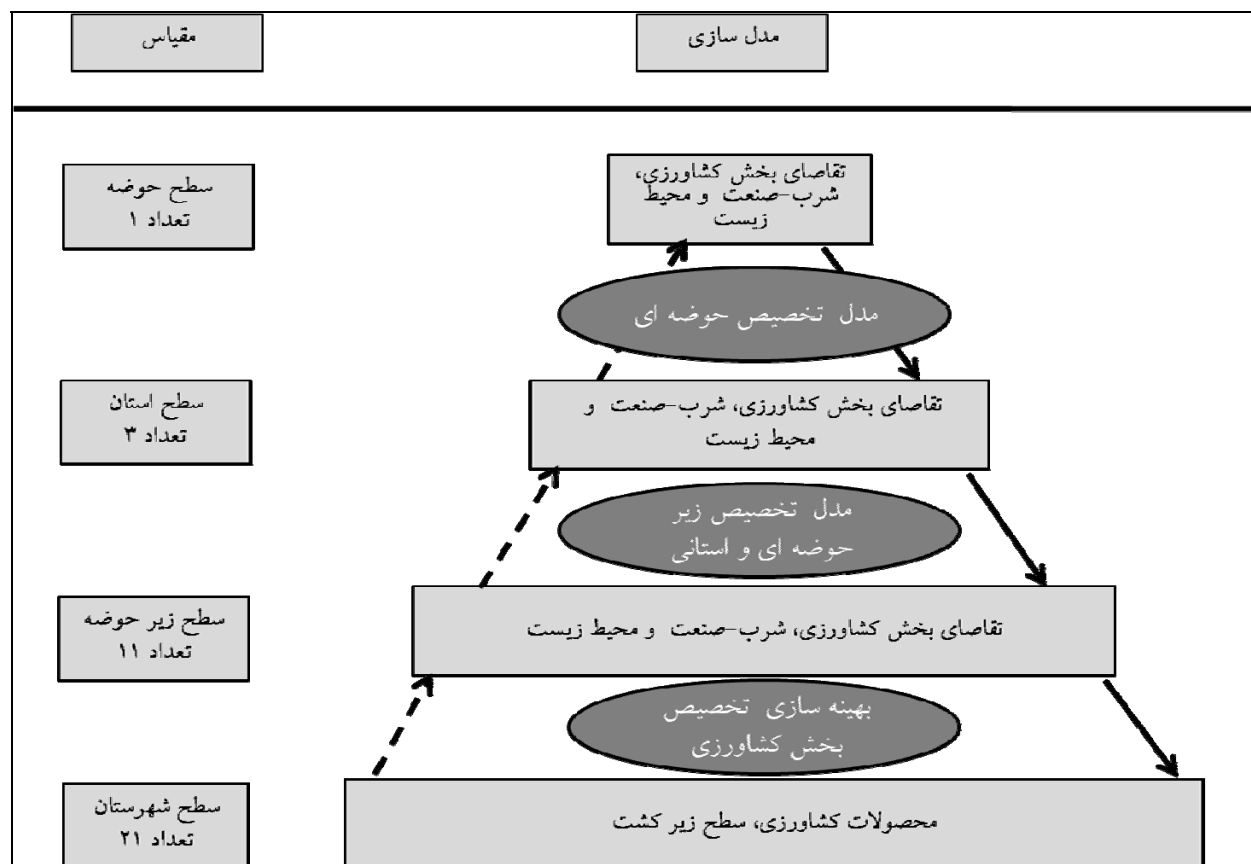
خشکسالی‌های اواخر دهه ۱۳۸۰ تاکنون- که از تنوع مناسبی از خشکسالی و ترسالی‌های برخوردار است. از طرفی نیز استمرار کاهش جریان بعد از خشکسالی‌های اخیر، قدری بازگشت به شرایط ایده‌آل قبل را با تردید مواجه می‌سازد. ازاینرو در بررسی خروجی‌های مدل، کل دوره همراه با ۱۰ و ۲۰ سال اخیر آن به تفکیک بررسی شده‌اند. هر چند برای برخی تحلیل‌های انجام شده مربوط، دوره کوتاه مدتی می‌باشد.

۱-۴- مدل‌سازی و مقیاس مدل‌سازی‌ها در طرح

قبل از شروع به بحث و ارائه نتایج این گزارش، لازمست یادآوری از مقیاس و مرزهای تعریف شده در این مطالعات ارائه گردد که در شکل ۱-۱ نیز آمده است. همانگونه که ملاحظه می‌گردد، 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 می‌کند. شرح کامل مبانی این مدل در گزارش "مدل تخصیص آب کشاورزی حوضه دریاچه ارومیه در شرایط خشکسالی" آمده است. از مهمترین نتایج این مدل‌سازی امکان برنامه‌ریزی آب برای هر محصول، هر شهرستان، هر سیستم آبی و هر استان در شرایط خشکسالی می‌باشد، بطوریکه حداکثر سود حاصل گردد و بخش کشاورزی کمترین خسارت را در شرایط خشکسالی متحمل شود. این خروجی‌ها همراه با تحلیل‌های مربوط در گزارش "کشاورزی و تخصیص آب کشاورزی در شرایط خشکسالی" قابل مشاهده است.

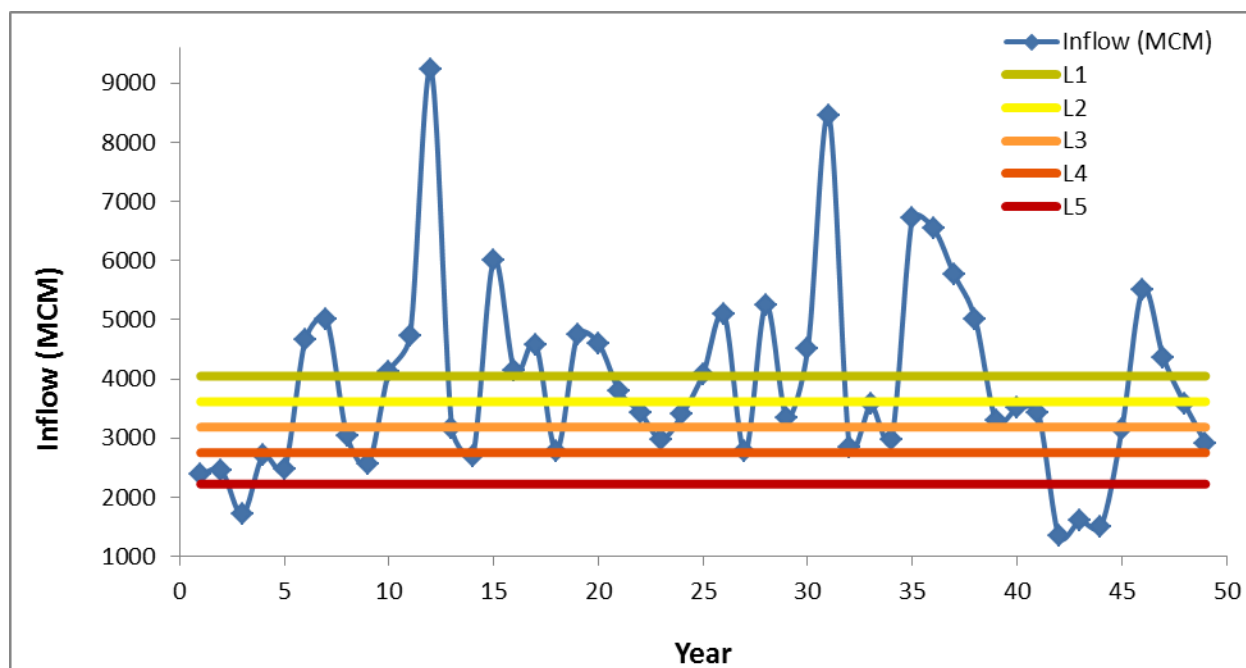
۱-۵- سطح‌بندی خشکسالی در استان‌ها

همانگونه که اشاره شد، خروجی مدل‌های قبل تخصیص هر استان را متناسب با شرایط خشکسالی ارائه

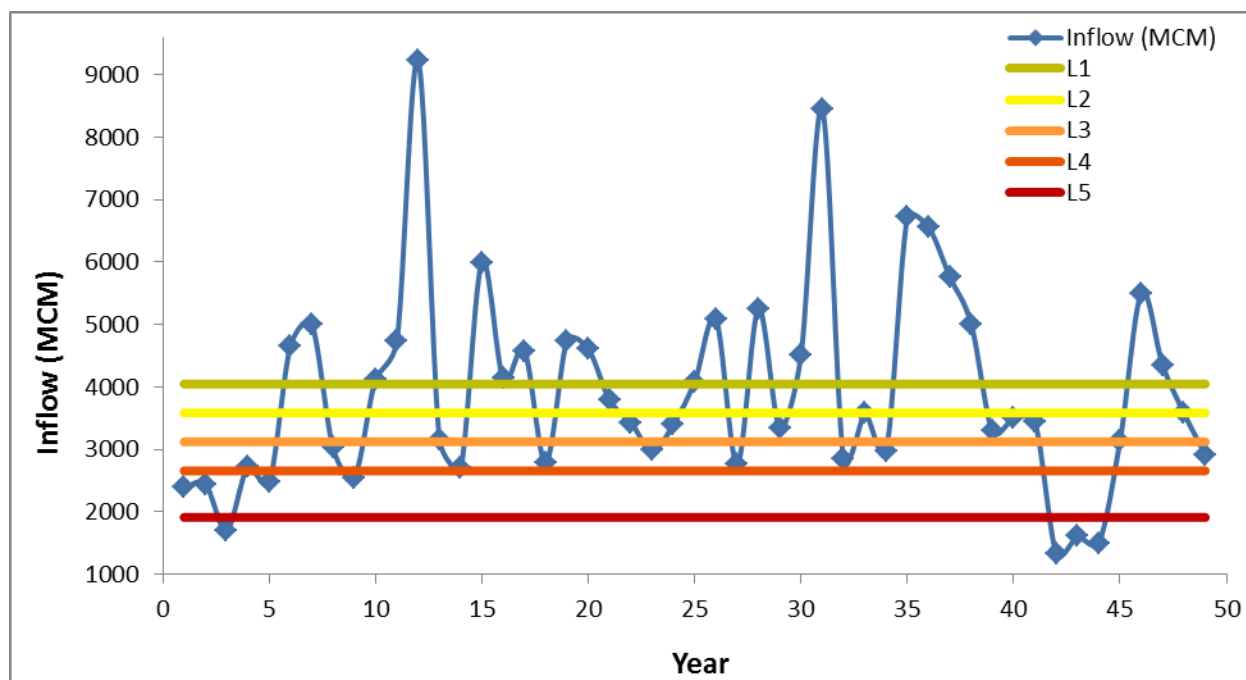


شکل ۱-۱: شمایی از ساختار مدل تخصیص آب بخش کشاورزی

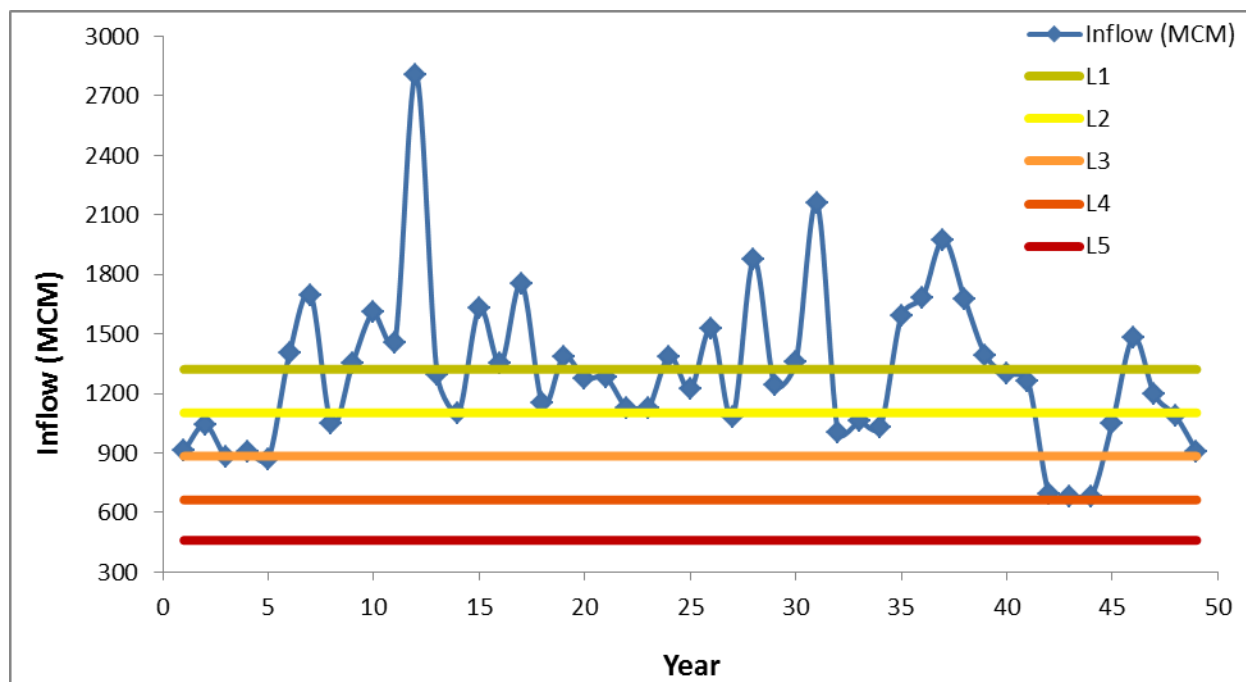
می‌دهد. این طرح بر اساس نظرسنجی‌ها در کارگاه‌هایی که بدین منظور برگزار گردید، دو سناریوی اصلی را برای مدیریت حوضه در شرایط خشکسالی مورد بررسی قرار داده است که عبارتند از (۱) تخصیص حتی‌الامکانی ۱۰۰٪ حقابه ۳/۱ میلیارد در سال و (۲) کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی تا حدود ۳۵٪. سناریوی دوم با این فرض طرح شده که در سال‌های پرآب، حقابه بخش کشاورزی تغییر نکند و جبران چنین کمبودهایی را بنماید (برای شرح بیشتر ارجاع شود به گزارش کشاورزی و تخصیص آب کشاورزی در شرایط خشکسالی). اشکال ۱-۲ تا ۱-۷ به ترتیب سری زمانی پتانسیل آبی استان‌ها (۳۵-۱۳۳۴ لغایت ۸۵-۱۳۸۴) را طی دوره آماری همراه با سطوح خشکسالی طبق ۲ سناریوی مدیریتی نشان می‌دهند.



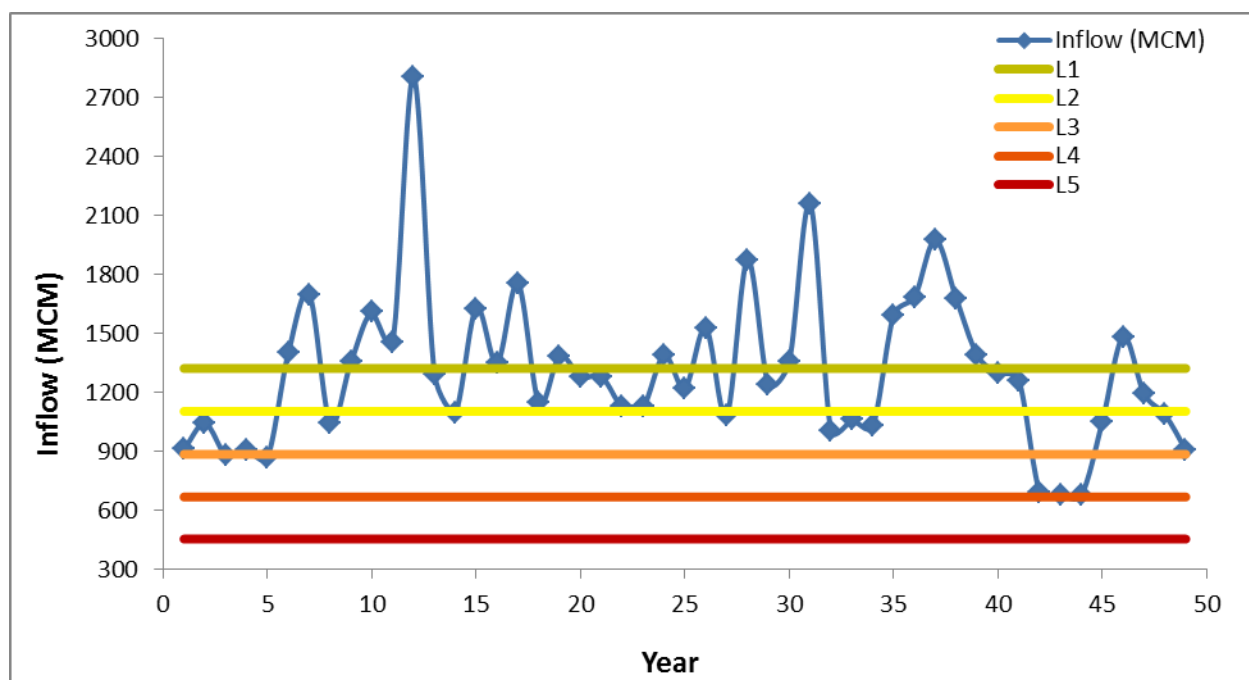
شکل ۱-۲: سری زمانی پتانسیل منابع آب استان آذربایجان غربی و سطوح خشکسالی در سناریوی ۱
(تخصیص کامل آب دریاچه)



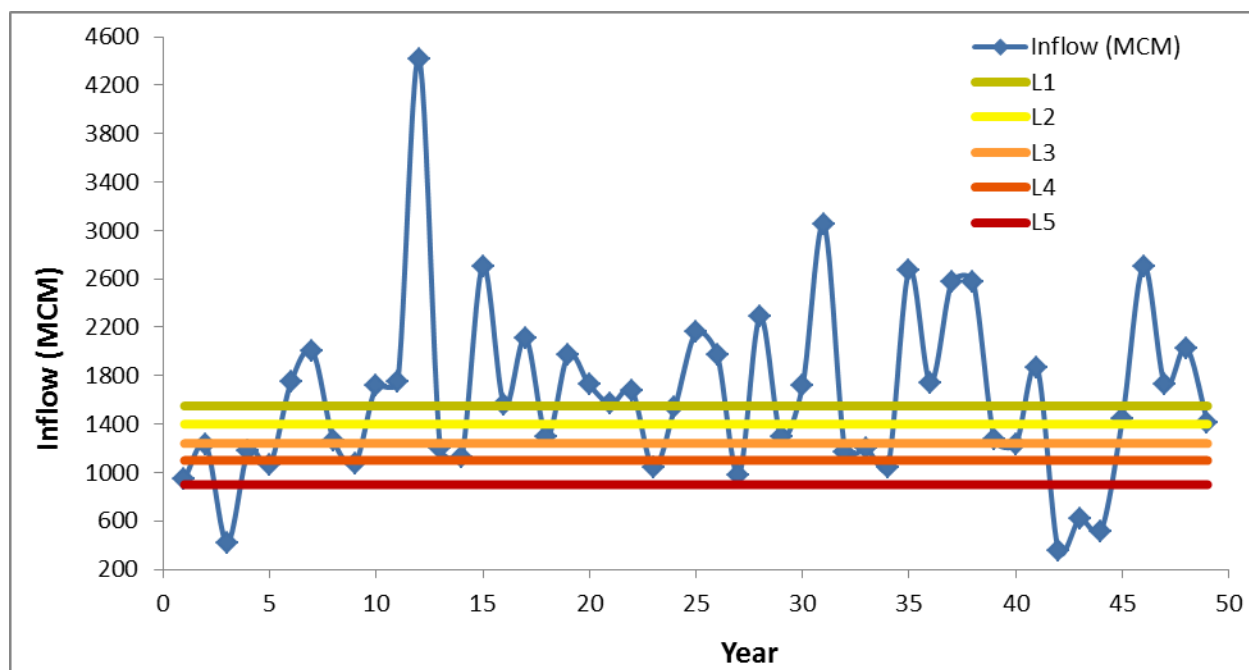
شکل ۱-۳: سری زمانی پتانسیل منابع آب استان آذربایجان غربی و سطوح خشکسالی در سناریوی ۲ (کاهش تخصیص آب دریاچه متناسب با شرایط خشکسالی)



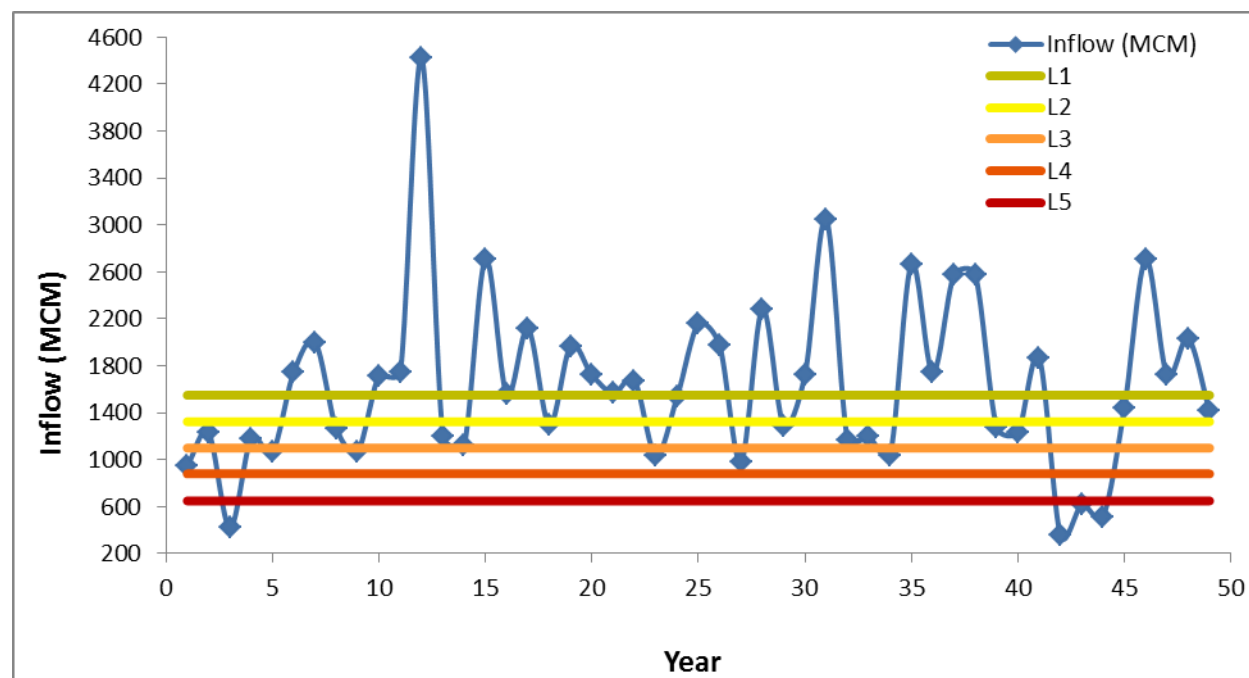
شکل ۱-۴: سری زمانی پتانسیل منابع آب استان آذربایجان شرقی و سطوح خشکسالی در سناریوی ۱ (تخصیص کامل آب دریاچه)



شکل ۱-۵: سری زمانی پتانسیل منابع آب استان آذربایجان شرقی و سطوح خشکسالی در سناریوی ۲ (کاهش تخصیص آب دریاچه متناسب با شرایط خشکسالی)



شکل ۱-۶: سری زمانی پتانسیل منابع آب استان کردستان و سطوح خشکسالی در سناریوی ۱
(تخصیص کامل آب دریاچه)



شکل ۱-۷: سری زمانی پتانسیل منابع آب استان کردستان و سطوح خشکسالی در سناریوی ۲
(کاهش تخصیص آب دریاچه متناسب با شرایط خشکسالی)

۱-۶-۱ مدل UWAP

با توجه حجم محاسبات مورد نیاز و به منظور ایجاد امکان بررسی سناریوهای بیشتر برای مدیریت حوضه دریاچه ارومیه، نرم افزاری در این طرح تحت عنوان UWAP (Urmia Water allocation Package) توسعه یافت که هدف آن، ارزیابی نحوه تخصیص منابع آب به بخش‌های مختلف مصرف در سیستم‌های رودخانه‌ای/استان‌های واقع در حوضه و تحت سناریوهای مختلف مدیریتی و هیدرولوژیکی (خشکسالی) می‌باشد.

شرح برنامه و نحوه کار برنامه به تشریح در پیوست ۲ این گزارش آمده است و در این فصل تنها به اختصار ویژگی‌هایی از آن ارائه می‌گردد.

