



دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد

گرایش مهندسی محیط زیست

عنوان

کاربرد روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره به منظور سنجش اثربخشی پروژه‌های احیای تالاب‌ها

جهت تأمین نیاز آب زیست‌محیطی

(مطالعه موردی: دریاچه ارومیه)

نگارنده

حمیدرضا تقوایی نجیب

استاد راهنما

محمد مسعود تجریشی

شهریور ۱۳۹۷

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تقدیم به  
پدر و مادر و همسر عزیزم

## تشکر و قدردانی

پس از حمد و سپاس از درگاه خداوند متعال، بر خود می‌دانم در ابتدا از راهنمایی‌ها و حمایت‌های استاد ارجمندم جناب آقای دکتر محمدمسعود تجریشی که سال‌ها افتخار شاگردی ایشان را داشتم کمال تشکر را داشته باشم. همچنین مراتب سپاس خود را از داوران ارجمند، جناب آقای دکتر رضا مکنون و جناب آقای دکتر محمد راعی که قبول زحمت کردند و رساله این جانب را مورد بررسی قرار دادند، اعلام می‌نمایم. از پدر و مادر عزیزم که سرمایه‌های گران‌قدر و نعمت‌های زندگی من هستند، به خاطر همه فداکاری‌ها و تلاش‌هایی که برای موفقیت من داشتند، صمیمانه سپاس گزارم.

از کلیه کارشناسان محترم ستاد احیای دریاچه ارومیه به‌خصوص جناب آقای دکتر چهره‌نگار، جناب آقای مهندس حاجی مرادی و جناب آقای مهندس فرهمند تقدیر و تشکر می‌نمایم.

از اساتید محترم دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف و به‌طور خاص از جناب آقای دکتر کاشانی که توفیق آموختن دانش را در محضرشان داشتم، تشکر می‌نمایم.

در پایان به‌طور ویژه، از همسر عزیز و مهربانم که با صبوری، همراهی و حمایت‌های بی‌دریغش امکان انجام این پژوهش میسر شد، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

## چکیده

با توجه به نوسانات اقلیمی متعدد و عدم مدیریت درست منابع آبی کشور که در دهه‌های اخیر به وقوع پیوسته، وضعیت برخی از تالاب‌ها بحرانی گشته و ضرورت احیای آن‌ها دوچندان گردیده است. نظر به اهمیت اکوسیستم تالاب‌ها و دشت‌های کشور و تعریف پروژه‌های گسترده جهت حفظ و احیای آن‌ها، سؤالی که همواره ذهن برنامه‌ریزان و آحاد جامعه را درگیر می‌کند، اثربخشی و موفقیت اجرای فعالیت‌های صورت گرفته جهت بهبود شرایط زیست‌محیطی مناطق هدف و نحوه ارزیابی موفقیت راهکارهای اجرایی شده بوده است. دریاچه ارومیه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین زیستگاه‌های طبیعی کشور و جزو ذخیره‌گاه‌های زیستی کره زمین هست. این دریاچه در سالیان اخیر دچار معضلاتی شده است که به‌منظور بهبود وضعیت دریاچه و تأمین نیازهای زیست‌محیطی آن، در حال حاضر بیش از ۱۸۰ پروژه فعال در حوضه آبریز دریاچه در حال اجرا می‌باشند. به‌منظور سنجش میزان اثربخشی و پایداری فعالیت‌ها لازم است ابتدا به تعریف شاخص‌های ارزیابی اثربخشی و یک الگوریتم ارزیاب قابل اطمینان پرداخته شود. برای رسیدن به این الگوریتم، روش‌های مختلفی نظیر مدل‌سازی‌های ریاضی استفاده می‌شوند که راهکار پیشنهادی در این پژوهش، استفاده از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (MCDM) هست.

هدف از انجام این پژوهش یافتن امتیاز اثربخشی و پایداری مجموعه پروژه‌های احیای دریاچه ارومیه می‌باشد تا در ادامه با توجه به محدودیت‌های منابع مالی و زمانی، بتوان مجموعه پروژه‌های با سطح اثربخشی بیشتر و زودبازده‌تر را شناسایی و اولویت‌بندی نمود. همچنین در بخش دوم پژوهش، درصد تحقق اهداف برنامه احیا با استفاده از شاخص‌های تعریف‌شده سنجش موفقیت، محاسبه‌شده است. نتایج این پژوهش در بخش اول شامل تعریف دسته شاخص‌های پیش‌بینی اثربخشی و پایداری و محاسبه امتیاز هر سبد پروژه و محاسبه امتیاز هر یک از آن‌ها با استفاده از روش MCDM می‌باشد. در ادامه برای اولویت‌بندی سبد پروژه‌ها بر مبنای این امتیاز، در نرم‌افزار CPLEX مدل‌سازی صورت گرفته اجرا و بر اساس بودجه‌های مختلف ورودی، لیست پروژه‌های اثربخش استخراج گردید. یکی از دستاوردهای این بخش از پژوهش طراحی و توسعه مدل تخصیص منابع می‌باشد. نتایج بخش دوم نشان می‌دهد با توجه به محاسبه‌صورت گرفته، برنامه احیا با توجه به نقشه راه تعریف‌شده و بودجه اختصاص یافته تاکنون ۲۴ درصد موفقیت داشته است.