۱-۶-۱-۱ ویژگی‌های مدل UWAP

الف) مقیاس مدل

در مدل UWAP حداقل مرزبندی مربوط به سیستم‌های رودخانه‌ای و در سطح بالاتر، استان‌ها مطابق زیر هستند:

- استان آذربایجان شرقی در ۵ سیستم‌های آبی شامل:

- رودخانه آجی چای در بالادست (۱) و پایین دست سد ونیار (همراه با دریان، رودخانه‌های شمالی و بندر) (۲)
- رودخانه صوفی چای در بالادست (۳) و پایین دست سد علویان (۴)
- رودخانه‌های قلعه‌چای، مردوق‌چای و لیلان‌چای (۵)

- استان آذربایجان غربی در ۵ سیستم‌های آبی شامل:

- رودخانه زرینه‌رود در پائین‌دست سد زرینه‌رود (۱)
- رودخانه مهاباد در بالادست (۲) و پائین‌دست سد مهاباد (۳)
- رودخانه شهرچای (۴)
- رودخانه‌های سیمینه‌رود، گذار، باراندوز چای، روضه‌چای، نازلوچای و زولاچای (۵)

- استان کردستان در ۱ سیستم‌های آبی شامل:

- رودخانه زرینه‌رود در بالادست سد زرینه‌رود (۱)
- بدین ترتیب ورودی و خروجی‌های برنامه براساس این مرزها تعریف می‌گردد.

ب) پایگاه داده مدل

در مدل UWAP پایگاه داده‌ای قرار داده شده است که عمدتاً اطلاعات مربوط به گزارشات قبلی طرح و بخصوص گزارش "کشاورزی و تخصیص آب کشاورزی در شرایط خشکسالی" می‌باشد. مهمترین اطلاعات موجود در این پایگاه عبارتند از:

- پتانسیل طبیعی منابع آب حوضه (جدول ۳-۱ در گزارش فوق)
- تقاضای آب بخش‌های مختلف در سیستم‌های رودخانه‌ها (جدول پ-۱ تا پ-۱-۵۴ گزارش فوق)

- سطح‌بندی‌های خشکسالی (جداول ۵-۲ تا ۵-۴ گزارش فوق)

ج) امکان تعریف سناریوهای جدید منابع آب، مصارف و سطوح خشکسالی

به منظور ایجاد قابلیت‌ها و انعطاف‌پذیری بیشتر در مدل، این امکان فراهم آمده تا کاربر بتواند تغییراتی را

در پایگاه داده اصلی مدل که در قسمت قبل به آن اشاره شد، ایجاد نماید و سناریوهای جدیدی را از منابع آبی، مصارف و سطوح خشکسالی به مدل معرفی نماید. البته، پایگاه داده اصلی (نتایج این برنامه) غیر قابل تغییر و همراه حفظ می‌گردد و تغییرات مورد اشاره با نام دیگری قابل ثبت است.

د) خروجی‌های مدل UWAP

مدل شامل خروجی‌های متنوعی است که می‌تواند به عنوان یک سیستم پشتیبانی از تصمیم (DSS)، کاربران را یاری دهد. مهمترین آنها برای هر سناریو عبارتند از:

- وضعیت سطوح خشکسالی طی دوره مورد مطالعه
- میزان تخصیص آب به بخش کشاورزی، محیط زیست و شرب- صنعت
- ارائه بندهای قبل در مقیاس زیرحوضه‌ای و استانی

۱-۷- فصل‌بندی گزارش حاضر

فصل‌بندی این گزارش بدین ترتیب است که در ادامه (فصل ۲) به نتایج تخصیص منابع آب دریاچه ارومیه براساس طرح حاضر پرداخته می‌شود. در این فصل وضعیت استان‌ها و زیرحوضه‌های اصلی طی سناریوهایی از منابع آبی مورد بررسی قرار می‌گیرد. فصل ۳ به بررسی تبعات سناریوهای مدیریتی و اقلیمی بر مساحت دریاچه، در افقی ۵۰ ساله می‌پردازد و در این خصوص با استفاده از مجموعه‌ای از تحلیل‌های عدم قطعیت، وضعیت دریاچه را ارزیابی می‌نماید. در پیوست ۲ گزارش نیز راهنمای نرم‌افزار مدل تخصیص دریاچه (UWAP) قرار داده شده است.

فصل دوم

تخصیص منابع آب دریاچه ارومیه براساس طرح خشکسالی

۲-۱- مقدمه

این فصل به بررسی وضعیت تخصیص در سطح استان‌های واقع در حوضه آبریز دریاچه ارومیه براساس سناریوهای ۱ و ۲ مدیریتی طرح خشکسالی با استفاده از مدل UWAP می‌پردازد که شرح آنها در فصل قبل ارائه گردید. متذکر می‌گردد که فرض شده سری زمانی ۵۰ سال گذشته با مصرف فعلی مجدداً تکرار گردد و خروجی‌ها بر این اساس تولید شده‌اند. بدین ترتیب نتایج این فصل، شدت سطوح هشدار خشکسالی، فراوانی مربوط، میزان تخصیص به بخش کشاورزی و دریاچه ارومیه را مشخص خواهد نمود. بدیهی است که هر بار هشدار و کاهش تخصیص، تبعاتی را مانند جبران خسارت کشاورزان برای مدیریت حوضه به همراه خواهد داشت که از این منظر نیز نتایج قابل استفاده هستند. در خصوص سطوح هشدار خشکسالی متذکر می‌گردد که اصولاً آنها در ۴ سطح^۲ مورد بررسی قرار گرفته‌اند. اما شرایط حادث‌تر از سطح چهار نیز پیش‌بینی شده که منابع

^۲ گزارش کشاورزی و تخصیص آب کشاورزی این طرح

آب موجود تنها کفایت حفظ باغات را دارد و عملاً آب دریاچه قطع می‌گیرد. این مجموعه در ادامه با عنوان L1 تا L5 یاد می‌شود. همچنین خروجی‌های این فصل در سه بازه زمانی - کل دوره همراه با ۱۰ و ۲۰ سال اخیر - ارائه شده است تا اثر تغییرات ورودی‌ها و شرایط اقلیمی دو دهه گذشته در نتایج طرح لحاظ شود.

نکته آخر و در عین حال بسیار مهم آنکه، چنین در نظر گرفته شده است که در راستای حفظ دریاچه و سیاست‌های کشور، تخصیص جدیدی خارج از شرایط فعلی به حوضه دریاچه ارومیه اضافه نخواهد شد.

چنانچه مصرف فعلی افزایش یابد، کل نتایج برنامه تغییر خواهد نمود.

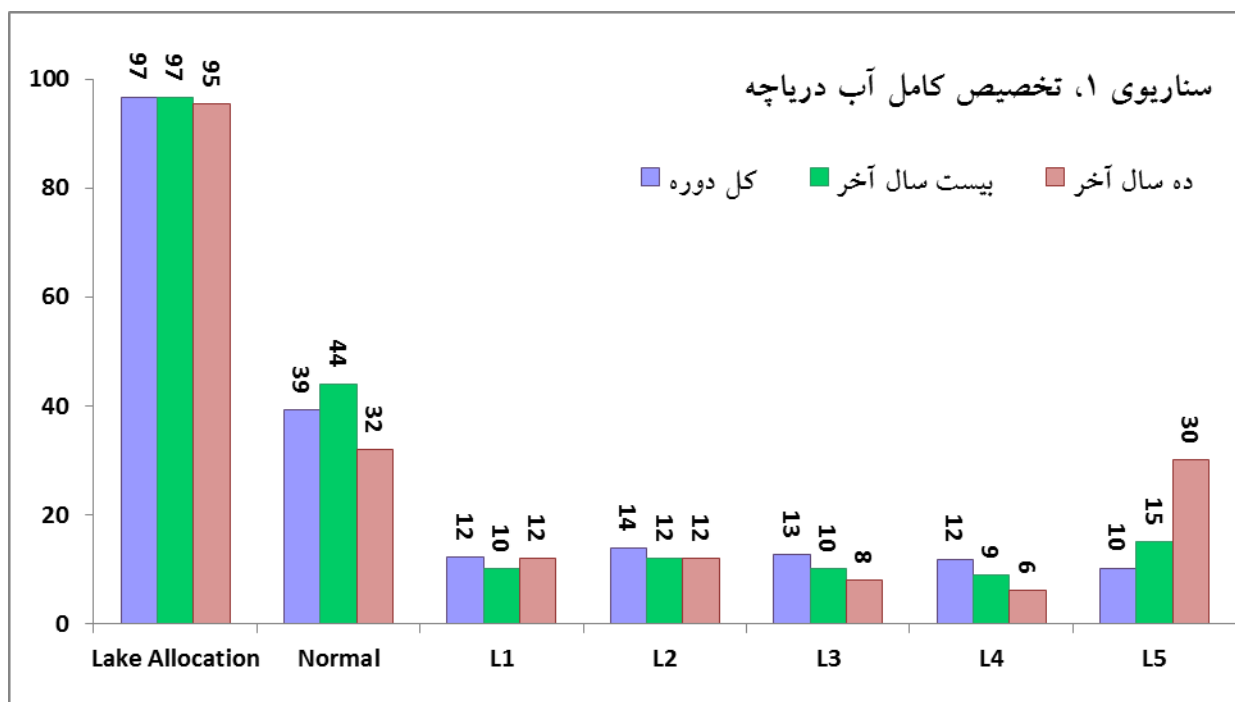
۲-۲- استان آذربایجان غربی

۲-۲-۱- فراوانی و شدت سطوح هشدار خشکسالی

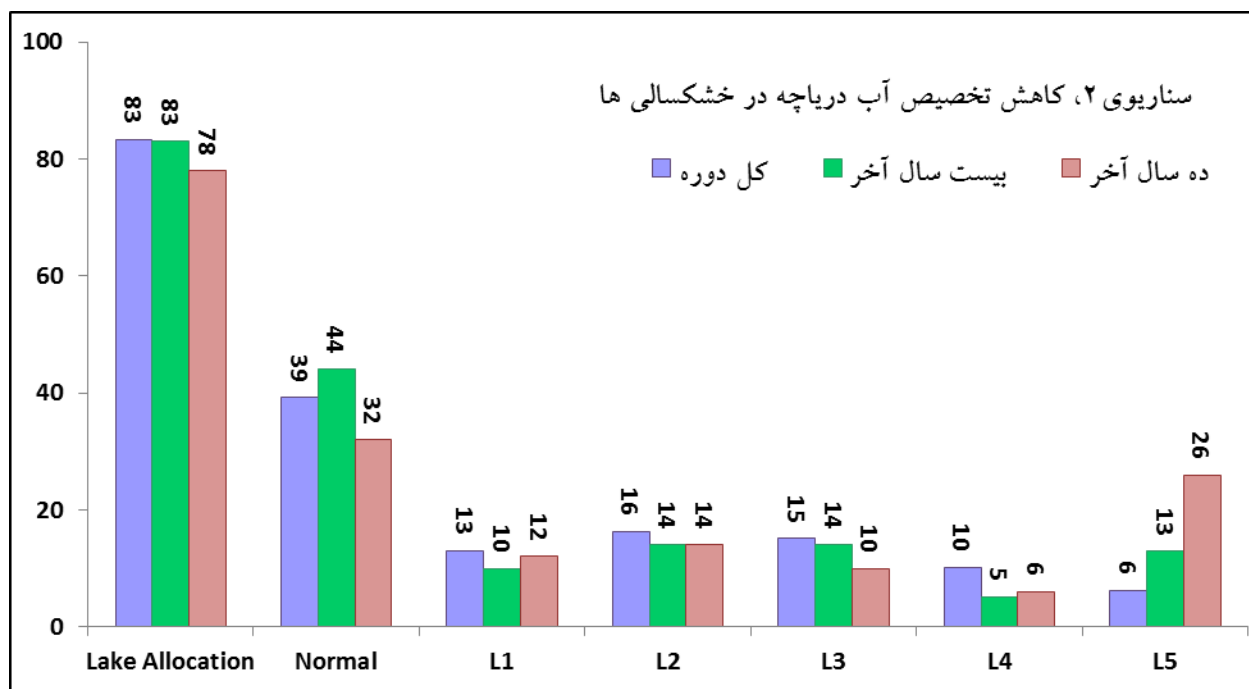
اشکال ۱-۲ و ۲-۲ نتایج اجرای مدل UWPA را برای استان آذربایجان غربی تحت سناریوی ۱ و ۲ تخصیص آب به دریاچه طی دوره ۵۰، ۲۰ و ۱۰ سال نشان می‌دهد. موارد زیر از شکل قابل استنتاج است:

- طی این دو سناریو و در صورت اعمال برنامه این طرح، استان می‌تواند بسته به طول دوره آماری، در حدود ۹۵ تا ۹۷ در سناریوی اول و ۷۸ تا ۸۳ درصد در سناریوی دوم از تعهد ۱/۸۷ میلیارد مترمکعب آب در سال استان را به دریاچه به انجام برساند. این نتایج نشان می‌دهد که سناریوی دوم و فرض کاهش حقابه دریاچه در خشکسالی‌ها و جبران آن در ترسالی‌ها، توان تامین حجم ۱/۸۷ میلیارد در سال استان را نخواهد داشت.

- بدیهی است که سناریوها تفاوتی از لحاظ فراوانی نسبی شرایط نرمال ندارند (موارد ترسالی نیز در جزء همین ایام محاسبه شده است)، زیرا در شرایط نرمال، مصرف هر دو یکسان خواهد بود. این بدین



شکل ۱-۲: فراوانی نسبی سطوح هشدار خشکسالی و درصد تامین حبابه سالانه دریاچه طبق طرح برای استان آذربایجان غربی و سناریوی تخصیص کامل آب دریاچه ارومیه

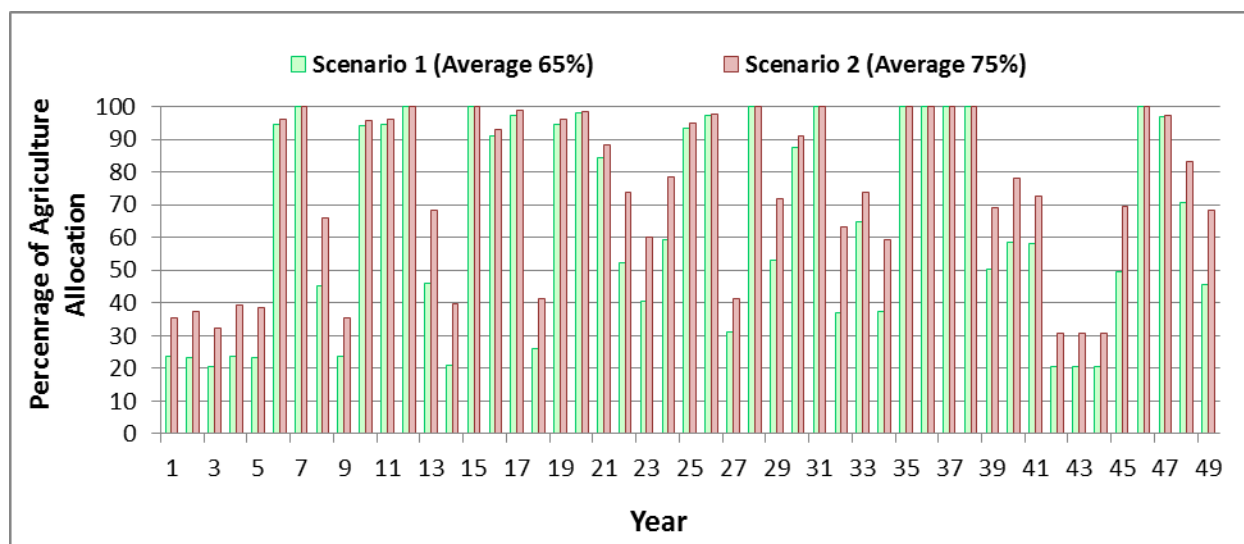


شکل ۲-۲: فراوانی نسبی سطوح هشدار خشکسالی و درصد تامین حبابه سالانه دریاچه طبق طرح برای استان آذربایجان غربی و سناریوی کاهش تخصیص آب دریاچه ارومیه

معنی است که فراوانی تعداد کل هشدار سطوح خشکسالی تفاوت نخواهد داشت، بلکه تفاوت اصلی در شدت هشدار می‌باشد که بخصوص از سطوح ۳ به بالا قابل مشاهده است. البته برنامه انقباضی سطوح خشکسالی در دو سناریو تفاوت دارد و در سناریوی ۱ سخت‌تر خواهد بود.

۲-۲-۲- نحوه تخصیص آب به بخش کشاورزی

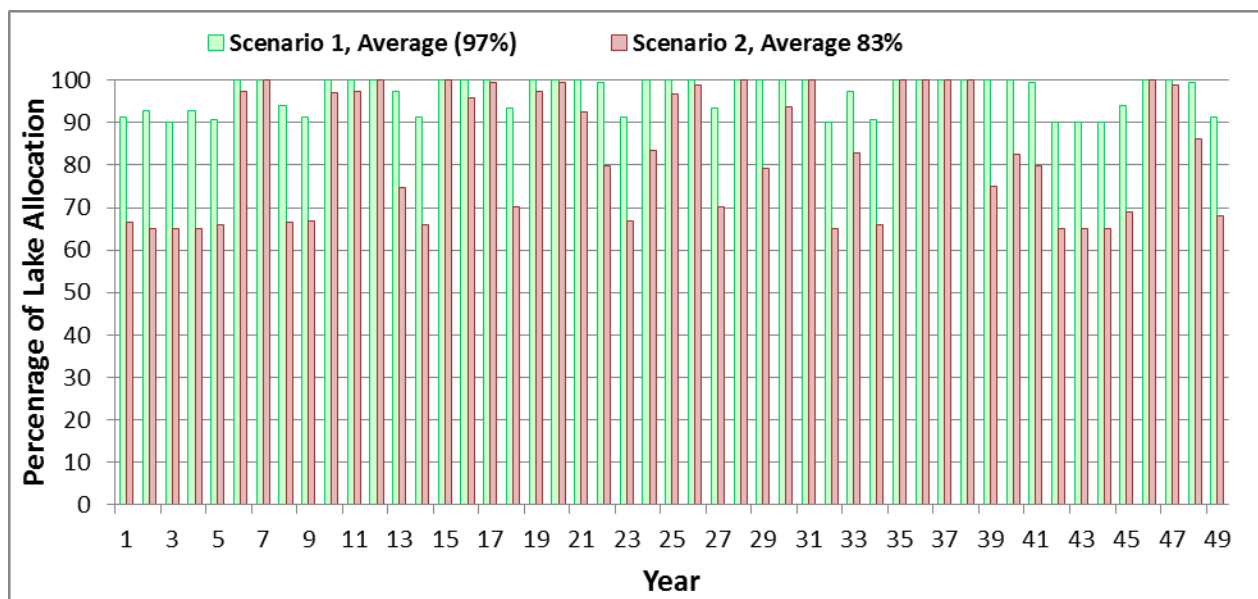
با توجه به مصرف غالب بخش کشاورزی که در استان حدود ۲/۱ میلیارد مترمکعب در سال است و مشکلاتی که عدم تامین آن متوجه کشاورزان و نهایتاً سازمان‌های اجرایی می‌گردد، وضعیت تخصیص این بخش در دوره مطالعاتی تحت این دو سناریو بررسی شد (شکل ۲-۳). از شکل ملاحظه می‌گردد که تامین این آب بطور ۱۰۰ درصد تنها برای سال‌های محدودی قابل انجام می‌باشد. مطابق شکل، متوسط تخصیص بخش کشاورزی در صورت پیاده‌سازی برنامه در دوره آماری به ترتیب حدود ۷۵ و ۶۵ درصد کل حقبه آن، متناسب با سناریوی ۱ و ۲ تامین آب دریاچه خواهد بود.



شکل ۲-۳: میزان تخصیص حقبه بخش کشاورزی استان آذربایجان غربی طبق طرح خشکسالی تحت سناریوی ۱ (تامین کامل آب دریاچه ارومیه دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی)

۳-۲-۲- تخصیص آب دریاچه ارومیه

همانگونه که قبلا نیز اشاره شد، طبق برنامه، سهم استان آذربایجان غربی در تامین حقاچه دریاچه ۱/۸ میلیارد در سال می‌باشد. مانند بخش کشاورزی، وضعیت تخصیص این حقاچه نیز طی دوره آماری در شکل ۲-۴ به نمایش درآمده است. طبق نتایج، این استان بطور متوسط و بر اساس سناریوی‌های ۱ و ۲ طرح خشکسالی به ترتیب می‌تواند مقادیر ۹۷ و ۸۳ درصد سهم خود را تامین نماید.

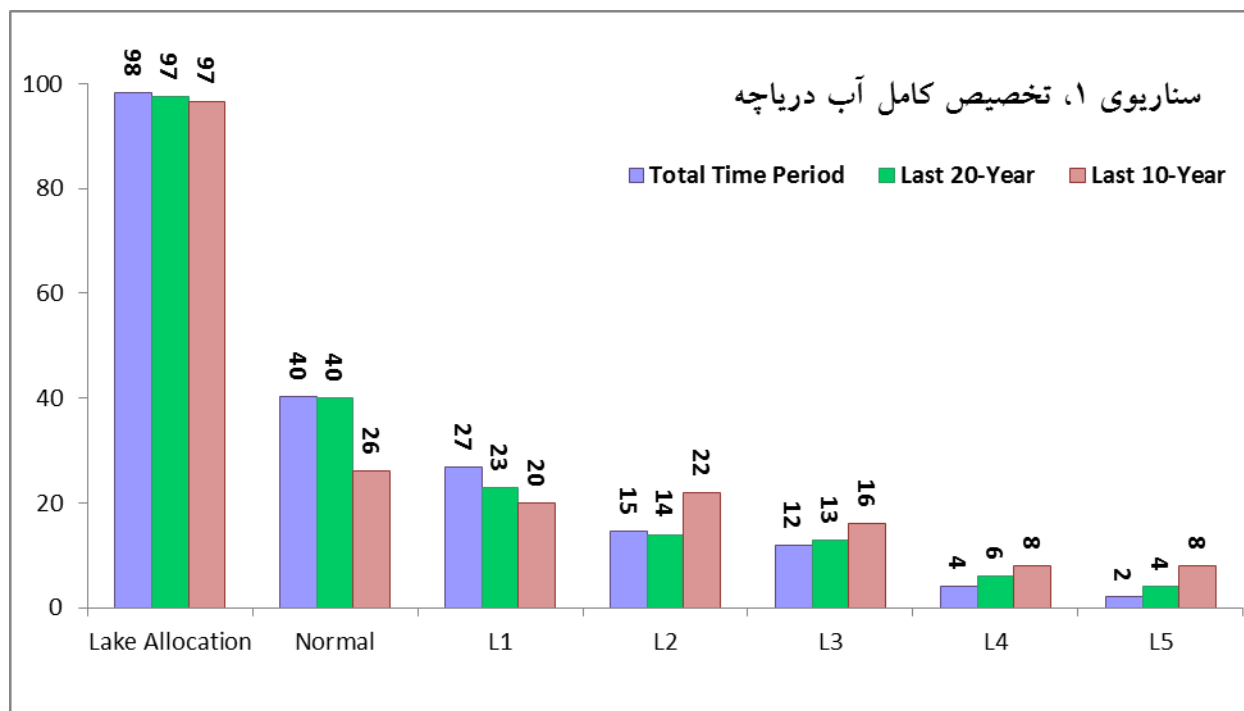


شکل ۲-۴: میزان تخصیص حقاچه دریاچه ارومیه، سهم مربوط به استان آذربایجان غربی طبق طرح خشکسالی تحت سناریوی ۱ (تامین کامل آب دریاچه ارومیه دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی)

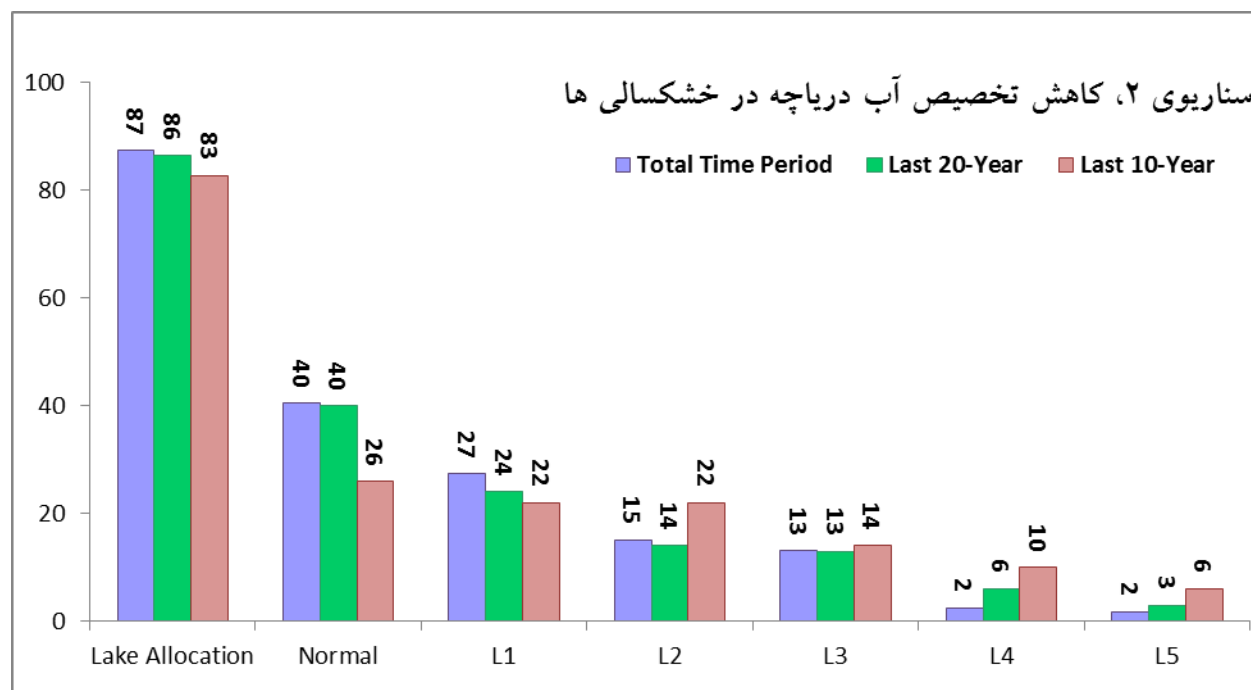
۳-۲- استان آذربایجان شرقی

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

مانند قبل اشکال ۲-۵ و ۲-۶ 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 شکل قابل مشاهده است:



شکل ۵-۲: فراوانی نسبی سطوح هشدار خشکسالی درصد تامین حقابه دریاچه طبق طرح برای استان آذربایجان شرقی و سناریوی تخصیص کامل آب دریاچه ارومیه



شکل ۶-۲: فراوانی نسبی سطوح هشدار خشکسالی درصد تامین حقابه دریاچه طبق طرح برای استان آذربایجان شرقی و سناریوی کاهش تخصیص آب دریاچه ارومیه

- طی این دو سناریو، استان توانسته 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 تامین تعهد استان 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.

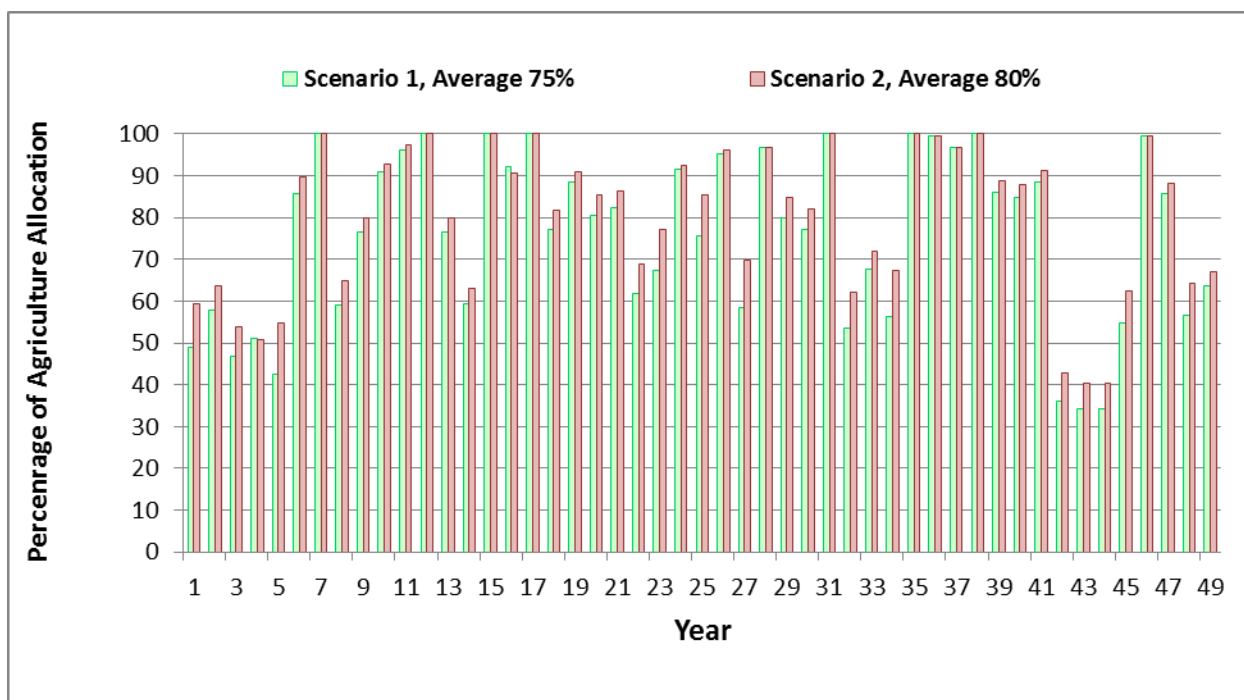
- با توجه به اینکه این استان سهم کمتری در تامین آب دریاچه دارد، تفاوت دو سناریو کمتر از استان آذربایجان غربی است.

۲-۳-۲- نحوه تخصیص آب به بخش کشاورزی

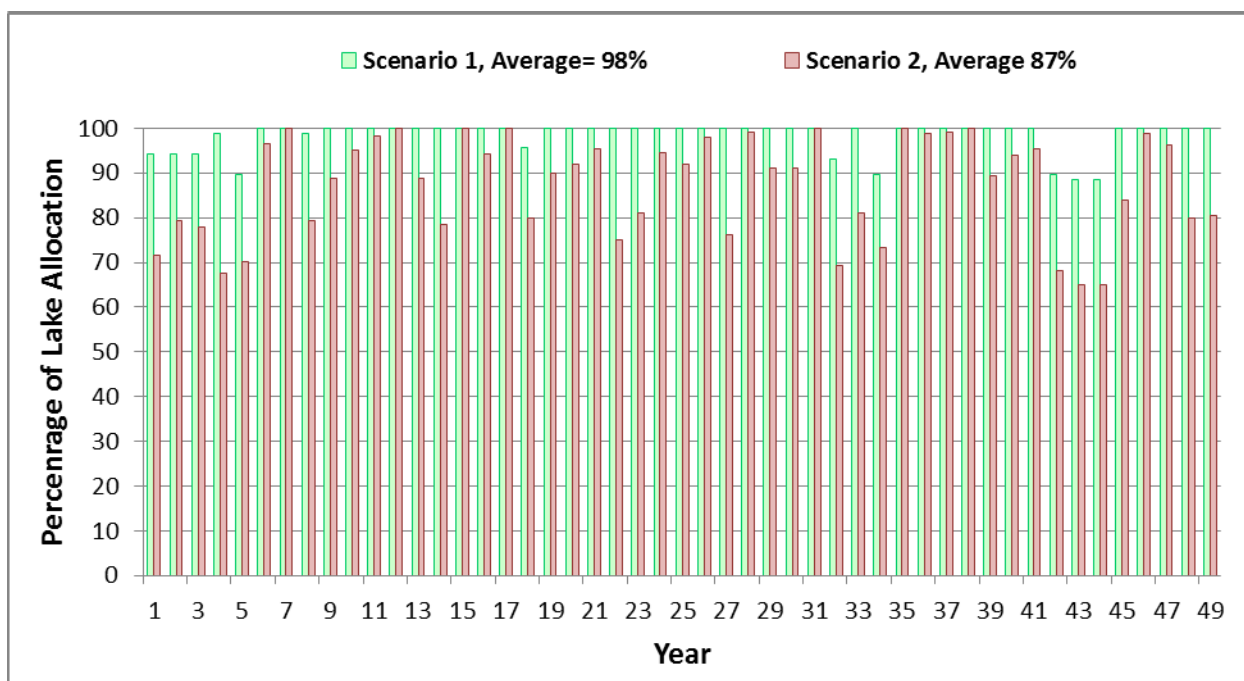
وضعیت تخصیص بخش کشاورزی در دوره مطالعات تحت دو سناریوی مدیریتی در شکل ۲-۷ قابل مشاهده است. همچنین ملاحظه می‌گردد که تامین ۱۰۰ درصدی این بخش تنها برای سال‌های محدودی میسر است و از این جهت مانند آذربایجان غربی است. مطابق این طرح، متوسط تخصیص بخش کشاورزی در دوره ۵۰ ساله به ترتیب حدود ۷۵ و ۸۰ درصد حقابه بخش کشاورزی متناسب با سناریوی ۱ و ۲ خواهد بود.

۲-۳-۳- تخصیص آب دریاچه ارومیه

سهم استان آذربایجان شرقی در تامین حقابه دریاچه ۰/۲۷ میلیارد مترمکعب در سال می‌باشد. وضعیت تخصیص این حقابه طی دوره آماری در شکل ۲-۸ به نمایش درآمده است. طبق نتایج، این استان بطور متوسط مقادیر ۹۸ و ۸۷ درصد سهم خود را براساس سناریوی‌های ۱ و ۲ طرح خشکسالی می‌تواند تامین نماید.



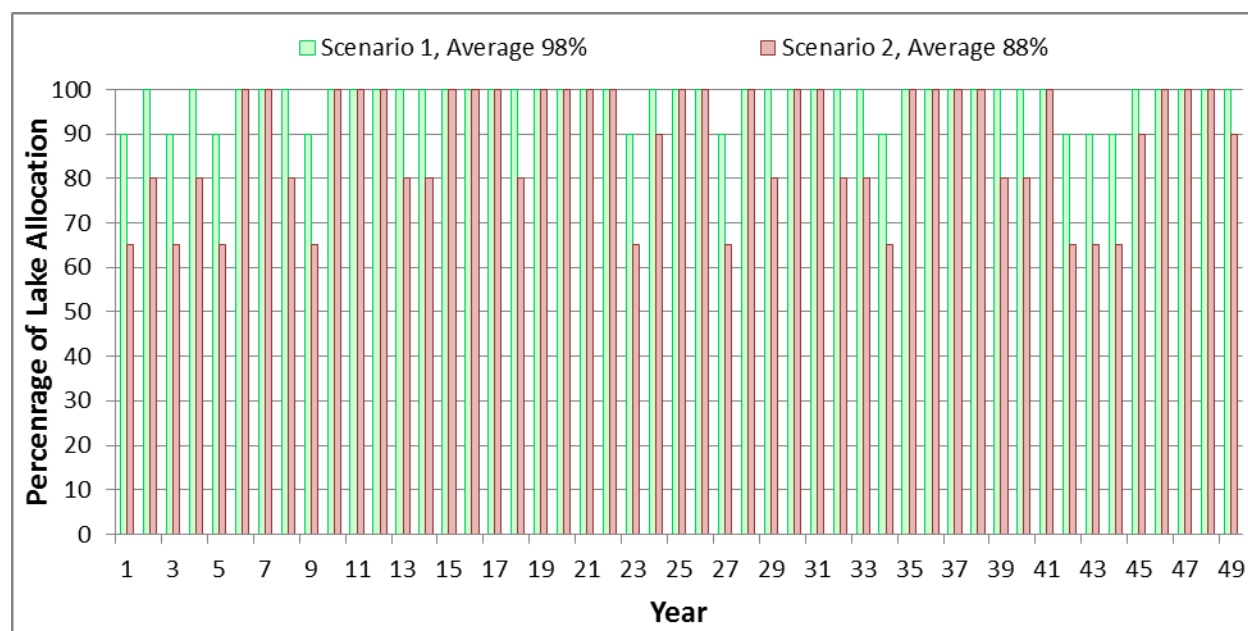
شکل ۲-۷: میزان تخصیص حقابه بخش کشاورزی استان آذربایجان شرقی طبق طرح خشکسالی تحت سناریوی ۱ (تامین کامل آب دریاچه ارومیه دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی)



شکل ۲-۸: میزان تخصیص حقابه دریاچه ارومیه، سهم مربوط به استان آذربایجان شرقی طبق طرح خشکسالی تحت سناریوی ۱ (تامین کامل آب دریاچه ارومیه دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی)

۲-۴- استان کردستان

حوضه بالادست سد زرینه‌رود، بخش اصلی استان کردستان در حوضه دریاچه ارومیه است. این بخش حدود ۱/۵ میلیارد پتانسیل منابع آبی سالانه دارد که ۰/۹۶ میلیارد آن سهم استان در تامین آب دریاچه می‌باشد. با توجه به وسعت کم اراضی کشاورزی در استان، در شرایط حاضر آب مازاد وجود دارد، ولی برای واقعی‌تر شدن شرایط در مدل‌سازی‌های این گزارش، روی آن برنامه‌ریزی خاصی صورت نگرفت. لذا در اینجا تنها به نحوه تامین سهم استان در حقابه دریاچه اشاره می‌گردد که در شکل ۲-۹ نشان داده شده است. طبق این نتایج، استان کردستان بطور متوسط مقادیر ۹۸ و ۸۸ درصد سهم خود را بر اساس سناریوی‌های ۱ و ۲ طرح خشکسالی می‌تواند تامین نماید. بدیهی است که بدلیل نبود برنامه دقیق توسعه بخش کشاورزی، مدل‌سازی آن مشابه استان‌های قبل میسر نبود.



شکل ۲-۹- میزان تخصیص حقابه دریاچه ارومیه، سهم مربوط به استان کردستان طبق طرح خشکسالی تحت سناریوی ۱ (تامین کامل آب دریاچه ارومیه دریاچه ارومیه) و ۲ (کاهش آن متناسب با شرایط خشکسالی)

فصل سوم

ارزیابی مساحت دریاچه بر اساس طرح خشکسالی^۳

۳-۱- مقدمه

گذشته از حجم آب تخصیص یافته به دریاچه، ارزیابی از وضعیت مساحت آن نیز از دغدغه‌های این طرح می‌باشد و اینکه در آینده با چه شرایطی مواجه خواهد شد؟ بدیهی است که پاسخ به چنین سوالی نیاز به اطلاعاتی دارد که مهمترین آنها برآوردی از ورودی‌های آن است. تامین دقیق چنین اطلاعاتی مطلقاً میسر نمی‌باشد و تنها در قالب تحلیل عدم قطعیت‌ها (uncertainty analysis) امکان پرداختن به آن وجود دارد. در این فصل به نحوه پاسخ به این سوال و روش‌شناسی مربوط پرداخته می‌شود و در انتها نیز نتایج حاصل ارائه خواهد شد.

۳-۲- تحلیل عدم قطعیت

عدم قطعیت در معنای لغوی مترادف با واژگان شک و تردید می‌باشد. اما در مباحث علمی عدم قطعیت به

^۳ این فصل جزء شرح خدمات طرح نبوده است و بنا به درخواست طرح بین‌المللی حفاظت از تالاب‌های ایران به آن پرداخته شده است.

معنای دامنه‌ای از تغییرات است که می‌توان برای یک پارامتر در نظر گرفت (Aditya, 2004)، مانند سری زمانی منابع و مصارف حوضه دریاچه ارومیه در سال‌های آتی. برای بیان عدم قطعیت روش‌های متفاوتی ارائه شده است که استفاده از روش‌های شبیه‌سازی^۴ و از مهمترین آنها روش‌های مونت کارلو^۵، از آن جمله هستند (Hann, 2002) که در این گزارش نیز از آن استفاده می‌شود.

۳-۲-۱- روش شبیه‌سازی مونت کارلو

اساس کار روش شبیه‌سازی مونت کارلو تولید اعداد تصادفی است. بدین صورت که هر متغیر با استفاده از اعداد تصادفی تولید شده و تابع توزیع احتمالاتی مربوط به آن، شبیه‌سازی و تولید شده و سپس متناظر با آنها خروجی هر مدل یا معادله محاسبه می‌گردد. این عمل بارها تکرار می‌شود سپس با استفاده از داده‌های خروجی تولید شده به تجزیه و تحلیل میزان و نحوه تغییرات نتایج مدل یاد شده، پرداخته می‌شود و میزان عدم قطعیت پارامتر خروجی نیز از طریق محاسبه شاخص‌های آماری و یا تعیین تابع توزیع آن بیان می‌گردد (Eckhardt et al., 2003). دقت و صحت نتایج به دست آمده از روش مونت کارلو تابعی از تعداد دفعات شبیه‌سازی و همچنین دقت و صحت تابع توزیع احتمالاتی پارامتر ورودی می‌باشد.

۳-۳- شبیه‌سازی تغییرات حجمی دریاچه ارومیه

برای شبیه‌سازی تغییرات حجم دریاچه، روش‌های متنوعی شامل بیلان آبی، همبستگی چند متغیره و شبکه‌های عصبی مصنوعی توسط تهیه‌کنندگان این طرح به انجام رسیده است (دلاور و همکاران، ۱۳۸۷). دو روش آخر قدری نتایج بهتری را نسبت بیلان داشتند، ولی از بُعد عملیاتی روش بیلان مناسب‌تر تشخیص داده

⁴ - Simulation Method

⁵ - Monte Carlo Simulation

شد. ضمن اینکه در تحقیقات مشابهی برای شبیه‌سازی تراز دریاچه مورد استفاده قرار گرفته است (Jones et al., 2001; Kebede et al., 2005; Atsushi Urabe et al., 2004).

معادله تغییرات حجم آب دریاچه بر اساس روش بیلان با توجه به پارامترهای مؤثر در چرخه آبی بیان می‌گردد. مهمترین پارامترهای مؤثر بر چرخه آبی این دریاچه، عبارتند از دبی ورودی رودخانه‌ها، بارندگی در سطح دریاچه و تبخیر از سطح آن. میزان نفوذ عمقی و تبادل با آبهای زیرزمینی در این دریاچه ناچیز و قابل صرف نظر کردن است (شرکت صنایع دریایی ایران (صدرا)، ۱۳۸۲). با توجه به این موارد معادله تغییرات حجم دریاچه به صورت رابطه زیر قابل تعریف می‌باشد (Jones et al., 2001; دلاور و همکاران، ۱۳۸۷ (لف وب)):

$$\Delta V = 0.001 (P_{(t)} A_{(t)} - E_{(t)} A_{(t)}) + R_{in(t)} \quad (1-3)$$

که آن :

ΔV : تغییرات حجم آب دریاچه نسبت به ماه قبل (MCM)،

$P_{(t)}$: ارتفاع معادل بارش بر روی سطح دریاچه در ماه t (mm)،

$E_{(t)}$: ارتفاع معادل تبخیر از سطح دریاچه در ماه t (mm)،

$R_{in(t)}$: حجم جریان ورودی به دریاچه در ماه t (MCM) و

$A_{(t)}$: مساحت دریاچه در زمان t (km^2) است.

برای این روش، با استفاده از آمار سالانه، پارامترهای ذکر شده در دوره آماری ۵۰ ساله تحقیق و معادله

(۱-۳)؛ تغییرات حجم در هر سال برآورد گردید. سپس با در نظر گرفتن حجم آب دریاچه در اول دوره

شبیه‌سازی به عنوان مبنا، حجم در سال‌های بعدی محاسبه شد. برای شبیه‌سازی فوق دو سری معادله اساسی

شامل روابط تراز-سطح و تراز-حجم مورد نیاز است که در ادامه به نحوه برآورد آنها اشاره می‌گردد.

۳-۳-۱- منحنی تراز-مساحت دریاچه

هم‌اکنون روابط مختلفی برای روابط تراز-سطح یا تراز-حجم دریاچه ارائه شده است. رابطه زیر از آن

جمله می‌باشد که توسط شرکت صنایع دریایی ایران (صدرا) (۱۳۸۲) برای جاده شهید کلانتری مورد استفاده

قرار گرفت، روابط مشابهی نیز توسط شرکت یکم ارائه شده است:

$$A = \left(\frac{H - 1200}{10.95} \right)^{4.385}, H \leq 1275.5m$$

$$A = \left(\frac{H - 1200}{21.64} \right)^{6.77}, H > 1275.5m$$

(۲-۳)

که در آن A : مساحت دریاچه در تراز H برحسب کیلومتر مربع و H : تراز دریاچه برحسب متر از سطح دریا

می‌باشد. اما مشکل عمده روابط فوق، در این است که مشاهدات آنها عمدتاً برای ترازهای ارتفاعی بالاتر از

۱۲۷۳ بوده‌اند و برای ترازهای کمتر به نحوی برون‌یابی می‌کنند که بررسی‌هایی که در این گزارش نشان داد که

خطا دارد و بسیار دست بالا است. به عنوان نمونه پردازش تصاویر ماهواره‌ای تاریخ‌های تیر و مهرماه ۱۳۹۱

(تراز ۱۲۷۱/۰۹ و ۱۲۷۰/۵۶ متر از سطح دریا)، سطح دریاچه را حدود ۲۶۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلومتر مربع نشان

می‌دهند و این درحالیست که روابط فوق آن را حدود ۳۵۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلومتر مربع برآورد می‌نمایند. لذا، لازم

شد تا با مجموعه اطلاعات موجود رابطه‌ای برای محدوده تراز این مطالعات برآورد گردد که نهایتاً به معادله

زیر ختم شد (بدیهی است که این رابطه نیاز به بررسی‌های بیشتری برای فازهای مطالعاتی بعدی دارد):

$$A = -7.065947 H^3 + 26957.22 V^2 - 34280644.7 V + 14530877024.7 \quad H \leq 1273.5 \text{ m} \quad (۳-۳)$$

۳-۳-۲- منحنی تراز- حجم دریاچه ارومیه

رابطه مورد نیاز بعدی، رابطه تراز- حجم است. مطابق قبل معادلات موجود مانند معادله ۳-۴ که توسط مهندسین مشاور یکم (۱۳۸۳) ارائه شده، مورد بررسی قرار گرفت.

$$H = \frac{\sqrt{V} + 18271.9}{14.4658} \quad (۳-۴)$$

که در آن V حجم دریاچه در تراز H برحسب کیلومتر مکعب و H تراز دریاچه برحسب متر می‌باشد. این معادله نیز محدودیت‌های معادلات قبلی را دارا بود. لذا مجدداً با استفاده از نقشه رقومی کف دریاچه و تصاویر ماهواره‌ای مورد اشاره در قسمت قبلی، رابطه‌ای مطابق زیر برآورد شد (مجدداً تاکید می‌گردد که این روابط تقریبی و بهترین معادلات ممکن برای شرایط حاضر بودند):

$$H = -6.145376 \times 10^{-9} V^2 + 4.20137923363 \times 10^{-4} V + 1267 \quad (۳-۵)$$

۳-۴- تولید نمونه‌های تصادفی (دبی، بارش و تبخیر)

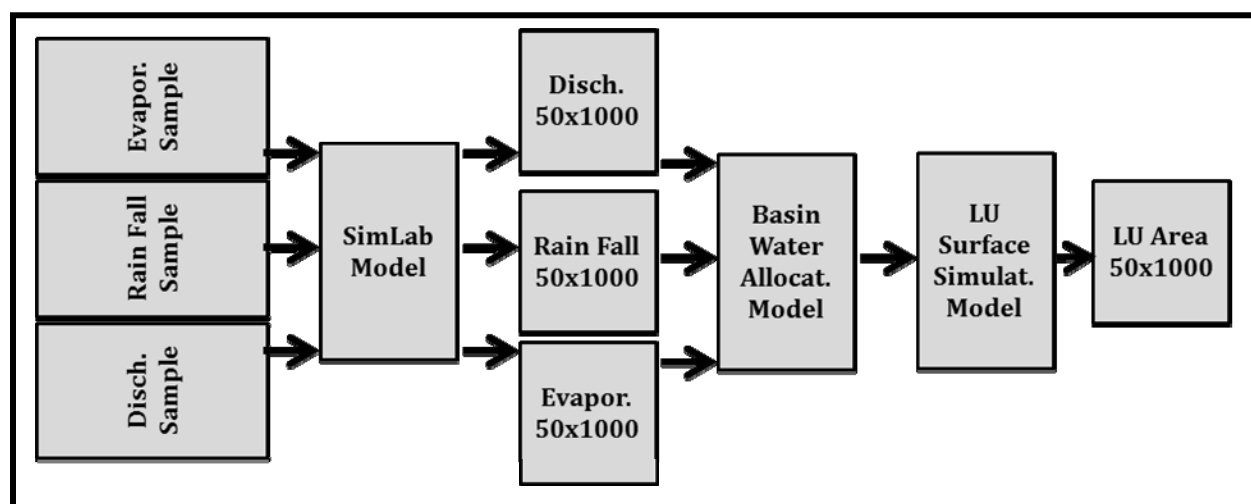
در این مرحله پس از تعیین تابع توزیع هر متغیر، از طریق الگوریتم‌های نمونه‌گیری به روش کاملاً تصادفی^۶ نمونه‌های لازم با استفاده از نرم‌افزار Simlab 2.2 تولید شد. این نرم‌افزار قادر است نمونه‌های لازم را با استفاده از توابع توزیع متنوع و از طریق ۷ روش نمونه‌گیری تولید نماید. بدین ترتیب تولید نمونه‌ها بر اساس معادله مرتبط با تابع توزیع هر پارامتر و با در نظر گرفتن همبستگی بین آنها از طریق اعمال ماتریس همبستگی انجام گرفت. برای تولید نمونه‌های مربوط به دبی، بارندگی و تبخیر از تابع توزیع گاما استفاده گردید که از انعطاف‌پذیری بالایی برای برازش بر نمونه‌ها برخوردار است.