**واژگان کلیدی:** اثربخشی، شاخص، معیار، MCDM، موفقیت، دریاچه ارومیه، احیا.

## فهرست مطالب

۱	مقدمه و بیان ضرورت مسئله.....	۲
۱-۱	اهداف تحقیق .....	۹
۲-۱	سؤالات اصلی تحقیق .....	۱۰
۳-۱	مفروضات .....	۱۰
۴-۱	ساختار گزارش .....	۱۱
۲	مبانی، مرور ادبیات و تحقیقات پیشین .....	۱۳
۱-۲	مقدمه .....	۱۳
۲-۲	مطالعات پیشین .....	۱۴
۳-۲	مطالعات مشابه صورت گرفته در منطقه مطالعاتی منتخب .....	۱۵
۴-۲	جمع‌بندی مطالب فصل .....	۱۷
۳	شناخت منطقه مورد مطالعه و پروژه احیای دریاچه .....	۱۹
۱-۳	منطقه مورد مطالعه .....	۱۹
۱-۱-۳	توپوگرافی و زیر حوضه‌های حوضه آبریز منطقه .....	۲۲
۲-۱-۳	جمعیت‌شناسی منطقه .....	۲۵
۳-۱-۳	وضعیت اقتصادی معیشتی منطقه .....	۲۷
۲-۳	وضعیت بارش منطقه .....	۲۸
۳-۳	پروژه احیای دریاچه .....	۳۰
۱-۳-۳	مقدمه .....	۳۰
۲-۳-۳	تشریح وضعیت دریاچه و عوامل خشکی آن .....	۳۲
۳-۳-۳	برنامه احیای دریاچه .....	۳۶
۴-۳	جمع‌بندی فصل .....	۴۰
4	روش‌شناسی انجام پژوهش .....	۴۲
۱-۴	بیان مبانی، مفاهیم و پیش‌فرض‌ها .....	۴۲
۲-۴	پیش‌بینی میزان اثربخشی و پایداری .....	۴۳
۱-۲-۴	تیپ‌بندی پروژه‌های اجرایی در قالب سبد پروژه .....	۴۴
۲-۲-۴	سبد پروژه‌های ورودی به مدل .....	۴۴

۳-۲-۴	استخراج شاخص ها و وزن دهی آن ها با بهره گیری از روش های تصمیم گیری چندمعیاره ... ۵۸
۴-۲-۴	معرفی فرم ها، شاخص ها و معیارهای ارزیابی ..... ۵۹
۵-۲-۴	بررسی نرم افزار مدل ..... ۶۶
۶-۲-۴	یکسان سازی متغیر تابع هدف ..... ۶۸
۳-۴	سنجش موفقیت برنامه احیا ..... ۷۰
۱-۳-۴	شاخص های اندازه گیری موفقیت برنامه احیا ..... ۷۱
۲-۳-۴	الگوریتم تحلیل موفقیت ..... ۹۱
۴-۴	جمع بندی مطالب فصل ..... ۹۳
۵	نتایج پژوهش و تحلیل آن ..... ۹۵
۱-۵	بخش اول: سنجش اثربخشی و انتخاب پروژه های اولویت دار ..... ۹۵
۱-۱-۵	سناریوهای تخصیص منابع ..... ۹۶
۲-۱-۵	تحلیل نتایج بخش اول پژوهش ..... ۱۰۸
۲-۵	بخش دوم ..... ۱۲۳
۱-۲-۵	نتایج بخش دوم پژوهش ..... ۱۲۳
۲-۲-۵	تحلیل نتایج بخش دوم پژوهش ..... ۱۲۹
۶	جمع بندی مطالب، نتیجه گیری و ارائه پیشنهادها ..... ۱۳۳
۱-۶	مرور و جمع بندی مطالب ..... ۱۳۳
۲-۶	نتیجه گیری ..... ۱۳۴
۳-۶	ارائه پیشنهادها ..... ۱۳۵
منابع و ماخذ	..... ۱۳۷
۷	پیوست ها ..... ۱۴۳
۱-۷	راهکارهای مصوب برنامه احیای دریاچه ارومیه ..... ۱۴۳
۲-۷	فرم های پرسش نامه ..... ۱۴۵