^۶-Random

با آزمایش تعداد نمونه‌های مختلف مشخص شد که برای روش کاملاً تصادفی، تعداد نمونه ۱۰۰۰، بهینه‌ترین حالت را برای رسیدن به همگرایی میانگین نمونه‌ها حاصل می‌کند و افزایش آنها بیشتر از این تعداد، تاثیر چندانی در همگرایی به سمت یک میانگین واحد ندارد.

۳-۵- مدل شبیه‌سازی مساحت دریاچه

برای این بخش مدلی برای بررسی بیلان دریاچه و برآورد تغییرات سطح آن در محیط Excel توسعه یافت. این مدل از اطلاعات سطح‌بندی خشکسالی که در قسمت قبل به آن پرداخته شده بود، استفاده می‌کند. در شکل ۳-۱ مدل مفهومی مربوط قابل مشاهده است.



شکل ۳-۱: الگوی مفهومی مدل شبیه‌سازی برآورد مساحت دریاچه ارومیه و عدم قطعیت آن

مراحل محاسباتی مدل مطابق زیر دنبال می‌شود:

- دریافت خروجی داده‌های تولیدی (۱۰۰۰ نمونه ۵۰ ساله) از سری زمانی ورودی‌های طبیعی

رودخانه‌های حوضه (خروجی مدل Simlab)

- برآورد ورودی به دریاچه براساس سطوح خشکسالی پس از حذف مصارف بالادست،
- دریافت خروجی ۱۰۰۰ نمونه ۵۰ ساله از سری زمانی بارش روی سطح دریاچه (خروجی مدل (Simlab)،
- دریافت خروجی ۱۰۰۰ نمونه ۵۰ ساله از سری زمانی تبخیر از سطح دریاچه (خروجی مدل (Simlab)،
- تولید ۱۰۰۰ نمونه ۵۰ ساله از تغییرات حجم دریاچه براساس رابطه ۱-۳،
- محاسبه ۱۰۰۰ نمونه ۵۰ ساله از تغییرات تراز دریاچه با استفاده از روابط ۳-۴ و ۳-۵ و تبدیل آن به تراز کل و
- تولید ۱۰۰۰ نمونه ۵۰ ساله از سری زمانی سطوح دریاچه با توجه به ارقام تراز دریاچه حاصل از مرحله قبل و روابط ۳-۲ و ۳-۳.

۳-۶- سناریوهای اجرای مدل شبیه‌سازی مساحت دریاچه

همانگونه که قبلاً نیز اشاره شد، شبیه‌سازی مساحت دریاچه و ارزیابی تابع توزیع آن، تابع عواملی است که از مهمترین آنها ورودی به دریاچه است. اما همانگونه که در گزارش "بررسی روند در متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیکی حوضه آبریز ارومیه" این طرح آمد، عدم ایستایی در دبی رودخانه به چشم می‌خورد که بخصوص تفاوت معنی‌داری را پس از خشکسالی‌های سال ۱۳۷۷ از خود نشان می‌دهد. این تفاوت‌ها در جدول (۱-۳) قابل مشاهده هستند.

جدول ۳-۱: متوسط مقادیر طبیعی جریان در رودخانه‌های حوضه دریاچه ارومیه

	50 yr (1345-46 to 1385-86)	10yr (1375-76 to 1385-86)
Q mean (MCM)	6920	5520

همچنین، همانگونه که در گزارش "کشاورزی و تخصیص آب کشاورزی در خشکسالی" بطور مبسوط تشریح شد، دو سناریوی اصلی مدیریتی برای تخصیص آب دریاچه در نظر گرفته شده است که عبارتند از:

- سناریوی مدیریتی ۱: تخصیص حتی‌الامکانی دریاچه برابر ۳۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال و
- سناریوی مدیریتی ۲: کاهش تخصیص ۳۱۰۰ میلیون مترمکعب در سال متناسب با شدت خشکسالی تا حدود ۴۰ درصد.

شرایط فوق در ۴ سناریو در ادامه مورد بررسی قرار می‌گیرند.

علاوه بر سناریوهای فوق، ادامه روند فعلی مدیریت تخصیص به دریاچه که کنترل خاصی بر آن صورت نمی‌گیرد، نیز تعریف شد. وضعیت فعلی براساس تحقیق تهیه‌کنندگان این گزارش (باقری هامانی، ۱۳۹۰) که ورودی به دریاچه ارومیه را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای برآورد و آن را با ارقام ثبت شده در پائین‌دست‌ترین ایستگاه‌ها مقایسه کرده‌اند، برآورد شد. این سناریو با BAU^7 نشان داده شده است.

برای مدل‌سازی مساحت دریاچه، شرایط اولیه و به عبارتی سطح یا تراز در سال اول شبیه‌سازی‌ها مهم می‌باشد که بر اساس اطلاعات موجود در زمان تهیه این گزارش، ۱۲۷۱/۰۹ متر از سطح دریا بوده است و در محاسبات وارد شد.

⁷ Business as usual

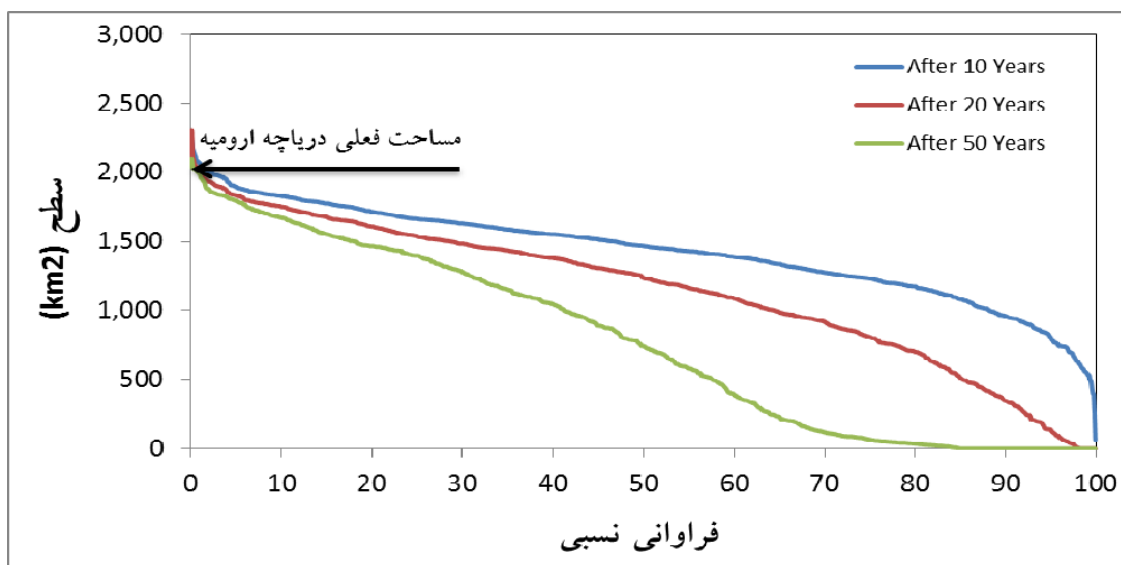
۳-۶-۱- شبیه‌سازی مساحت با پارامترهای آماری ۵۰ سال گذشته و عدم اولویت تخصیص آب دریاچه

(سناریوی 50_BAU)

این سناریو با فرض حفظ پارامترهای هیدرولوژیکی آماری ۵۰ سال گذشته است. سپس ورودی‌ها براساس آنها تنظیم شده و تخصیص آب به دریاچه براساس شرایط موجود مدیریتی برآورد شده است. به عبارتی دیگر این برنامه برای مدیریت دریاچه بکار نمی‌رود.

بر اساس سری نمونه‌های تولید شده (۱۰۰۰ نمونه ۵۰ ساله) و با اعمال روش‌شناسی طرح برای ارائه عدم قطعیت‌های مربوط، شکل ۲-۳ حاصل شد. این شکل منحنی‌های چگالی تجمعی احتمال مساحت دریاچه را در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ سال نشان می‌دهد. همچنین در پیوست یک گزارش، اشکال پ-۱ تا پ-۳ هیستوگرام تغییرات مساحت دریاچه را در سه دوره آتی به تفکیک نشان می‌دهند.

از شکل قابل مشاهده است که روند فعلی بهره‌برداری از منابع آب حوضه حتی با فرض شرایط اقلیمی ۵۰ سال گذشته، هیچ شانس را برای بهبود شرایط دریاچه قائل نمی‌شود و دریاچه محکوم به فنا است.



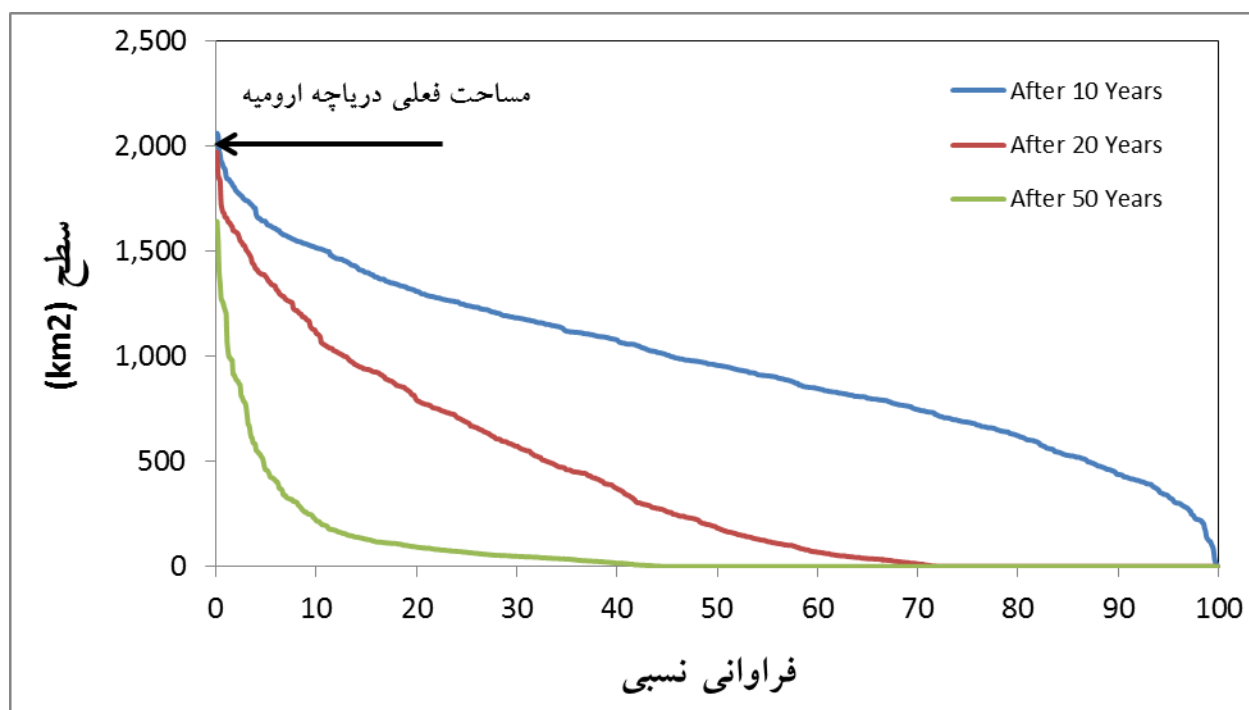
شکل ۲-۳: منحنی‌های فراوانی تجمعی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله

در سناریوی 50_BAU

۳-۶-۲- شبیه‌سازی مساحت با پارامترهای آماری ۱۰ سال گذشته و عدم اولویت تخصیص آب دریاچه

(سناریوی 10_BAU)

این سناریو به منظور اعمال تغییرات و خشکسالی‌های دهه اخیر در جریان رودخانه‌های حوضه ارومیه و متعاقبا تاثیر آنها در ورودی‌های دریاچه اضافه شده است. از منظر مدیریت تخصیص نیز شرایط موجود برای دریاچه حفظ شده و الویتی برای آن در نظر گرفته نمی‌شود. نتایج این بخش در شکل ۳-۳ و اشکال پ-۴ تا پ-۶ در پیوست قابل مشاهده است. نتایج مانند قبل است که موید ادامه کاهش روند فعلی سطح دریاچه و نابودی آن می‌باشد.



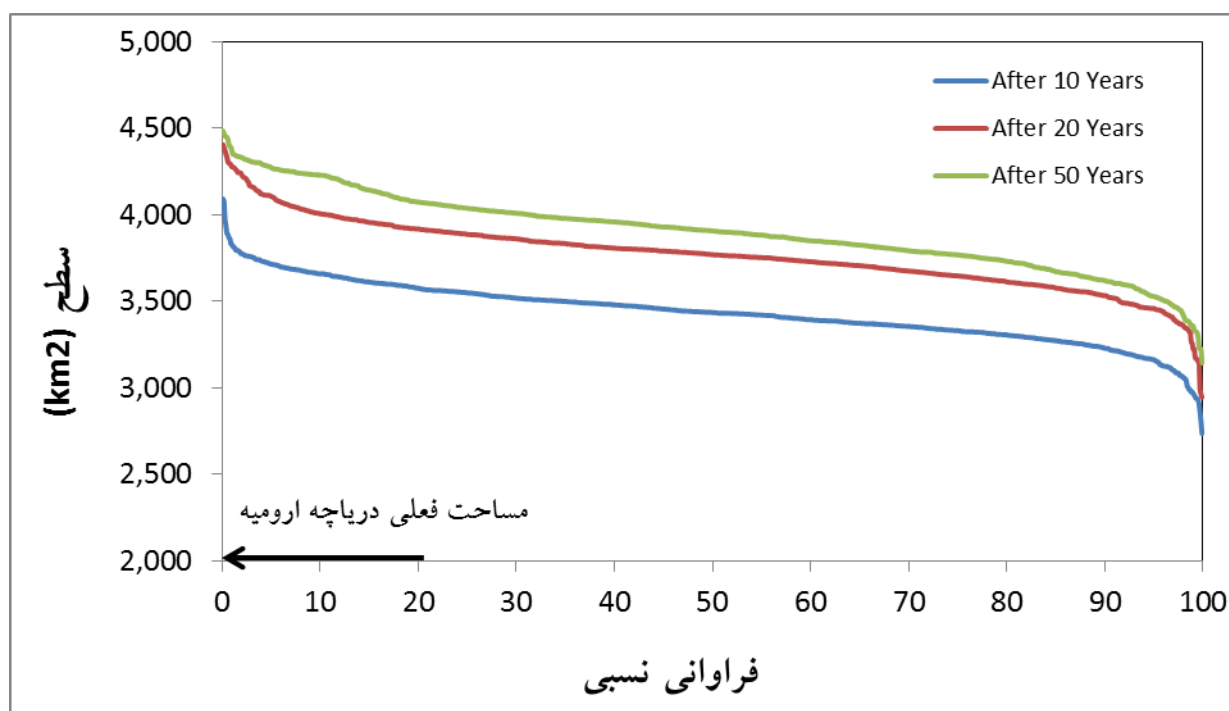
شکل ۳-۳: منحنی‌های فراوانی تجمعی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله در

سناریوی 10_BAU

۳-۶-۳- شبیه‌سازی مساحت با پارامترهای آماری ۵۰ سال گذشته و تخصیص کامل آب دریاچه در

خشکسالی (سناریوی 50_Sc1)

این سناریو از برنامه اول مدیریت تخصیص طرح خشکسالی دریاچه استفاده می‌کند و در آن تلاش دارد تا حتی‌الامکان تخصیص ۳/۱ میلیارد دریاچه را تامین نماید. از طرفی نیز شرایط ۵۰ ساله هیدرولوژیکی را برای دریاچه محفوظ می‌دارد. نتایج این سناریو در شکل ۳-۴ قابل مشاهده است. ملاحظه می‌گردد، این مدیریت روند منفی دو سناریوی قبل را بطور مشهودی ارتقاء بخشیده و عدم موفقیت آن برای سری‌های زمانی تولید شده، احتمالی نزدیک به صفر دارد. چگالی احتمال سطوح دریاچه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله در اشکال پ-۷ تا پ-۹ در پیوست قابل مشاهده است.

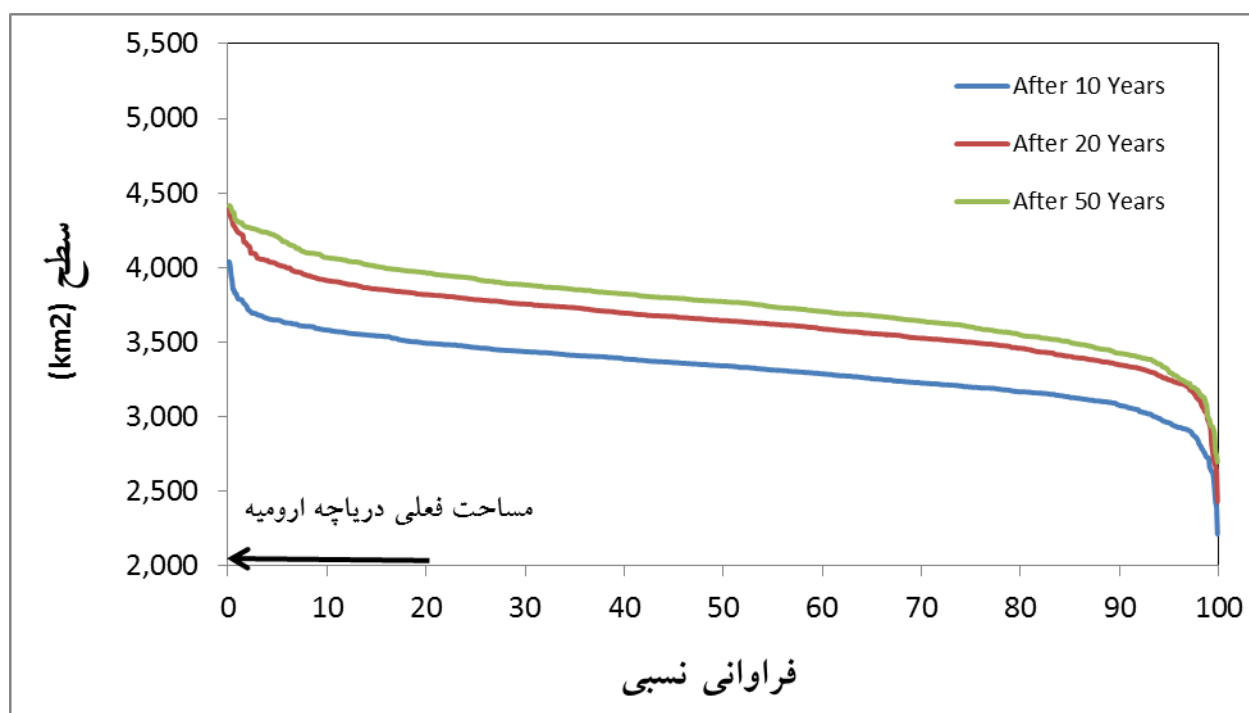


شکل ۳-۴: منحنی‌های فراوانی تجمعی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله در سناریوی 50_Sc1

۳-۶-۴- شبیه‌سازی مساحت با پارامترهای آماری ۱۰ سال قبل و تخصیص کامل آب دریاچه در

خشکسالی (سناریوی 10_Sc1)

سناریوی فعلی مانند قبل می‌باشد، با این تفاوت که در آن شرایط هیدرولوژیکی دهه اخیر حاکم شده است. از شکل ۳-۵ ملاحظه می‌گردد که علی‌رغم کاهش ورودی‌ها در آن، وضعیت بهتری برای دریاچه نسبت به شرایط فعلی می‌توان متصور شد و تمامی خطوط احتمالاتی حاصل از ۱۰۰۰ نمونه ۵۰ ساله، بالای وضعیت فعلی دریاچه قرار گرفته‌اند. اشکال پ-۹ تا پ-۱۲ در پیوست گزارش، چگالی احتمال سطوح دریاچه را در افق‌های آتی نشان می‌دهند.

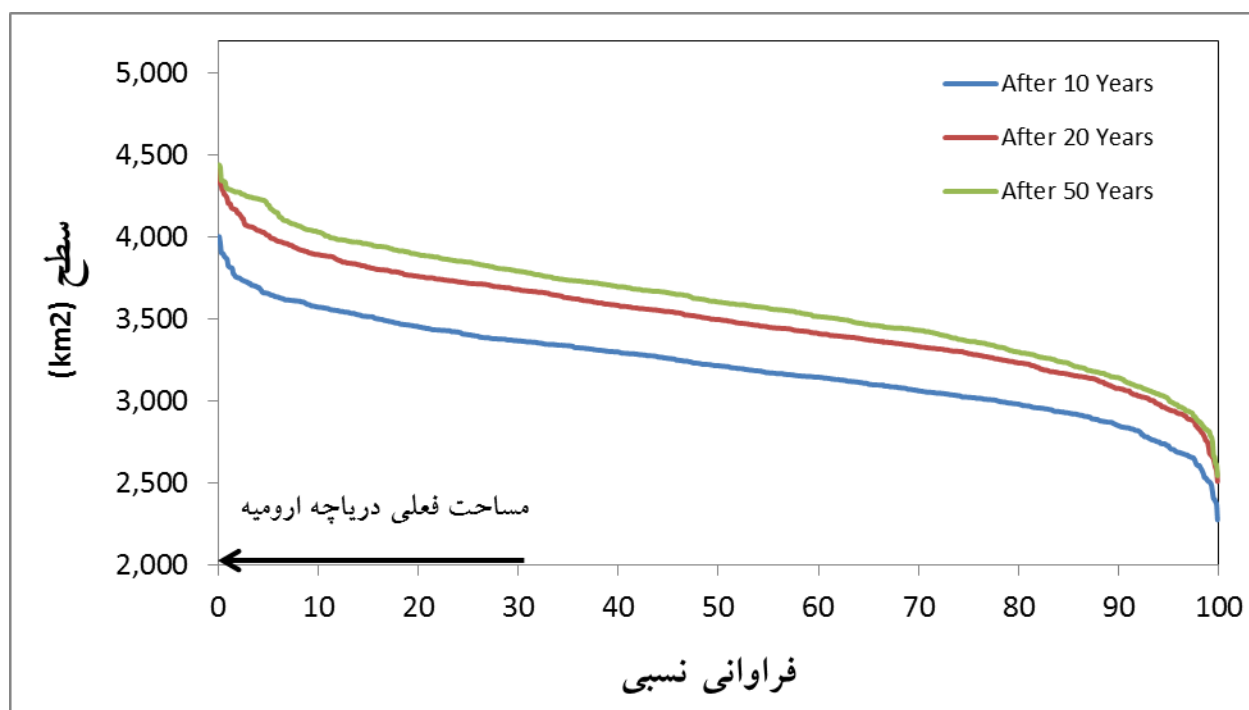


شکل ۳-۵: منحنی‌های فراوانی تجمعی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله در سناریوی 10_Sc1

۳-۶-۵- شبیه‌سازی مساحت با پارامترهای آماری ۵۰ سال گذشته و کاهش تخصیص آب دریاچه در

شرایط خشکسالی (سناریوی 50_Sc2)

سناریو ۲ مدیریت تخصیص آب دریاچه در پاسخ به ذی‌نفعان حوضه و مشکلات مد نظر آنها در تامین آب بخش کشاورزی در شرایط خشکسالی بوده است، بطوریکه تخصیص ۳/۱ میلیارد مترمکعب در سال تا حدود ۳۵٪ کاهش یافته است (شکل ۳-۶). مشاهده می‌گردد که در این شرایط نیز وضعیت دریاچه از شرایط فعلی بهتر می‌شود، ولی قطعیت مدیریت قبل را نخواهد داشت. چگالی احتمال سطوح دریاچه در افق‌های آتی در اشکال پ-۱۳ تا پ-۱۵ در پیوست قابل مشاهده است.

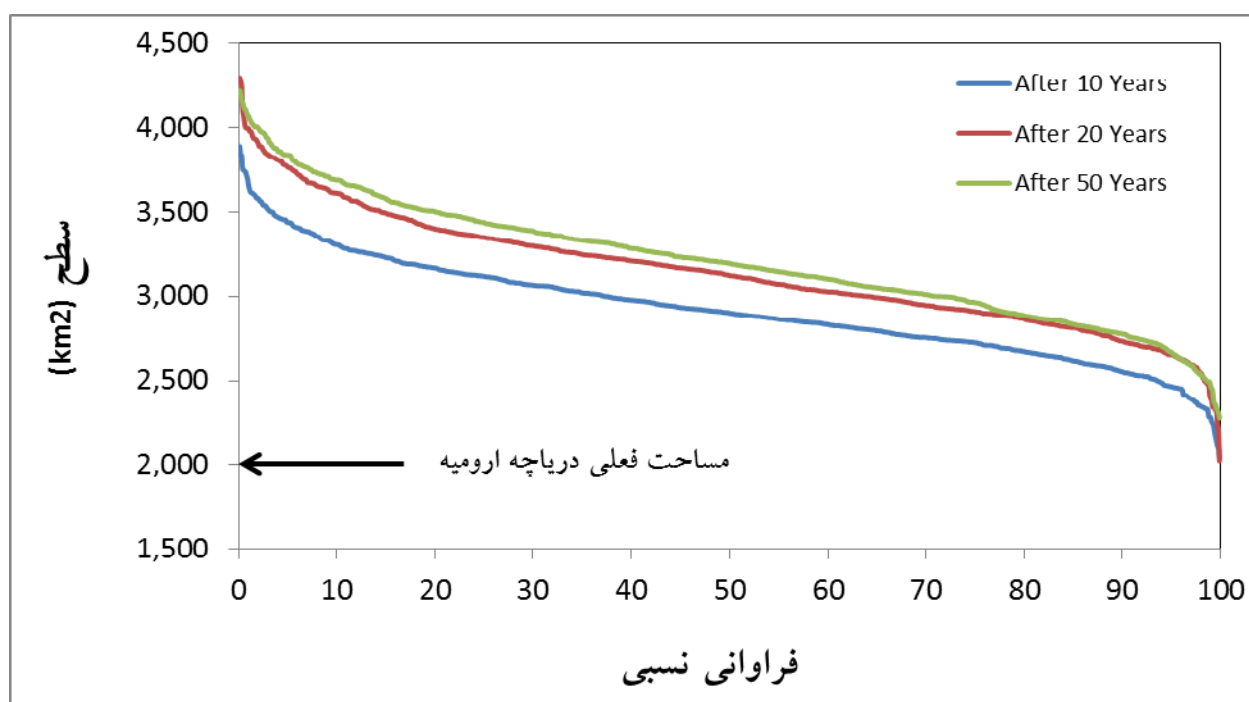


شکل ۳-۶: منحنی‌های فراوانی تجمعی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله در سناریوی 50_Sc2

۳-۶-۶- شبیه‌سازی مساحت با پارامترهای آماری ۱۰ سال گذشته و کاهش تخصیص آب دریاچه در

شرایط خشکسالی (سناریوی 10_Sc2)

این سناریو کم و بیش وضعیت سناریوی قبلی را دارد و می‌توان با اعمال این مدیریت وضعیت بهتری را برای دریاچه انتظار داشت (شکل ۳-۷). بدیهی است که با توجه به کاهش ورودی‌ها در این سناریو، مواجهه با سطوح خشکسالی و اعمال اقدامات انقباضی در تخصیص سایر بخش‌ها بیشتر خواهد شد. ازاینروست که نتایج با سناریوی قبل نزدیک است. در اشکال پ-۱۶ تا پ-۱۸ در پیوست گزارش چگالی احتمال سطوح دریاچه در افق‌های آتی قابل مشاهده است.



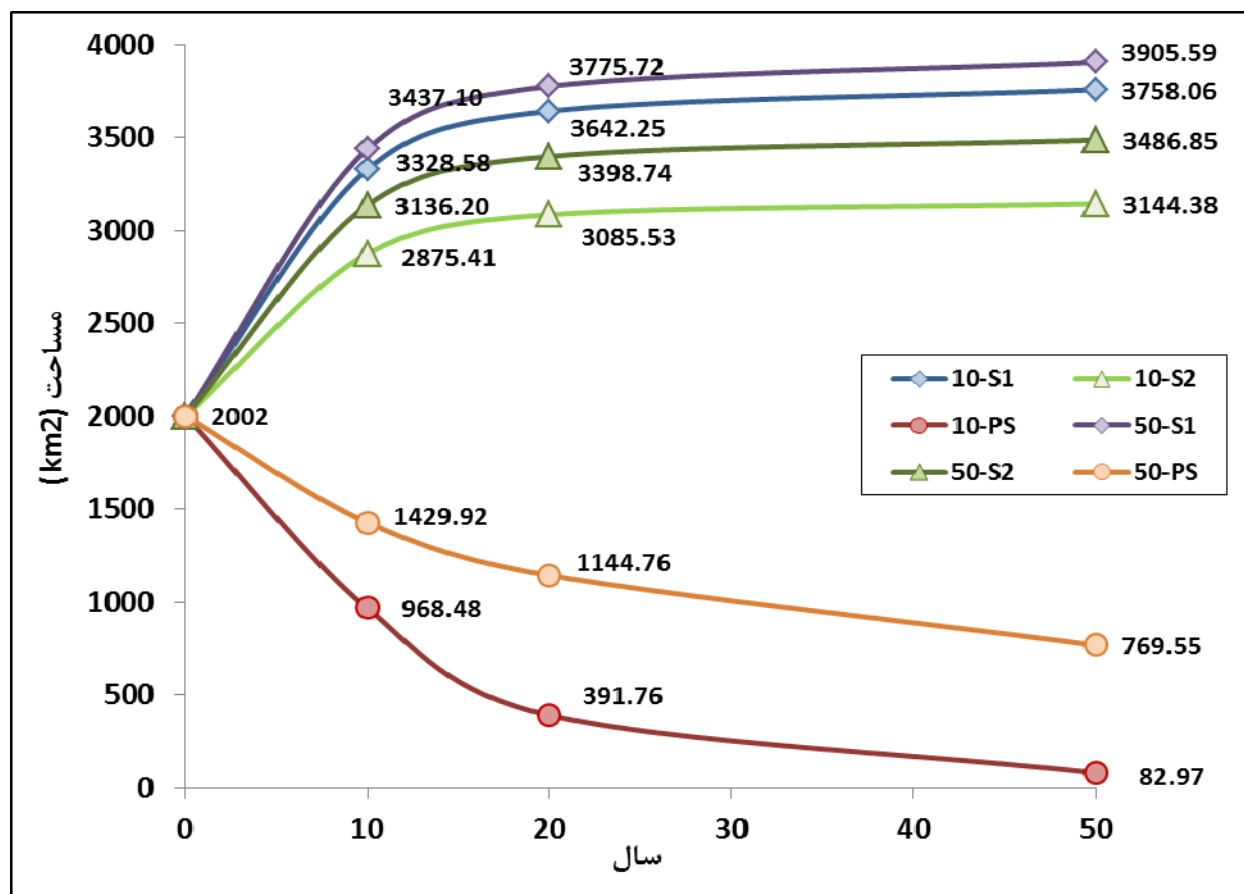
شکل ۳-۷: منحنی‌های فراوانی تجمعی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله در

سناریوی 10_Sc2

۳-۷- مقایسه سناریوها در وضعیت مساحت دریاچه ارومیه

این بخش به شکل ساده‌تری سناریوها را کنار هم قرار می‌دهد و بجای کار روی توابع احتمالاتی به

میانگین‌های مساحت دریاچه در هر سناریو می‌پردازد. متذکر می‌گردد که این محاسبات نتایج تولید ۱۰۰۰ نمونه ۵۰ ساله از جریان طبیعی حوضه دریاچه ارومیه براساس پارامترهای آماری ۱۰ و ۵۰ سال گذشته حوضه می‌باشد. بدین منظور متوسط سطوح دریاچه پس از ۱۰، ۲۰ و ۵۰ سال اجرای ۱۰۰۰ نمونه، محاسبه شده است. نتایج این محاسبات گسترده در شکل ۳-۸ قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۳-۸: وضعیت متوسط قابل پیش‌بینی از مساحت دریاچه ارومیه در افق‌های ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله (50_BAU = شبیه‌سازی با پارامترهای ۵۰ ساله جریان و عدم الویت تخصیص آب دریاچه، 10_BAU = شبیه‌سازی با پارامترهای ۱۰ ساله جریان و عدم الویت تخصیص آب دریاچه، 50_Sc1 = شبیه‌سازی با پارامترهای ۵۰ ساله جریان و تخصیص کامل حقابه دریاچه، 10_Sc1 = شبیه‌سازی با پارامترهای ۱۰ ساله جریان و تخصیص کامل حقابه دریاچه، 50_Sc2 = شبیه‌سازی با پارامترهای ۵۰ ساله جریان و کاهش تخصیص آب دریاچه در خشکسالی، 10_Sc2 = شبیه‌سازی با پارامترهای ۱۰ ساله جریان و کاهش تخصیص آب دریاچه در خشکسالی)

نتایج این شکل بسیار قابل توجه است. ملاحظه می‌گردد که در صورت ادامه وضعیت فعلی تخصیص آب به دریاچه که عملاً در الویت نمی‌باشد، در یک افق ده ساله تا ۱۰۳۴ کیلومترمربع از سطح فعلی می‌تواند کاسته شود. این رقم در افق ۵۰ ساله بسیار شدیدتر خواهد شد و کاهش‌ها به بیش از ۱۹۲۱ کیلومترمربع خواهد رسید. این وقایع هشدار دهنده، با فرض این است که مصرف در شرایط فعلی باقی بماند که چندان راحت قابل دسترس نمی‌باشد.

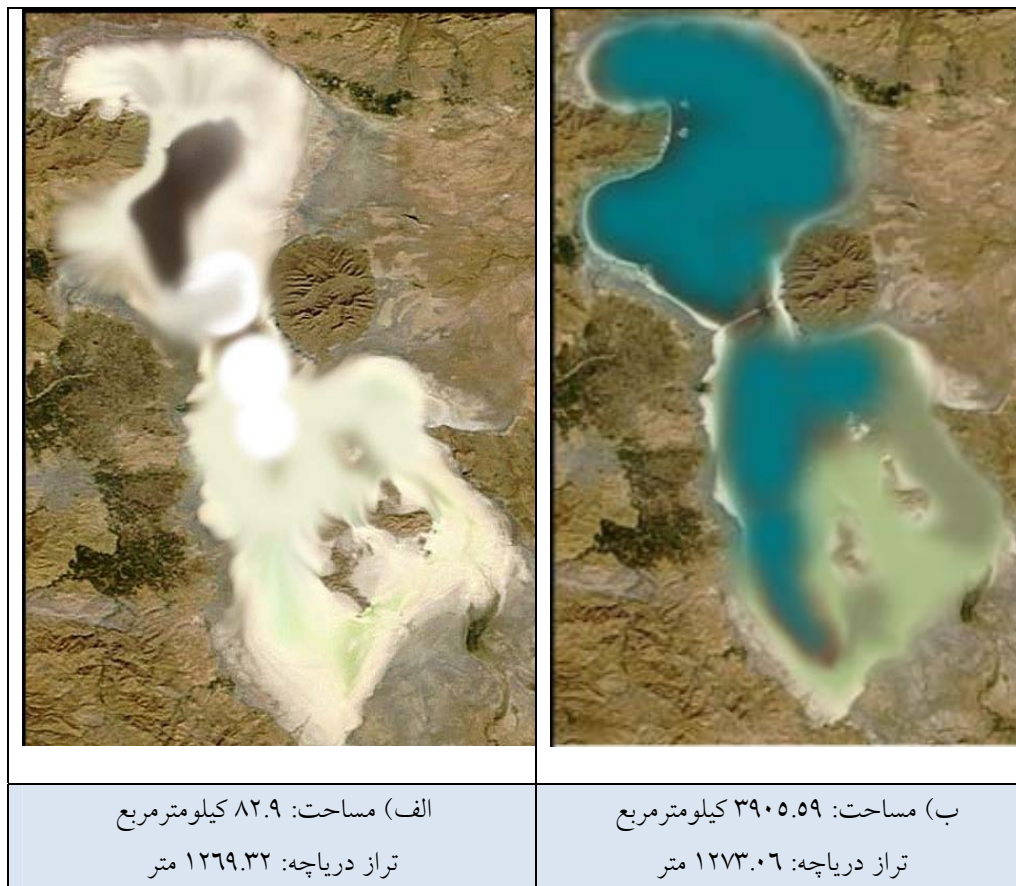
اعمال طرح مدیریت ریسک خشکسالی تحت سناریوی دو آن (که کاهش حقابه دریاچه را می‌پذیرد) و براساس پارامترهای ۱۰ ساله، نه تنها می‌تواند وضعیت فعلی را حفظ کند و بلکه بهبود آینده دریاچه را تا سطح ۳۱۴۴ کیلومترمربع می‌توان از آن انتظار داشت. اعمال پارامترهای ۵۰ ساله، وضعیت دریاچه را بهتر کرده و در طول ۵۰ سال مساحت آن را ۱۴۸۵ کیلومترمربع افزایش می‌دهد.

از سوی دیگر، اعمال سناریوی اول طرح خشکسالی (تامین ۳/۱ میلیارد در سال حتی در خشکسالی‌ها) می‌تواند بهبود قابل توجهی در وضعیت دریاچه بدنبال داشته باشد. مشاهده می‌گردد که متناسب با شرایط اقلیمی دوره آماری ۱۰ یا ۵۰ ساله، تا ۹۵٪ سطح دریاچه نسبت به شرایط فعلی بهتر خواهد شد.

نکته قابل توجه در برنامه جامع مدیریت دریاچه ارومیه، رسیدن به تراز ۱۲۷۳/۱ است که سطحی معادل ۳۹۰۵ کیلومترمربع را خواهد داشت. ملاحظه می‌گردد که این مهم تنها با سناریوی پارامترهای ۵۰ ساله و تخصیص کامل آب دریاچه قابل تحقق خواهد بود. این نیز افزوده گردد که دریاچه در سال‌هایی نه چندان دور ترازهای حدود ۱۲۷۸ را نیز تجربه کرده بوده است.

شکل ۳-۱۰ نیز بطور تقریبی تصویری از وضعیت آتی وسعت دریاچه ارومیه، پیشروی و پسروی شوره-زارهای اطراف آن را در بهترین و بدترین سناریوهای مورد اشاره در این گزارش نشان می‌دهد. وضعیت آتی

دریاچه در صورت ادامه روند موجود کاملاً نگران کننده خواهد بود.



شکل ۳-۹؛ وضعیت سطح قابل پیش‌بینی برای سطح دریاچه ارومیه در افق ۵۰ ساله در صورت الف) تکرار شرایط هیدرولوژیکی ۵۰ سال قبل و تامین کامل آب دریاچه (۳/۱ میلیارد مترمکعب در سال) و ب) استمرار شرایط هیدرولوژیکی ۱۰ سال قبل و در الویت نبودن حقابه دریاچه

۳-۸- مقایسه سناریوها در تخصیص آب به دریاچه ارومیه

با استفاده نمونه‌های تولید شده در قبل، مجدداً محاسبات برای بررسی تخصیص آب به دریاچه تکرار

گردید که نتایج در شکل ۳-۱۱ آمده است. نکته قابل توجه تفاوت نتایج سناریوی ۱ و ۲ مدیریتی می‌باشد. در

سناریوی ۲، بنا بر این است که در سال‌های خشکسالی حقابه دریاچه کم گردد و متقابلاً در سال‌های پربابی بیش

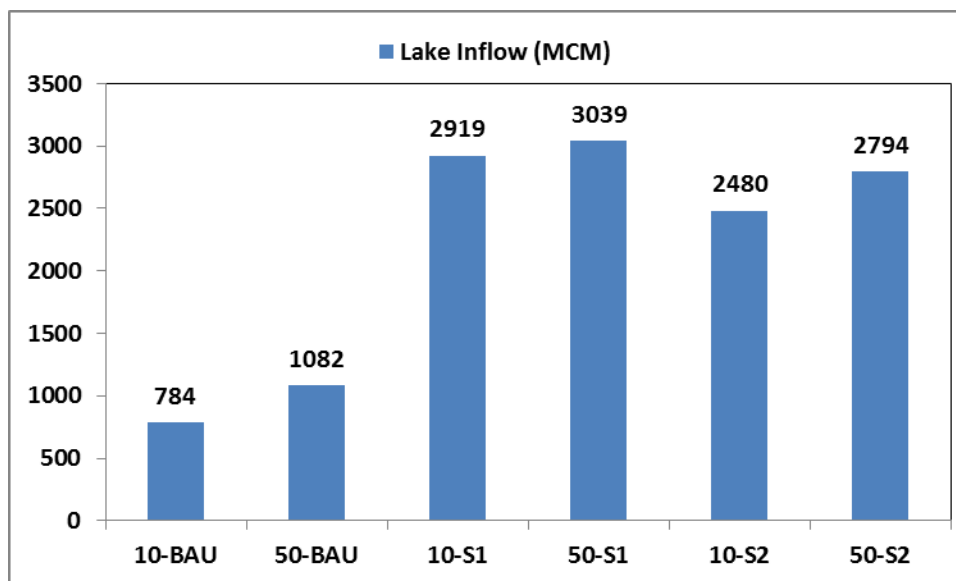
از حقابه تعیین شده ۳/۱ میلیارد، آب به دریاچه برسد. آنچه از آن تحت عنوان مدیریت تطبیقی منابع آب

(adaptive water resources management) یاد می‌گردد. نتایج حاصل از داده‌های تولید شده نشان داد که این

رویکرد با فرض حفظ شرایط اقلیمی ۵۰ سال گذشته، می‌تواند وضعیت موجود را ارتقاء بخشد، ولی ادامه

شرایط دهه اخیر تاثیر چندانی را نخواهد داشت. در هر صورت با سناریوی ۲ مدیریتی باید حجم‌های ۲/۴ تا

۲/۷ میلیارد متر مکعب در سال را انتظار داشت.



شکل ۳-۱۰: متوسط تخصیص سالانه مورد انتظار در سناریوهای مدیریتی مختلف به دریاچه ارومیه

فصل ۴

جمع بندی و نتیجه گیری

۴-۱- مقدمه

گزارش حاضر تلاشی برای بررسی وضعیت دریاچه ارومیه تحت برنامه مدیریت ریسک خشکسالی بود و در آن به مواردی مانند درصد تخصیص آب بخش کشاورزی و دریاچه، وضعیت آبی دریاچه و بخصوص تراز و سطح آن پرداخته شد. برای این مطالعه دو مدل مستقیماً توسعه یافت و از نتایج مدل‌های تخصیص گزارش کشاورزی استفاده گردید، ضمن اینکه تحلیل‌های عدم قطعیت نیز برای آن به انجام رسید.

۴-۲- خلاصه نتایج

مهم‌ترین یافته‌های این گزارش از منظر اجرا عبارتند از:

- طبق اعمال این طرح، تقاضای بخش کشاورزی بسته به سناریوهای ۱ و ۲ تخصیص آب دریاچه (به ترتیب تخصیص کامل و بخشی از آن متناسب با شرایط خشکسالی) بطور متوسط ۶۵ تا ۷۰ درصد در استان آذربایجان غربی و ۷۵ تا ۸۰ درصد در استان آذربایجان شرقی قابل تامین خواهد بود. این بدین معنی خواهد بود که چنانچه حدود ۲۵ تا ۲۰ تقاضای بخش کشاورزی را کاهش داد و اشتغال آن را به بخش‌های دیگر هدایت نمود، آسیب‌پذیری حوضه بطور قابل ملاحظه‌ای از خشکسالی کاهش یافته و حقابه دریاچه بطور مطلوب‌تری نیز قابل تخصیص خواهد شد.

- بدیهی است که در شرایط فعلی، کاهش‌های فوق بر معیشت کشاورزان منطقه تاثیر منفی خواهد داشت. لذا، برنامه‌ریزی‌هایی در این باره و بخصوص از طریق بیمه ضروری خواهد بود.

برای بررسی چشم‌انداز آتی از وضعیت دریاچه مدل‌سازی خاصی به انجام رسید که نتایج زیر از آن قابل ارائه هستند:

- ادامه وضع فعلی که دریاچه از الویتی برخوردار نیست، در یک افق ۱۰، ۲۰ و ۵۰ ساله می‌تواند سطح فعلی آن را که حدود ۲۰۰۲ کیلومترمربع برآورد می‌گردد، به ۱۴۳۰، ۱۱۴۵ و ۷۷۰ کیلومترمربع تقلیل دهد. هرچند گزارش، تبعات این تغییرات را بررسی نمی‌کند، ولی وسعت نمکزارهایی که در این صورت بوجود می‌آید، تهدیدی برای حوضه و حتی خارج از آن خواهد بود.

- با توجه به تغییراتی که در رژیم آبدهی رودخانه‌ها در سال‌های اخیر صورت گرفته و کاهش محسوس آنها، مدل‌سازی بر مبنای پارامترهای آماری ۱۰ سال گذشته نیز تکرار شد. در این صورت کاهش سطح دریاچه در افق‌های زمانی فوق و با مدیریت فعلی برداشت‌ها به ۹۶۸، ۳۹۲ و ۸۳ کیلومترمربع نیز می‌تواند برسد.

- برنامه مدیریت ریسک خشکسالی در دو سناریوی شامل تخصیص کامل آب دریاچه و کاهش تخصیص متناسب با شدت خشکسالی‌ها در این گزارش اجرا گردید. ملاحظه شد که برنامه اول به نحو مطلوبی می‌تواند در یک افق زمانی کمتر از ۱۵ سال تا ۷۰ درصد سطح فعلی را افزایش دهد و دریاچه به سطوحی بالاتر از ۳۴۰۰ کیلومترمربع برسد. این درحالی می‌باشد که در اواسط دهه ۱۳۷۰، دریاچه سطوح بالای ۶۰۰۰ کیلومترمربع را شاهد بوده است. روشن است که این برنامه با تمام محدودیت‌هایی که برای سایر بخش‌ها ایجاد کند، هرگز نخواهد توانست سطح دریاچه را به رقوم حداکثری خود بازگرداند.

- نکته‌ای که ممکن است به عنوان راه‌کار در بحث بالا مطرح گردد، توسعه سیستم‌های تحت فشار آبیاری و انتظاری است که از آنها برای صرفه جویی آب بوجود آمده است. موردی که هم اکنون نیز در حوضه دریاچه ارومیه مشاهده می‌شود. قابل تاکید است که این سیستم‌ها در مقیاس مزرعه می‌توانند بهره‌وری آب را افزایش دهند، اما در مقیاس حوضه‌ای و بخصوص در مواردی که منابع آب آن تلفیقی از آب‌های سطحی و زیرزمینی اثرگذار برهم هستند، نیاز به بررسی ویژه دارد. در این خصوص می‌توان به تحقیق احمدزاده (۱۳۹۰) اشاره داشت که در آن اثر سیستم‌های تحت فشار بر میزان خروجی از حوضه زرينه‌رود به دریاچه ارومیه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج کار وی نشان داد که این سیستم‌ها نهایتاً نتوانستند تاثیر معنی‌داری بر ورودی رودخانه به دریاچه داشته باشند. نتایج مشابهی نیز توسط شرکت زاینده‌آب در بررسی نقش سیستم‌های تحت فشار آبیاری بر ورودی زاینده‌رود به تالاب گاوخونی ارائه شد (ضیائی، ۱۳۹۱) و به همین ترتیب موسسه بین‌المللی مدیریت منابع آب (IWMI)

در چین (Nilson, 2003). در هر صورت تاکید این قسمت لزوم یک کار مطالعاتی، قبل از سرمایه‌گذاری وسیع برای آن است.

- آنچه در بالا آمد با یک فرض اساسی بود و آن اینکه براساس سیاست‌های کلان کشور، قرار نیست تخصیص جدیدی به حوضه دریاچه ارومیه اضافه گردد. بدیهی است که چنانچه این اصل عملیاتی نگردد، کل این نتایج تغییر خواهد نمود و شرایط دریاچه بدتر از امروز نیز خواهد شد.

فهرست منابع

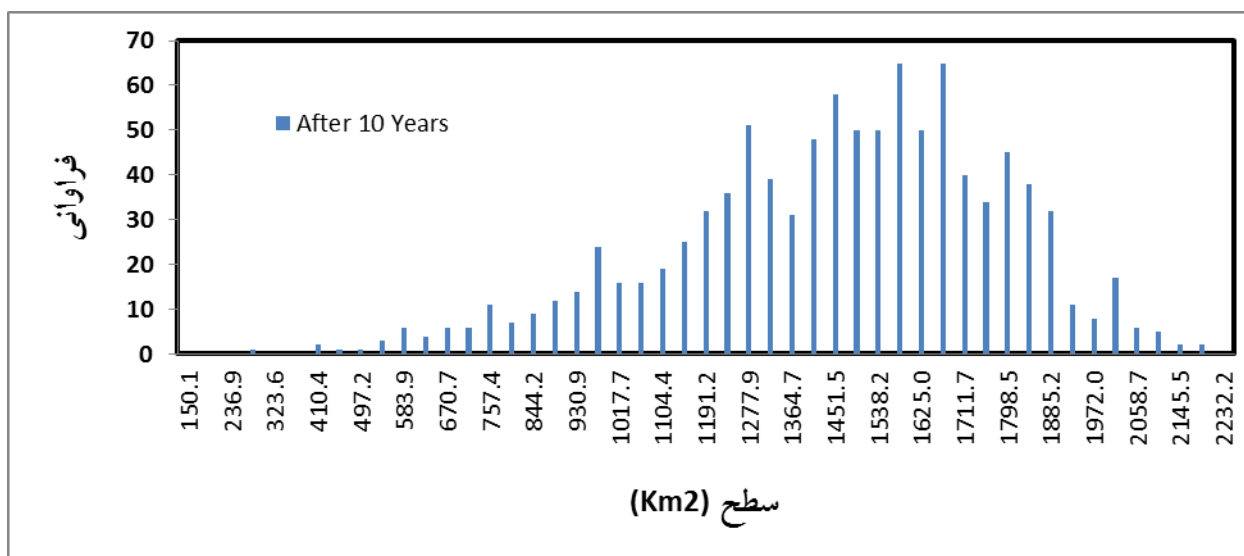
- احمدزاده، ح. (۱۳۹۱) ارزیابی بهره‌وری آب کشاورزی با استفاده از مدل SWAT: مطالعه موردی، حوضه زرينه‌رود، دانشگاه تربیت مدرس (به راهنمایی دکتر سعید مرید).
- باقری هامان، م.ح. (۱۳۹۰) برآورد بیلان آب حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از فن‌آوری سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس. (به راهنمایی دکتر سعید مرید و دکتر صالح ارشد).
- دلاور م.، مرید س. و شفیعی فر م. (۱۳۸۷(الف)) ارزیابی ریسک تراز دریاچه ارومیه و تاثیر تغییر اقلیم بر آن. مجله علوم کشاورزی ایران. سال دوم، شماره ۳۹، ۳۷۹-۳۸۸.
- دلاور م.، مرید س. و شفیعی فر م. (۱۳۸۷(ب)) شبیه‌سازی، تحلیل حساسیت و عدم قطعیت تغییرات تراز آب دریاچه ارومیه نسبت به مولفه بیلان آبی آن، مجله هیدرولیک، دوره سوم، شماره ۱: ۴۵-۵۶.
- ضیایی، ل. (۱۳۹۱) روش محاسبه راندمان آبیاری در مقیاس حوضه و بیلان منابع و مصارف آب در حوضه‌های آبریزها در نظر گرفتن پدیده "اثر افزایش چرخه آب" مطالعه موردی: حوضه زاینده‌رود، نهمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران، ۱۹ تا ۲۱ اردیبهشت ۱۳۹۱، اصفهان.

- Aditya T. (2004)** Probabilistic Methods For Uncertainty ,Risk And Reliability Analysis , Statistical Methods In Hydrology ,P.P.: 390-394.
- Astushi Urabe, Masaki Tateishi, Yoshio Inouchi (2004)** Lake-level changes during the past 100,000 years at Lake Baikal, southern Siberia , Quaternary Research, 62: 214-222.
- Eckhardt K., Breuer L., Frede H.G. (2003)** Parameter uncertainty and the significance of simulated land use change effects, Journal of Hydrology, 273 : 164 -176.
- Hann C.T. (2002)** Statistical Methods in Hydrology, Publisher: Wiley.
- Jones R.N. , McMahon T.A. , Bowler J.M. (2001)** Modelling historical lake levels and recent climate change at three closed lakes, Western Victoria, Aust_18_0001, Journal of Hydrology, 246: 59-180.
- Kebede Y., Travi T., Alemayehu V. Marc, (2005)**Water Balance Of Lake Tana And Its Sensitivity To Fluctuations In Rainfall ,Blue Nile Basin ,Ethiopia ,Journal Of Hydrology , xx: 1-15.

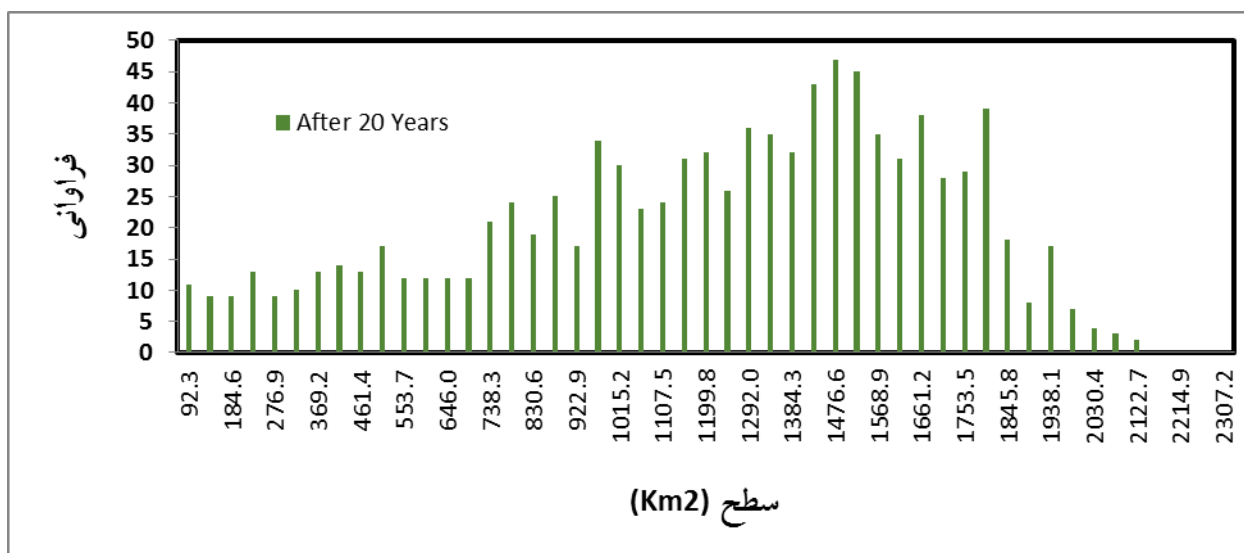
Nilson R.(2003) Improving irrigation water use efficiency, productivity and equity. Simulation experiments in the downstream Yellow River Basin, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.

پیوست ۱

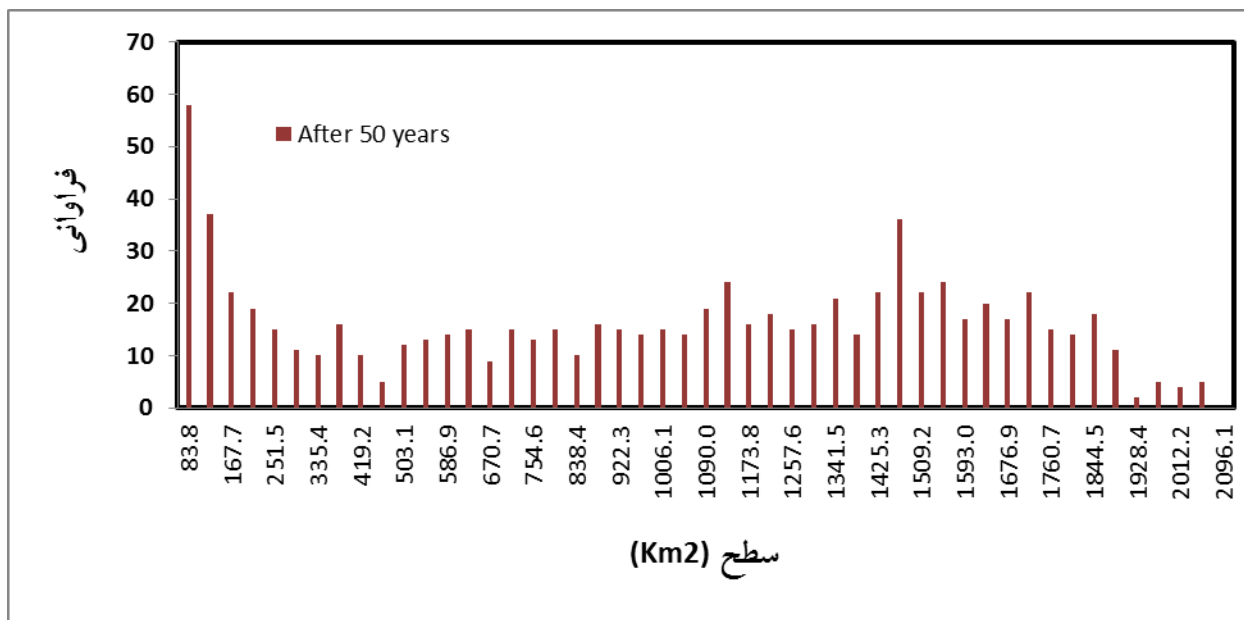
تابع تجمعی احتمال سطوح دریاچه ارومیه در افق‌های آتی



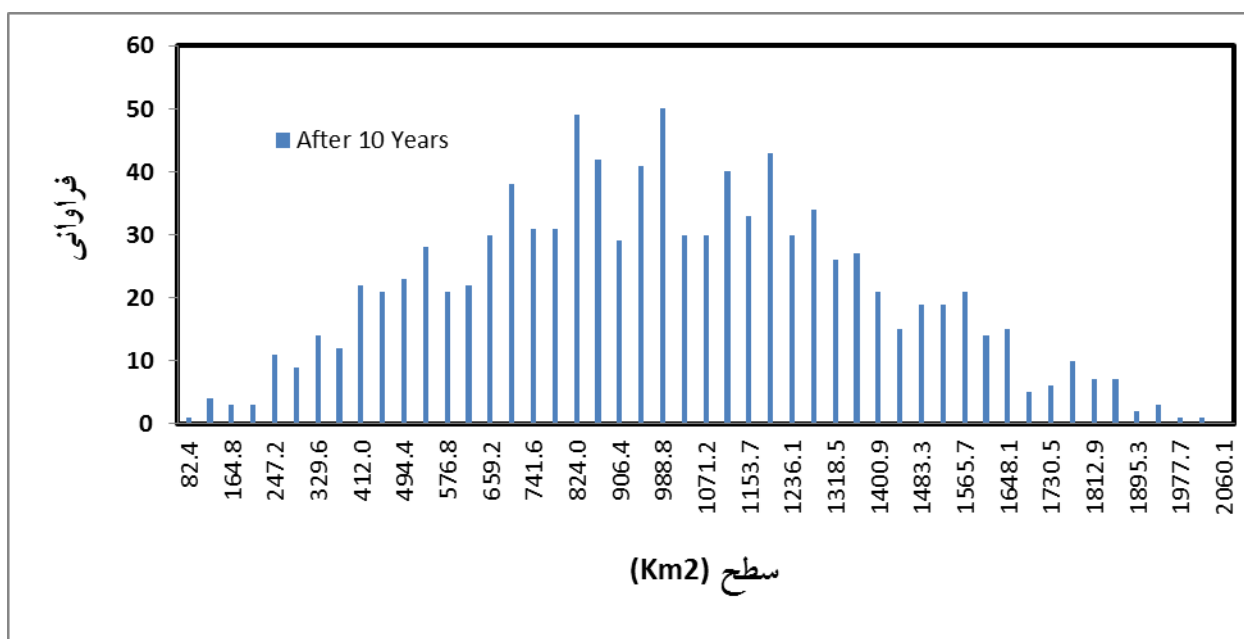
شکل پ ۱-۱: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۱۰ ساله در سناریوی 50_BAU



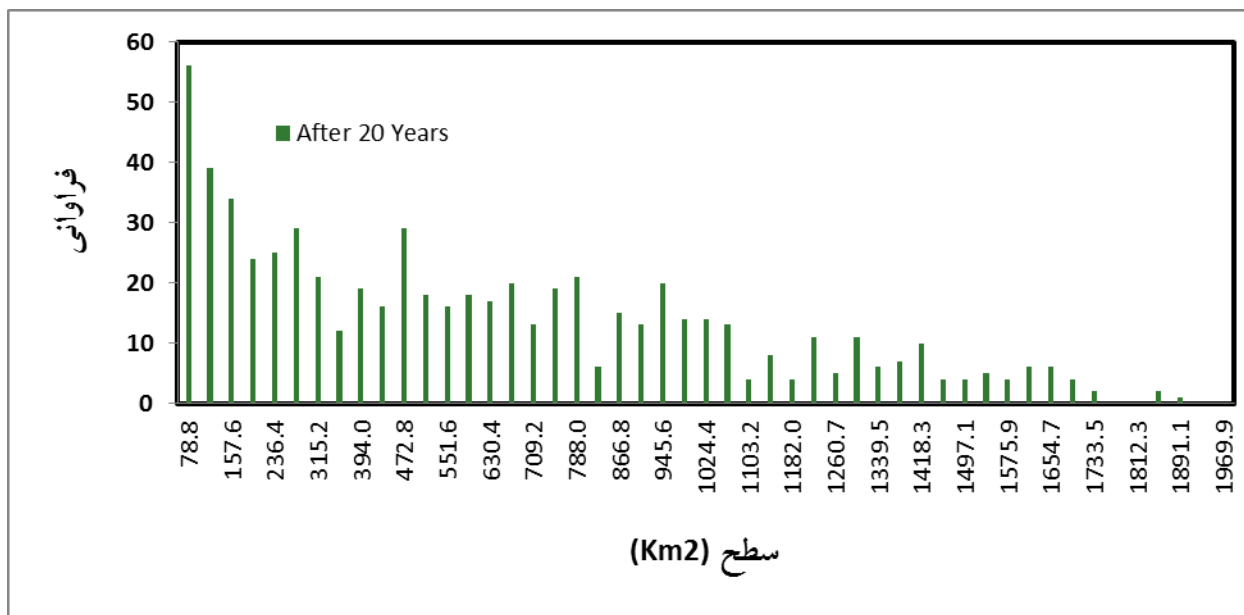
شکل پ ۲-۱: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۲۰ ساله در سناریوی 50_BAU



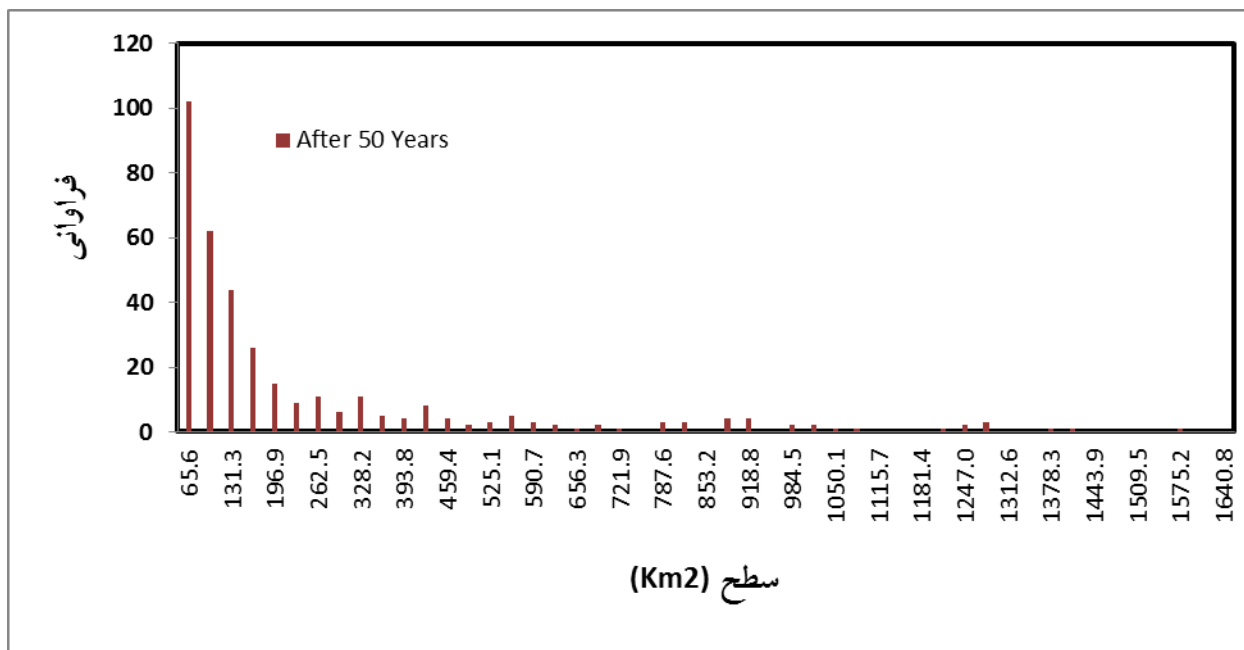
شکل پ ۱-۳: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۵۰ ساله در سناریوی 50_BAU



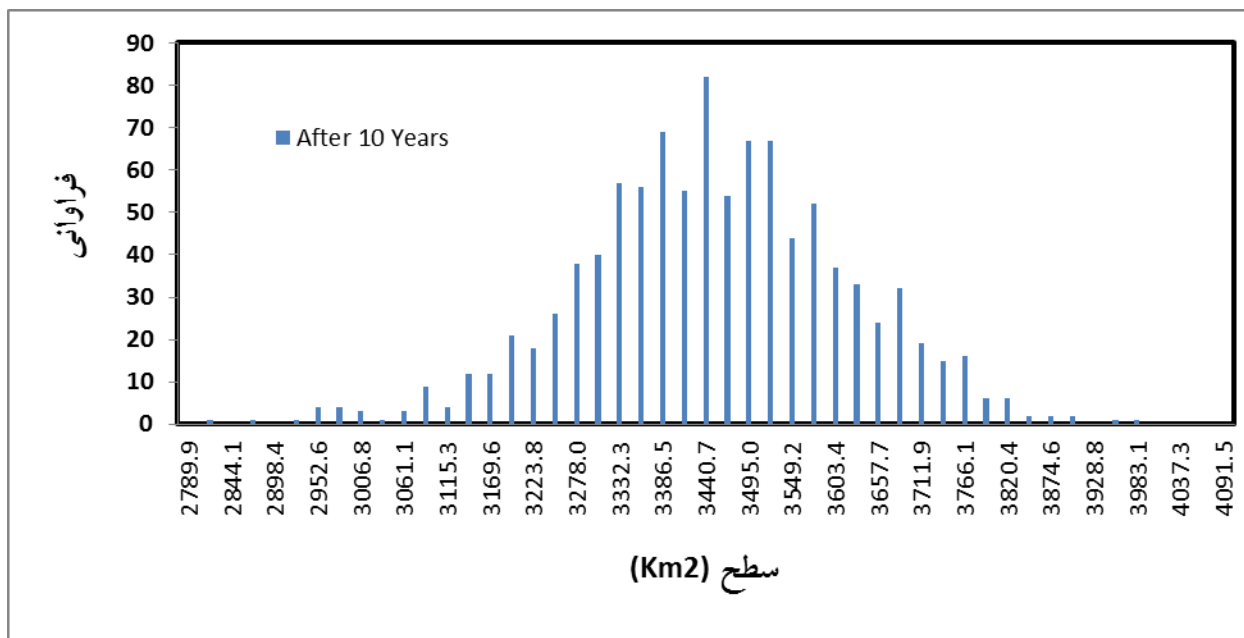
شکل پ ۱-۴: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۱۰ ساله در سناریوی 10_BAU



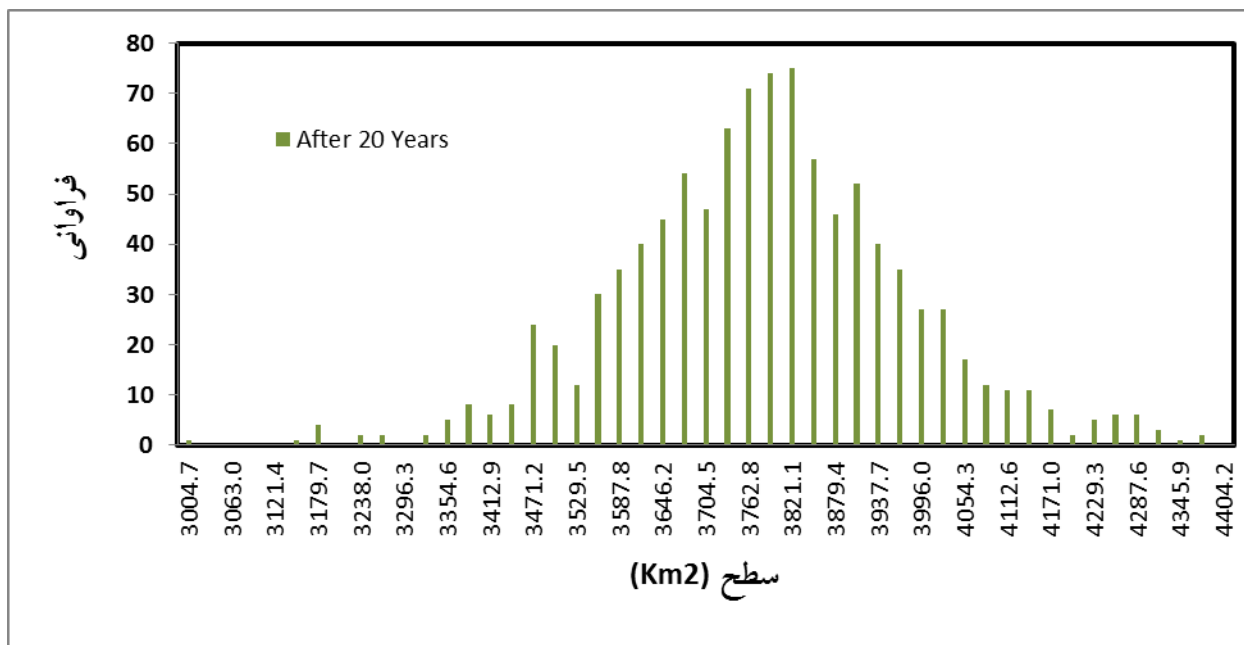
شکل پ ۱-۵: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۲۰ ساله در سناریوی 10_BAU



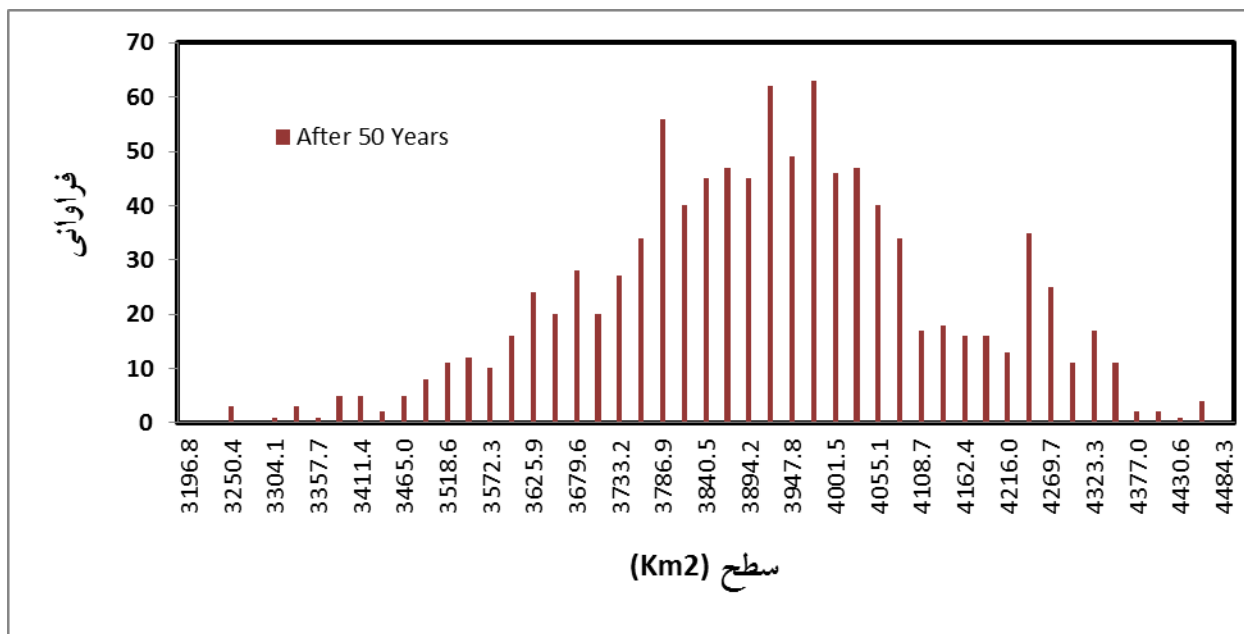
شکل پ ۱-۶: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۵۰ ساله در سناریوی 10_BAU



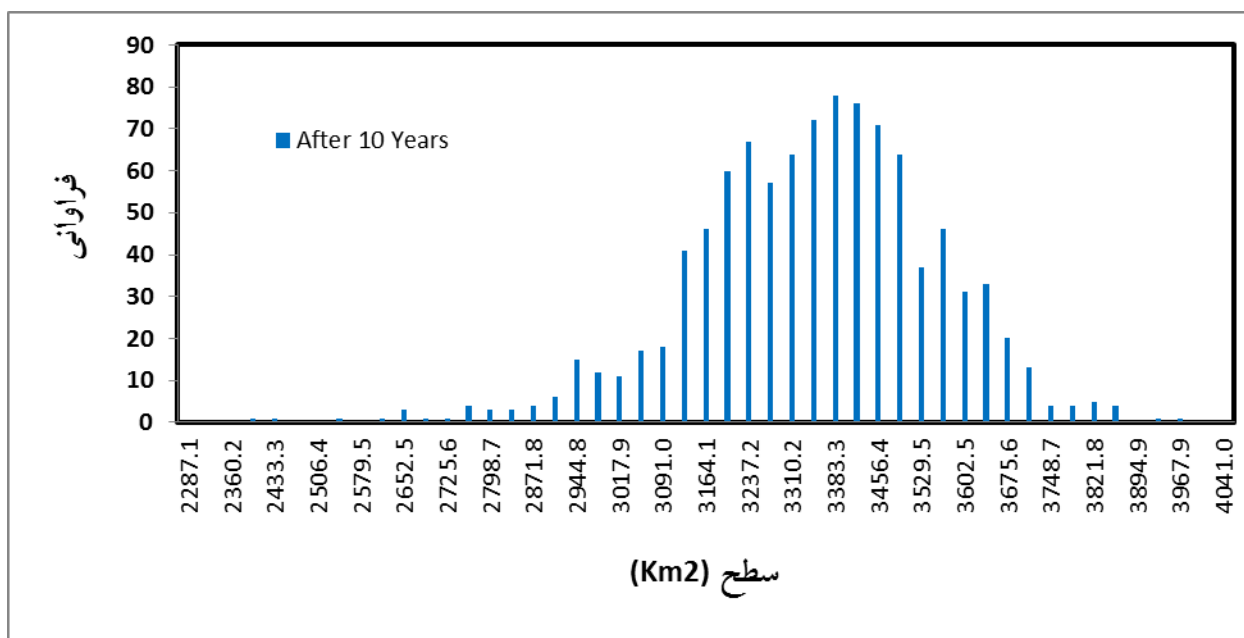
شکل پ ۱-۷: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۱۰ ساله در سناریوی 50_Sc1



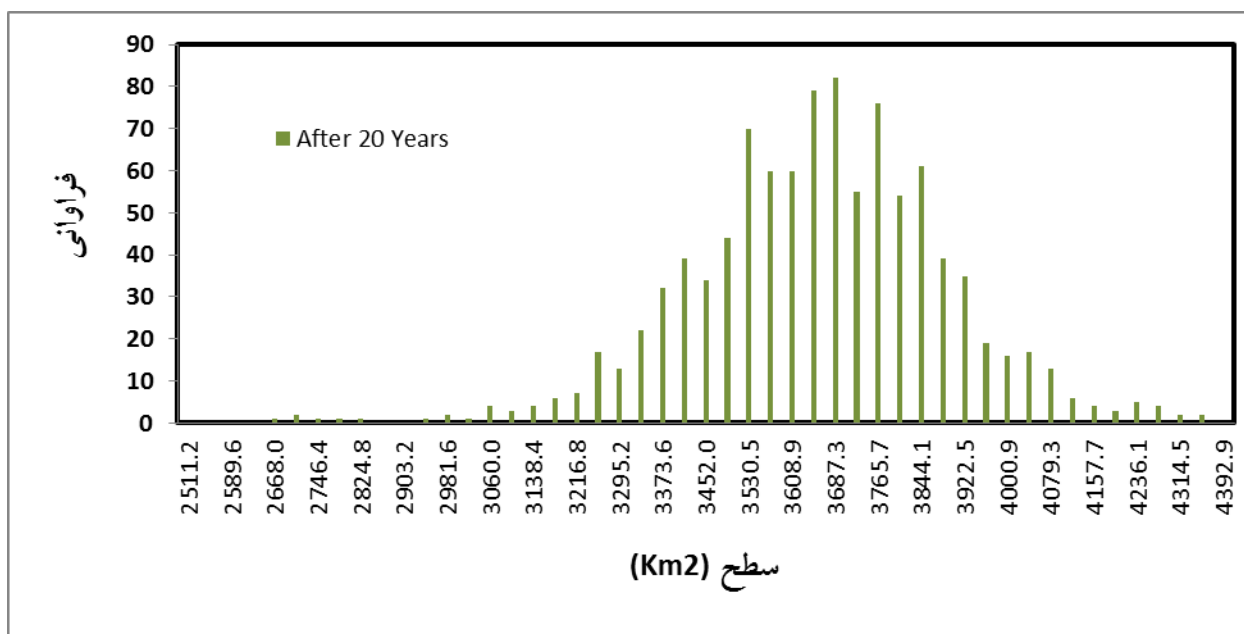
شکل پ ۱-۸: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۲۰ ساله در سناریوی 50_Sc1



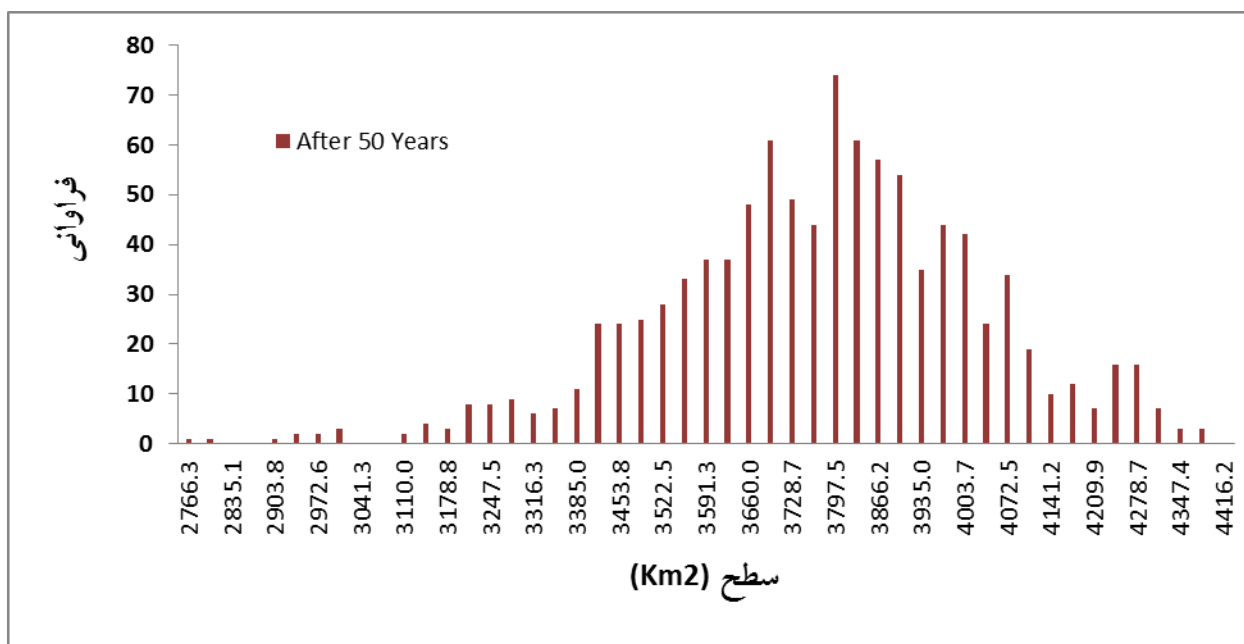
شکل پ ۱-۹: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۵۰ ساله در سناریوی 50_Sc1



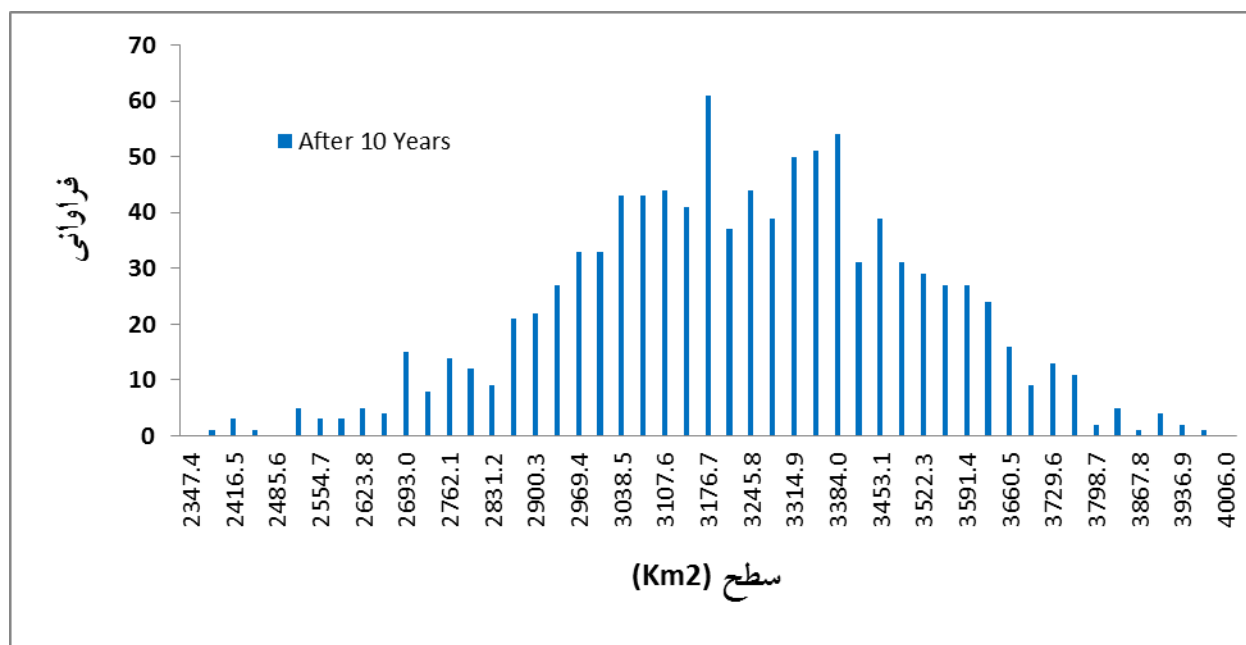
شکل پ ۱-۱۰: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۱۰ ساله در سناریوی 10_Sc1



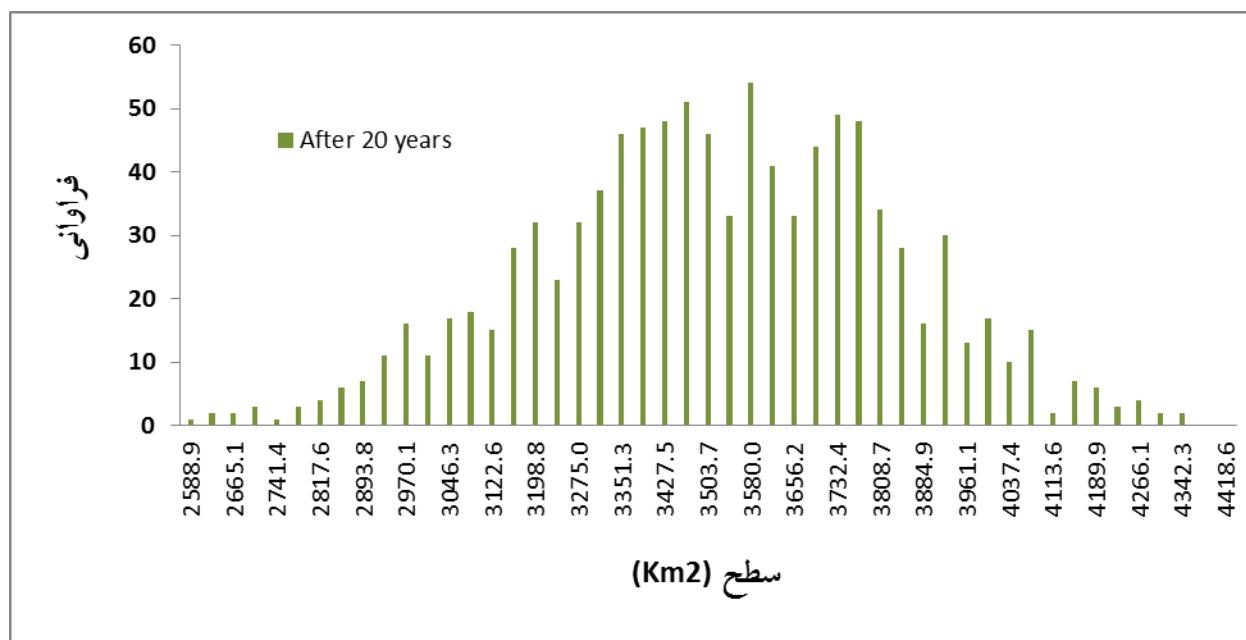
پ ۱-۱۱: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۲۰ ساله در سناریوی 10_Sc1



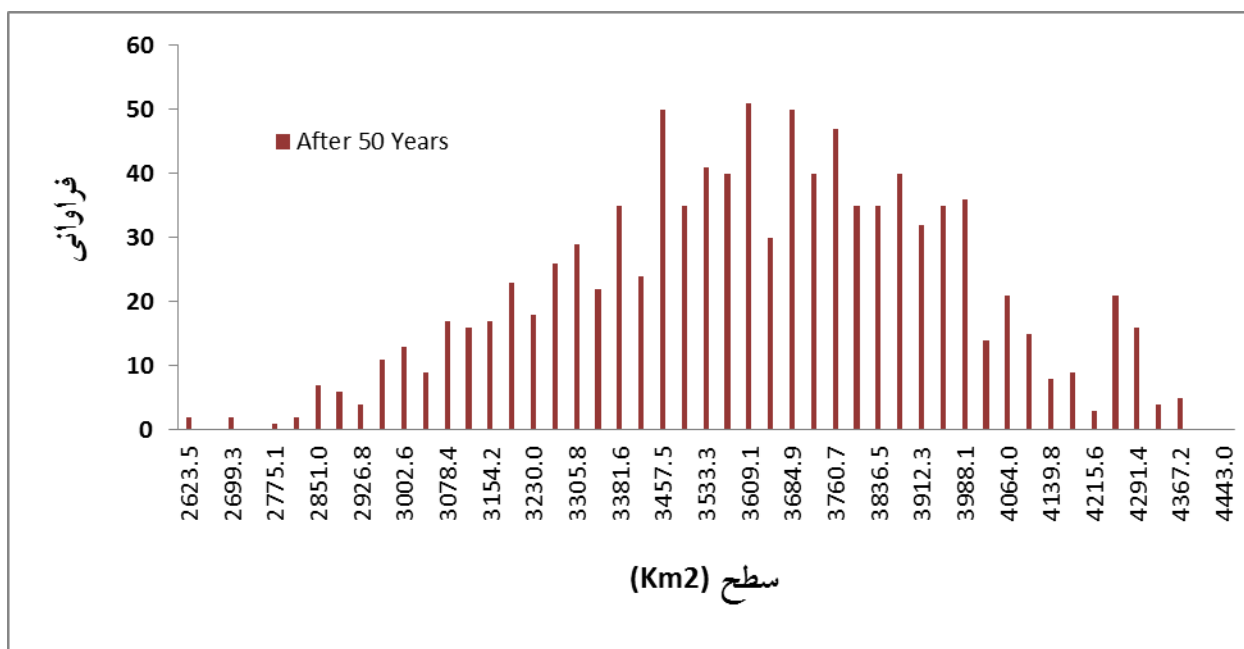
پ ۱-۱۲: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۵۰ ساله در سناریوی 10_Sc1



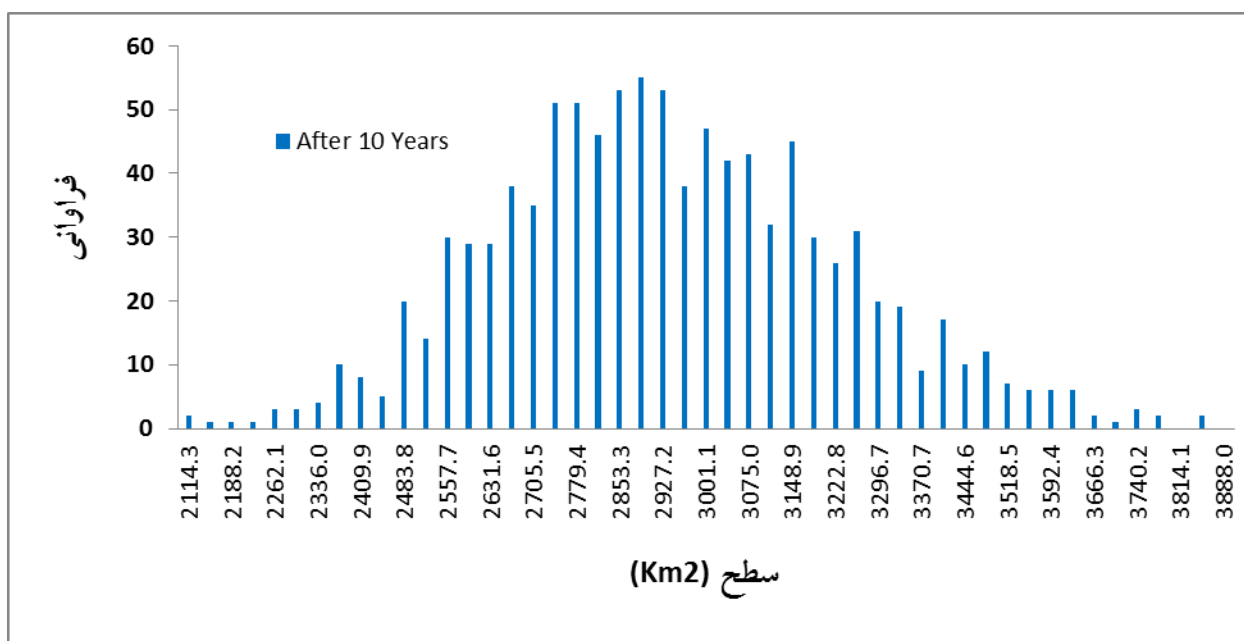
شکل پ ۱-۱۳: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۱۰ ساله در سناریوی 50_Sc2



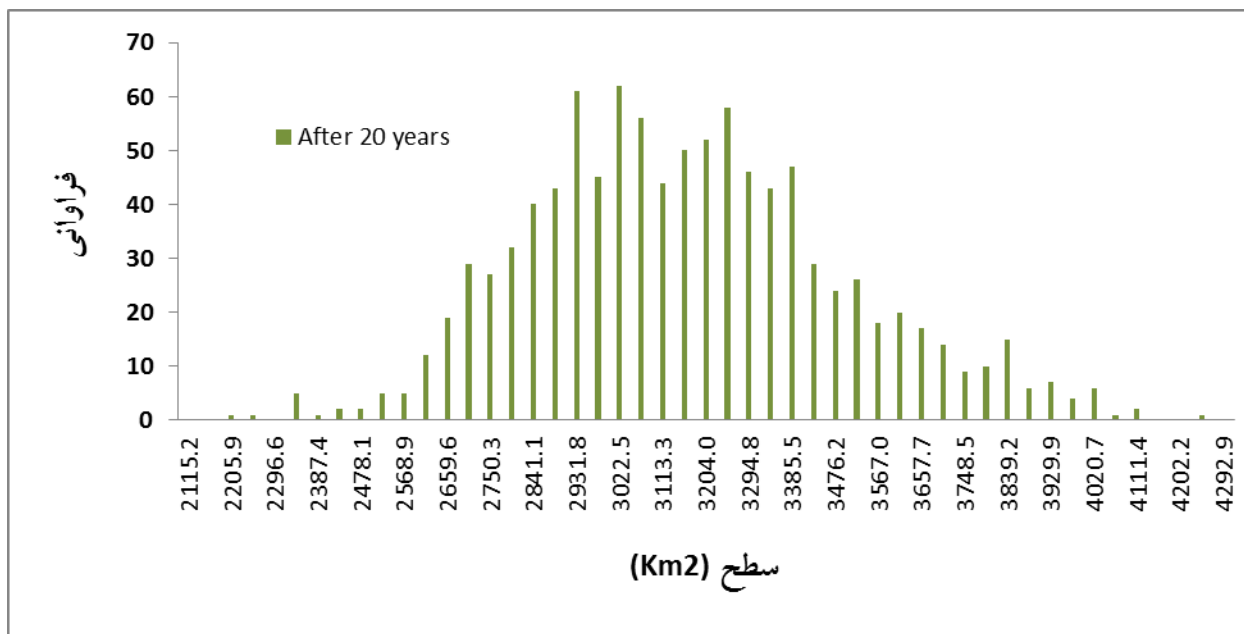
پ ۱-۱۴: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۲۰ ساله در سناریوی 50_Sc2



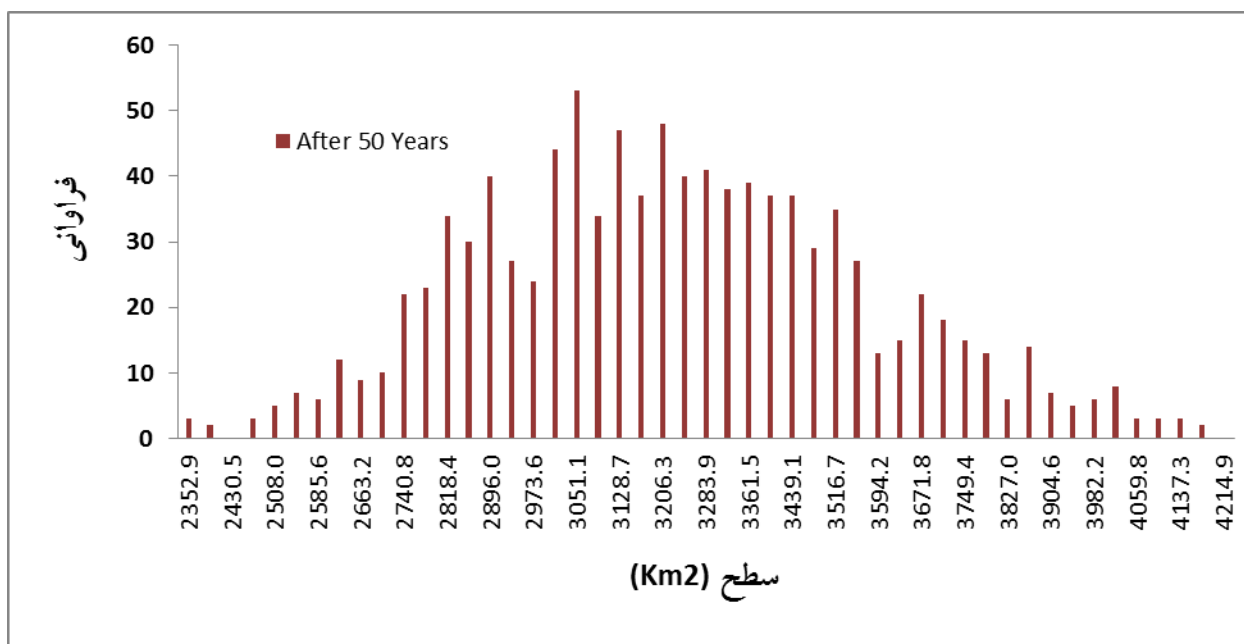
پ ۱-۱۵: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۵۰ ساله در سناریوی 50_Sc2



شکل پ ۱-۱۳: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۱۰ ساله در سناریوی 10_Sc2



پ ۱-۱۴: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۲۰ ساله در سناریوی 10_Sc2



پ ۱-۱۵: هیستوگرام فراوانی مساحت ممکن دریاچه ارومیه در افق ۵۰ ساله در سناریوی 10_Sc2

پیوست ۲

راهنمای نرم افزار UWAP

(Urmia Water allocation Package)

۱- مقدمه

نرم افزار UWAP (Urmia Water allocation Package) به منظور انجام محاسبات تخصیص منابع آب به بخش‌های مختلف مصرف در سیستم‌های رودخانه‌ای حوضه آبریز ارومیه طراحی و توسعه داده شده است. نرم افزار قادر است با توجه به پتانسیل جریان موجود در هر سیستم و تعریف سناریوهای مدیریتی، برآوردی از میزان تخصیص و همچنین سطح خشکسالی مربوطه به کاربر ارائه نماید.

در ادامه به شرح کار با بسته نرم‌افزاری UWAP پرداخته می‌شود. تلاش شده تا بخش‌های مختلف نرم‌افزار با اشکال مناسب، تشریح گردد که برای کاربران استفاده از آن تسهیل شود. در عین حال در منوی برنامه نیز بخش Help گنجانده شده است تا در موارد لازم، کاربر به آن مراجعه نماید.

۲- نوار منو

نوار منو از هفت بخش اصلی شامل: File, Data, Management Scenarios, Run, Results, و Help تشکیل شده است که هر کدام نیز زیر منوی خاص خود را دارد که در شکل پ ۱-۲ قابل مشاهده هستند:



شکل پ ۱-۲: اجزاء منوی نرم افزار UWAP

۱-۲- File - منوی

منوی File در نرم افزار UWAP امکان ایجاد پروژه جدید، ذخیره سازی و همچنین بازکردن پروژه های ایجاد شده قبلی توسط کاربر را فراهم می کند (شکل پ ۲-۲).



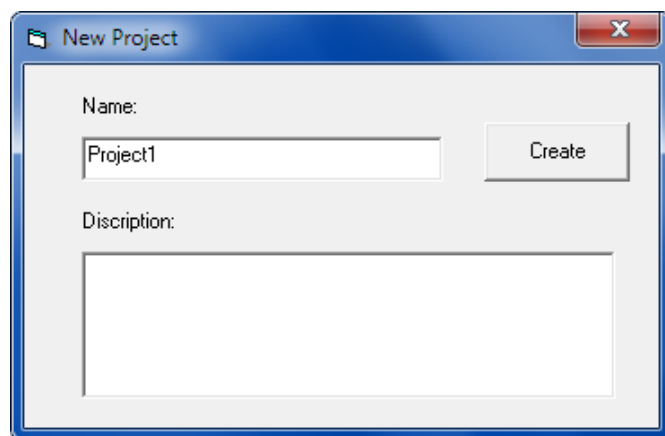
شکل پ ۲-۲: اجزاء زیر منوی File در نرم افزار UWAP

اجزای منوی File شامل موارد زیر می باشد:

New Project: امکان ایجاد پروژه جدید توسط کاربر را فراهم می کند (شکل پ ۲-۳).

Open: امکان باز کردن پروژه‌های ایجاد شده قبلی توسط کاربر را فراهم می‌سازد.

Save و Save as: ذخیره‌سازی پروژه‌های ایجاد شده توسط این منوها انجام می‌گیرد.



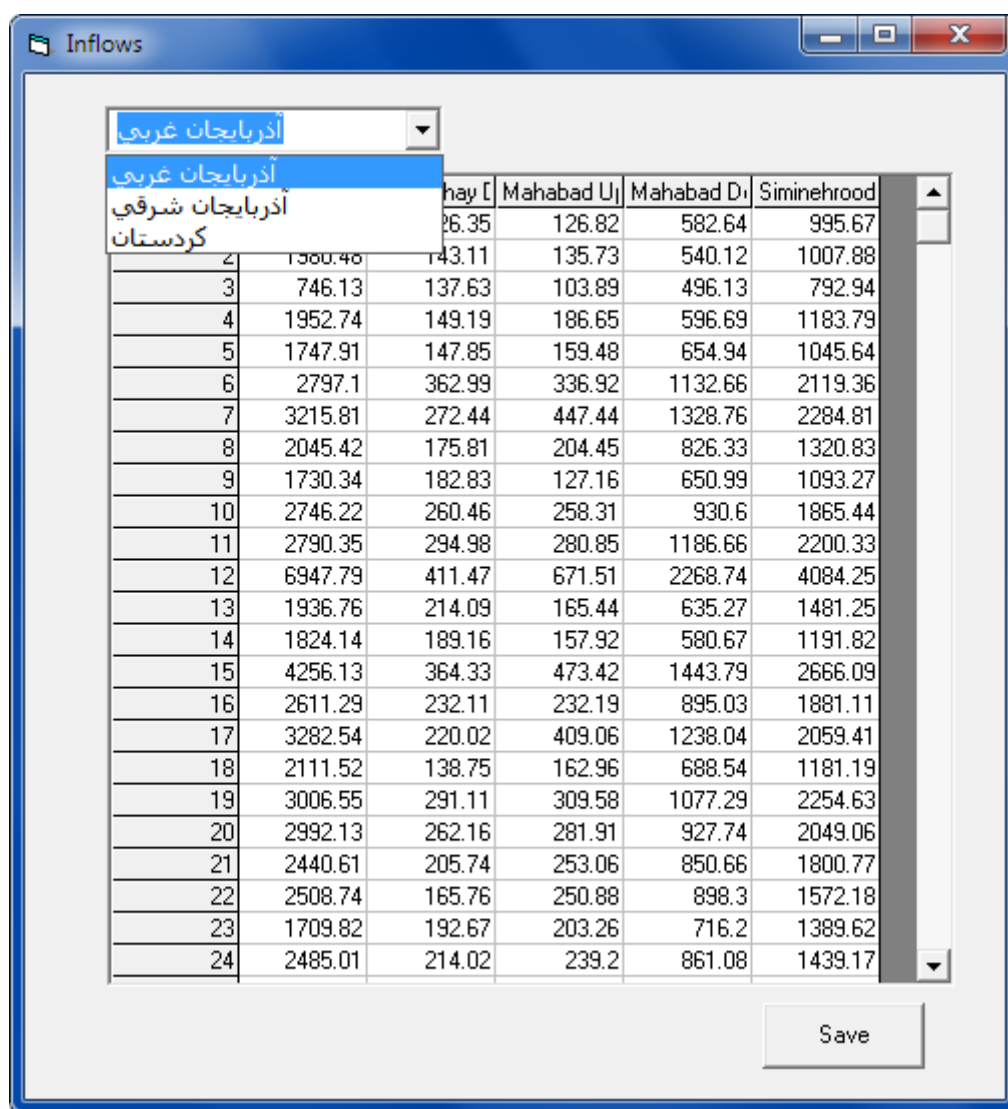
شکل پ ۲-۳: ایجاد پروژه جدید در نرم‌افزار UWAP

۲-۲-۲ Data

ورود و ویرایش اطلاعات مربوط به پتانسیل جریان سیستم‌های رودخانه‌ای موجود در حوضه دریاچه ارومیه و همچنین اطلاعات مصارف به تفکیک شرب و صنعت، کشاورزی و نیاز زیست محیطی دریاچه توسط این منو انجام می‌گیرد. بدین منظور دو زیر منو با نام های Inflows و Consumptions در نظر گرفته شده است که به ترتیب وظیفه ورود و ویرایش اطلاعات جریان رودخانه‌ای و مصارف را برعهده دارند (شکل های پ ۲-۴ و پ ۲-۵).

اطلاعات پیش فرض در زیر منوی Inflows بر اساس آمار ۴۹ ساله پتانسیل آبی حوضه آبریز دریاچه ارومیه می‌باشد و قابلیت ویرایش و ذخیره‌سازی آنها توسط کاربر نیز در پنجره مربوطه در نظر گرفته شده است.

اطلاعات پیش فرض در زیر منوی Consumption نیز بر اساس مصارف آبی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال ۱۳۸۹ در نظر گرفته شده است که در این بخش نیز همانند بخش قبل قابلیت ویرایش و ذخیره سازی آنها توسط کاربر در پنجره مربوطه وجود دارد.



Year	Mahabad Uj	Mahabad D	Siminehrood
2	1360.46	143.11	135.73
3	746.13	137.63	103.89
4	1952.74	149.19	186.65
5	1747.91	147.85	159.48
6	2797.1	362.99	336.92
7	3215.81	272.44	447.44
8	2045.42	175.81	204.45
9	1730.34	182.83	127.16
10	2746.22	260.46	258.31
11	2790.35	294.98	280.85
12	6947.79	411.47	671.51
13	1936.76	214.09	165.44
14	1824.14	189.16	157.92
15	4256.13	364.33	473.42
16	2611.29	232.11	232.19
17	3282.54	220.02	409.06
18	2111.52	138.75	162.96
19	3006.55	291.11	309.58
20	2992.13	262.16	281.91
21	2440.61	205.74	253.06
22	2508.74	165.76	250.88
23	1709.82	192.67	203.26
24	2485.01	214.02	239.2

شکل پ ۲-۴: پنجره ورود و ویرایش اطلاعات پتانسیل جریان

Consumption

ادریایجان غربی

ادریایجان غربی		
ادریایجان شرقی		
کردستان		
۱۵۸	۵۱۲	۴۰۰
شهر چای		
کشاورزی	دریاچه	شرب و صنعت
۱۰۹	۱۱۳	۲۸
بالادست مهاباد		
کشاورزی	دریاچه	شرب و صنعت
۳۵	۲۰	۰
پائین دست مهاباد		
کشاورزی	دریاچه	شرب و صنعت
۱۵۷	۱۰۶	۱۲
رودخانه ها		
کشاورزی	دریاچه	شرب و صنعت
۱۳۳۱	۱۰۷۹	۰

Save

شکل پ ۲-۵: پنجره ورود و ویرایش اطلاعات مصارف

۲-۳- Management Scenarios

تعریف سناریوهای مختلف مدیریتی به منظور تخصیص منابع آب حوضه آبریز ارومیه در بخش‌های شرب و صنعت، کشاورزی و نیاز زیست محیطی دریاچه توسط منوی Management Scenarios انجام می‌گیرد. سناریوهای مدیریتی در هر سیستم رودخانه‌ای به صورت درصد تامین نیازها در شرایط مختلف خشکسالی وارد می‌شود. بدین منظور با توجه به پتانسیل جریان هر سیستم رودخانه‌ای، سطوح خشکسالی در ۴ دسته تعیین شده است و کاربر قادر به مشاهده و ویرایش درصد تامین نیازها در هر سطح خشکسالی می‌باشد. لازم به ذکر

است سناریوهای مدیریتی در تمامی سیستم‌های رودخانه‌ای موجود در حوضه آبریز به تفکیک استانی و نوع مصارف قابل مشاهده و تعریف می‌باشند (شکل پ ۲-۶).

درصد تامین کشاورزی	درصد تامین دریاچه	مد تامین شرب و صنعت	پائین دست زریه رود
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۷۰
۷۳	۱۰۰	۱۰۰	۹۶۰
۴۵	۱۰۰	۱۰۰	۸۵۰
۱۸	۱۰۰	۱۰۰	۷۴۰
۵	۹۰	۱۰۰	۶۳۰
شهر چای			
درصد تامین کشاورزی	درصد تامین دریاچه	مد تامین شرب و صنعت	شهر چای
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۲۵۰
۷۴	۱۰۰	۱۰۰	۲۲۲
۴۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۹۴
۲۳	۱۰۰	۱۰۰	۱۶۶
۱۴	۹۰	۱۰۰	۱۴۰
پالادست مهاباد			
درصد تامین کشاورزی	درصد تامین دریاچه	مد تامین شرب و صنعت	پالادست مهاباد
۱۰۰	۱۰۰	۰	۵۵
۷۴	۱۰۰	۰	۴۶
۴۹	۱۰۰	۰	۳۷
۲۰	۱۰۰	۰	۲۸
۲۰	۹۰	۰	۲۰

شکل پ ۲-۶: مشاهده و تعریف سناریوهای مختلف مدیریتی

۲-۴- Run

اجرای محاسبات مربوط به میزان تخصیص هر سیستم رودخانه‌ای در هر بخش از مصارف توسط منوی Run مطابق شکل پ ۲-۷ انجام می‌شود. در این بخش با توجه به پتانسیل جریان هر سیستم و قرارگیری آن در

سطوح چهارگانه خشکسالی، میزان تخصیص آب به بخش‌های مختلف مصرف با استفاده از مقادیر درصد تامین مربوط به هر سناریوی مدیریتی تعیین می‌گردد.



شکل پ ۲-۷: نوار پیشرفت محاسبات تخصیص منابع آب نرم‌افزار UWAP

۲-۵- Results

پس از انجام محاسبات منوی Results فعال شده و نتایج محاسبات از طریق این منو قابل مشاهده می‌باشد. بدین منظور دو زیرمنوی Water allocation و Drought Levels در نظر گرفته شده است. میزان تخصیص آب به بخش‌های مختلف مصرف تحت سناریوهای مختلف مدیریتی از طریق زیر منوی Water allocation مطابق با شکل پ ۲-۸ قابل رویت می‌باشد. همچنین در پنجره مربوطه کاربر قادر به مشاهده و تحلیل مقادیر تخصیص به تفکیک سیستم رودخانه‌ای طی دوره آماری ورودی به نرم‌افزار می‌باشد.

Form1

آذربایجان غربی

Mahabad Up Stream

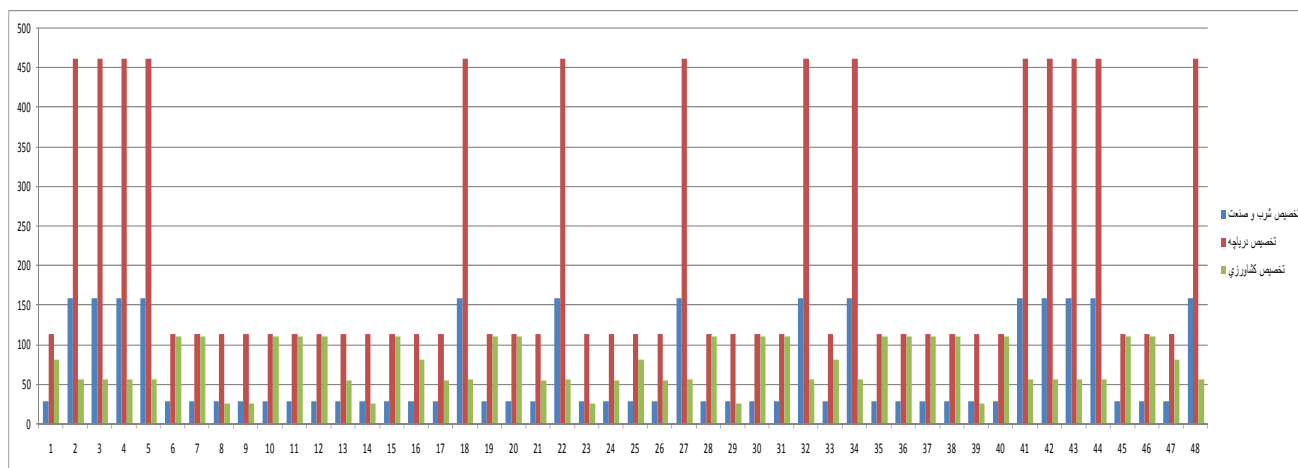
Export to Excel

Draw

سال	پتانسیل جریان (م.م)	سناریوی اول			سناریوی دوم		
		تخصیص تریب و صنعت	تخصیص دریاچه	تخصیص کشاورزی	تخصیص تریب و صنعت	تخصیص دریاچه	تخصیص کشاورزی
۱	۲۲۶.۳۵۳۱۵	۲۸	۱۱۳	۸۰.۶۶	۲۸	۱۰۱.۷	۸۵.۰۳
۲	۱۴۳.۱۱۱۶۴۴	۱۵۸	۴۶۰.۸	۵۶	۲۸	۷۳.۴۵	۱۹.۶۳
۳	۱۳۷.۶۲۷۶۸	۱۵۸	۴۶۰.۸	۵۶	۲۸	۷۳.۴۵	۱۹.۶۳
۴	۱۴۱.۱۸۵۱۷۸	۱۵۸	۴۶۰.۸	۵۶	۲۸	۷۳.۴۵	۴۶.۸۷
۵	۱۴۷.۸۶۹۳۹	۱۵۸	۴۶۰.۸	۵۶	۲۸	۷۳.۴۵	۱۹.۶۳
۶	۳۶۲.۹۹۳۱۵	۲۸	۱۱۳	۱۰۹	۲۸	۱۱۳	۱۰۹
۷	۲۷۲.۴۴۲۳۳	۲۸	۱۱۳	۱۰۹	۲۸	۱۱۳	۱۰۹
۸	۱۷۵.۸۱۲۶۶۳	۲۸	۱۱۳	۲۵.۰۷	۲۸	۷۳.۴۵	۴۶.۸۷
۹	۱۸۲.۸۱۵۵۵	۲۸	۱۱۳	۲۵.۰۷	۲۸	۹۰.۰۴	۶۴.۳۱
۱۰	۲۶۰.۴۵۵۴۶۱	۲۸	۱۱۳	۱۰۹	۲۸	۱۱۳	۱۰۹
۱۱	۲۹۴.۹۸۴۰۲	۲۸	۱۱۳	۱۰۹	۲۸	۱۱۳	۱۰۹
۱۲	۴۱۱.۶۷۹۳۲	۲۸	۱۱۳	۱۰۹	۲۸	۱۱۳	۱۰۹
۱۳	۳۱۴.۰۸۸۸۱	۲۸	۱۱۳	۵۳.۴۱	۲۸	۹۰.۰۴	۶۴.۳۱
۱۴	۱۸۹.۱۶۲۱۹۷	۲۸	۱۱۳	۲۵.۰۷	۲۸	۹۰.۰۴	۶۴.۳۱
۱۵	۳۶۴.۳۲۸۵۸	۲۸	۱۱۳	۱۰۹	۲۸	۱۱۳	۱۰۹
۱۶	۲۳۲.۱۰۷۶۱	۲۸	۱۱۳	۸۰.۶۶	۲۸	۱۰۱.۷	۸۵.۰۳
۱۷	۲۲۰.۰۲۱۹۶	۲۸	۱۱۳	۵۳.۴۱	۲۸	۱۰۱.۷	۸۵.۰۳
۱۸	۱۳۸.۷۳۷۵۶	۱۵۸	۴۶۰.۸	۵۶	۲۸	۷۳.۴۵	۱۹.۶۳
۱۹	۳۹۱.۱۱۲۵۴۶	۲۸	۱۱۳	۱۰۹	۲۸	۱۱۳	۱۰۹
۲۰	۲۶۲.۱۶۹۹۸	۲۸	۱۱۳	۱۰۹	۲۸	۱۱۳	۱۰۹

شکل پ ۲-۸: نمایش نتایج محاسبات تخصیص منابع آب تحت سناریوهای مختلف مدیریتی

قابلیت انتقال خروجی‌های نرم افزار به محیط Excel و همچنین ترسیم نمودار نیز به ترتیب از طریق کلید Export to Excel و Draw فراهم شده است. در شکل زیر نمونه‌ای از نمودارهای ترسیمی توسط نرم‌افزار آورده شده است.



شکل پ ۲-۹: ترسیم نمودار مقادیر تخصیص منابع آب توسط نرم افزار

مشاهده سطوح خشکسالی مربوط به پتانسیل جریان هر سیستم رودخانه‌ای تحت سناریوهای مختلف مدیریتی از طریق منوی Drought Levels امکان‌پذیر است. در شکل پ ۲-۱۰ نمونه‌ای از خروجی‌های نرم‌افزار نشان داده شده است. در این بخش هم مانند بخش قبل، قابلیت انتقال خروجی‌های نرم‌افزار به محیط Excel از طریق کلید Export to Excel فراهم شده است.

Form1

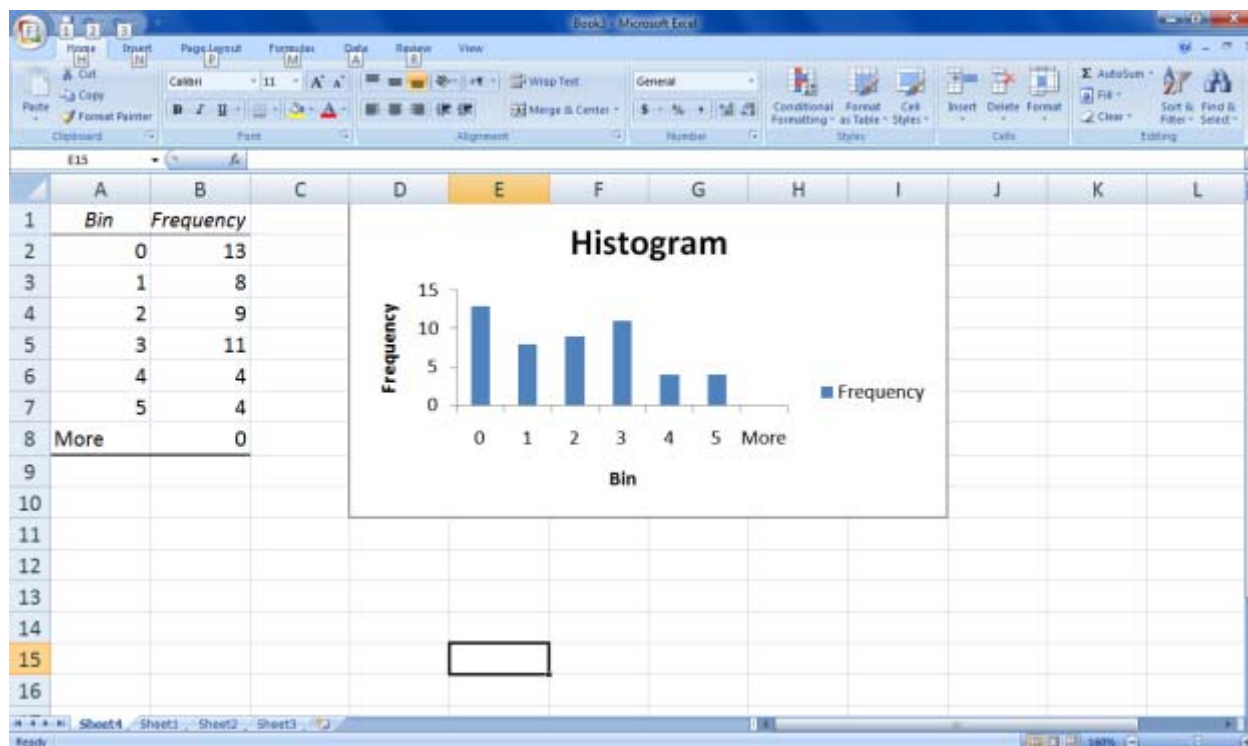
آذربایجان غربی

سناریوی اول						سناریوی دوم			
سال	بالادست زرنه رود	بالادست مهاباد	پایین دست مهاباد	شهر چای	اراندوز چای، روضه چای	بالادست زرنه رود	بالادست مهاباد	پایین دست مهاباد	
۱	۰	۱	۰	۰	۵	۰	۱	۰	
۲	۰	۴	۰	۰	۵	۰	۴	۰	
۳	۳	۵	۰	۰	۵	۰	۴	۰	
۴	۰	۴	۰	۰	۴	۰	۳	۰	
۵	۰	۴	۰	۰	۵	۰	۴	۰	
۶	۰	۰	۰	۰	۳	۰	۰	۰	
۷	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	
۸	۰	۳	۰	۰	۴	۰	۳	۰	
۹	۰	۳	۰	۰	۵	۰	۲	۰	
۱۰	۰	۰	۰	۰	۳	۰	۰	۰	
۱۱	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	
۱۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
۱۳	۰	۲	۰	۰	۴	۰	۲	۰	
۱۴	۰	۳	۰	۰	۴	۰	۲	۰	
۱۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	
۱۶	۰	۱	۰	۰	۳	۰	۱	۰	
۱۷	۰	۲	۰	۰	۲	۰	۱	۰	
۱۸	-	-	-	-	-	-	-	-	

شکل پ ۲-۱۰: نمایش سطوح خشکسالی مربوط به پتانسیل جریان هر سیستم رودخانه‌ای

کلید Draw در این بخش وظیفه تحلیل فراوانی و ترسیم هیستوگرام سطوح خشکسالی در محیط Excel را بر عهده دارد. در شکل زیر نمونه‌ای از این خروجی‌ها نشان داده شده است.

مشاهده نمونه‌ای از راهکارهای تطبیق از طریق سناریوهای کم آبیاری، کاهش سطح کشت و حذف محصولات از طریق این منو فراهم شده است. بدین ترتیب کاربر قادر به مشاهده میزان تخصیص به بخش‌های مختلف مصرف بر اساس راهکارهای تطبیق پیشنهادی برای هر سیستم رودخانه‌ای می‌باشد.



شکل پ ۲-۱۱: تحلیل فراوانی و ترسیم هیستوگرام سطوح خشکسالی در محیط Excel

۶-۲-۲-۲ Help

با استفاده از این منو می‌توان به راهنمای نرم‌افزار دسترسی داشت (Help) و همچنین شرح کلی نرم‌افزار را مشاهده نمود (About).