## فهرست جداول

- جدول ۱-۳ وضعیت جمعیت حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال ۱۳۸۵ (فاطمی، ۱۳۹۵) ..... ۲۵
- جدول ۲-۳ جمعیت روستایی و شهری استان‌های حوضه آبریز در سال ۱۳۹۵ (مرکز آمار ایران) ..... ۲۶
- جدول ۱-۴ اطلاعات سبد پروژه‌های جمع‌آوری و تصفیه فاضلاب و انتقال پساب به ..... ۴۵
- جدول ۲-۴ پروژه‌های سبد پروژه‌های تثبیت ریزگرد اطراف دریاچه ارومیه (سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری، ۱۳۹۷) ..... ۴۸
- جدول ۳-۴ پروژه‌های سبد پروژه احیای اکولوژیک و تثبیت ریزگرد بستر جنوبی دریاچه ..... ۵۰
- جدول ۴-۴ اطلاعات پایه سبد پروژه‌های اجرایی ..... ۵۹
- جدول ۵-۴ جدول راهنمای تکمیل فرم‌های وزن دهی ..... ۶۰
- جدول ۶-۴ روزهای آلودگی هوای منطقه مورد مطالعه به ذرات گردوغبار (معاونت محیط زیست انسانی سازمان حفاظت محیط زیست) ..... ۷۶
- جدول ۱-۵ وزن شاخص‌های محاسبه اثربخشی و پایداری سبد پروژه‌های اجرایی ..... ۹۵
- جدول ۲-۵ تخصیص منابع به پروژه‌ها بر اساس بودجه ۳۰۰۰ میلیارد ریال ..... ۹۶
- جدول ۳-۵ تخصیص منابع به پروژه‌ها بر اساس بودجه ۱۰۰۰۰ میلیارد ریال ..... ۹۹
- جدول ۴-۵ تخصیص منابع به پروژه‌ها بر اساس بودجه ۲۳۰۰۰ میلیارد ریال ..... ۱۰۱
- جدول ۵-۵ تخصیص منابع به پروژه‌ها بر اساس بودجه ۵۰۰۰۰ میلیارد ریال ..... ۱۰۳
- جدول ۶-۵ تخصیص منابع به پروژه‌ها بر اساس بودجه ۸۶۰۰۰ میلیارد ریال ..... ۱۰۶
- جدول ۷-۵ نتایج خروجی مدل برای بودجه ۳ هزار میلیارد ریالی با فرض ورود امتیاز اثربخشی تقریبی ... ۱۰۹
- جدول ۸-۵ نتایج خروجی مدل برای بودجه ۱۰ هزار میلیارد ریالی با فرض ورود امتیاز اثربخشی تقریبی .. ۱۱۱
- جدول ۹-۵ نتایج خروجی مدل برای بودجه ۲۳ هزار میلیارد ریالی با فرض ورود امتیاز اثربخشی تقریبی .. ۱۱۳
- جدول ۱۰-۵ وزن شاخص‌های تقریبی ورودی به مدل به منظور صحت سنجی و تحلیل حساسیت ..... ۱۱۶
- جدول ۱۱-۵ اوزان شاخص‌های ارزیابی اثربخشی و پایداری پروژه‌ها با تغییرات گسترده ..... ۱۱۷
- جدول ۱۲-۵ خروجی مدل در سناریو تغییرات گسترده در وزن شاخصها با بودجه ۳۰۰۰ میلیارد ریالی ..... ۱۱۷
- جدول ۱۳-۵ خروجی مدل در سناریو تغییرات گسترده در شاخصها با اعتبار ۱۰۰۰۰ میلیارد ریالی ..... ۱۱۹
- جدول ۱۴-۵ خروجی مدل در سناریو تغییرات گسترده در شاخصها با اعتبار ۲۳ هزار میلیارد ریالی ..... ۱۲۱
- جدول ۱۵-۵ نتایج ارزیابی موفقیت برنامه احیا ..... ۱۲۵
- جدول ۱-۶ جمع بندی سناریوهای تخصیص و اثربخشی دریافتی ..... ۱۳۳
- جدول ۱-۷ فرم وزن دهی دسته شاخص‌های ارزیابی اثربخشی سبد پروژه‌ها ..... ۱۴۵



- جدول ۲-۷ فرم امتیازدهی شاخصهای کیفی سبد پروژه های اجرایی ..... ۱۴۶
- جدول ۳-۷ فرم وزن دهی شاخصهای سنجش موفقیت اجرای برنامه احیا ..... ۱۴۹
- جدول ۴-۷ نمونه فرم امتیازدهی شاخصهای داخل دسته شاخص ..... ۱۴۹

## فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ تغییرات تراز دریاچه ارومیه در بازه سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۹۶ ..... ۵
- شکل ۲-۱ شمای کلی احیای تالاب و نقاط مورد هدف پژوهش ..... ۹
- شکل ۱-۳ موقعیت حوضه آبریز دریاچه ارومیه در نقشه سیاسی کشور (ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۴) ۱۹
- شکل ۲-۳ نقشه توپوگرافی حوضه آبریز دریاچه ارومیه (کارگروه زمین شناسی ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۳) ..... ۲۳
- شکل ۳-۳ زیر حوضه‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه ..... ۲۴
- شکل ۴-۳ نقشه تقسیم‌بندی قومیتی ایران ..... ۲۷
- شکل ۵-۳ نمودار مقایسه‌ای درآمد سرانه میانگین کشور با استان‌های آذربایجان غربی و شرقی (فاطمی، ۱۳۹۵) ..... ۲۸
- شکل ۶-۳ سبد درآمدی خانوار در حوضه آبریز دریاچه ارومیه در سال ۱۳۸۵ (فاطمی، ۱۳۹۵) ..... ۲۸
- شکل ۷-۳ نمودار میانگین بارش ماهانه ده ساله حوضه آبریز دریاچه ارومیه ..... ۲۹
- شکل ۸-۳ نمودار میله‌ای بارش سالانه حوضه آبریز دریاچه ارومیه ..... ۳۰
- شکل ۹-۳ نوسانات تراز دریاچه ارومیه و دریاچه‌های پیرامون ..... ۳۳
- شکل ۱۰-۳ نمونه‌ای از توفان‌های غبار برخاسته از بستر به‌جای مانده از خشک شدن دریاچه Owens در ایالات متحده (مرکز سنجش از دور، ۱۳۹۶) ..... ۳۵
- شکل ۱۱-۳ فلامینگو مهاجر آغشته به نمک دریاچه ارومیه (ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۴) ..... ۳۶
- شکل ۱۲-۳ گوزن زرد ایرانی خارج‌شده در بستر دریاچه (ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۴) ..... ۳۶
- شکل ۱۳-۳ نمودار سالانه پیش‌بینی دستیابی به تراز برنامه احیا (ستاد احیای دریاچه ارومیه ۱۳۹۶) ..... ۳۹
- شکل ۱۴-۳ برنامه عملیاتی سالانه تحویل آب به دریاچه ارومیه از منابع مختلف (ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۶) ..... ۴۰
- شکل ۱-۴ نقشه موقعیت تصفیه خانه های شهرهای منتخب در اطراف دریاچه ارومیه ..... ۴۷
- شکل ۲-۴ نقشه سبد پروژه های تیبیت ریزگرد اطراف دریاچه ارومیه ..... ۴۹
- شکل ۳-۴ نقشه تقسیم بندی سبد پروژه های صرفه جویی مصرف آب کشاورزی ..... ۵۸
- شکل ۴-۴ طبقه بندی دسته شاخهای امتیازدهی اثربخشی و پایداری سبد پروژه ها ..... ۶۱
- شکل ۵-۴ شماتیک مراحل انجام پژوهش در بخش اول (طراحی و توسعه مدل سنجش موفقیت و پایداری پروژه های احیای تالاب) ..... ۷۰

شکل ۴-۶ پراکنش احتمالی گردوغبار در صورت عدم انجام اقدامات مناسب (ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۴).....	۷۴
شکل ۴-۷ ایجاد رخدادهای گردوغبار در بستر دریاچه ارومیه (مرکز سنجش از دور، ۱۳۹۶).....	۷۵
شکل ۴-۸ شناسایی وقوع رویدادهای گردوغبار با منشأ دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره ای.....	۷۷
شکل ۴-۹ وضعیت چشم اندازهای دریاچه ارومیه.....	۷۹
شکل ۴-۱۰ نوارهای اندازه گیری تراز دریاچه و بستر آن (دی ماه ۹۶).....	۸۰
شکل ۴-۱۱ مکانهای امکان استفاده از قایق های تفریحی در تراز حداقل.....	۸۱
شکل ۴-۱۲ تصویر ماهواره ای دریاچه ارومیه در تراز بیشینه سال ۷-۹۶.....	۸۳
شکل ۴-۱۳ تصاویر سطح دریاچه در تراز ۱،۱۲۷۴.....	۸۴
شکل ۴-۱۴ سطح مرطوب دریاچه در تراز ۸۶،۱۲۷۰.....	۸۴
شکل ۴-۱۵ امواج تابشی خورشید و وضعیت عبور آنها از لایه ازن.....	۸۶
شکل ۴-۱۶ میزان درگیری بخشهای مختلف چشم با بیماری آب مروارید در یک بیمار.....	۸۷
شکل ۴-۱۷ نمودار بیان رابطه تعداد مبتلایان به بیماری آب مروارید در میزان تشعشعات مختلف.....	۸۷
شکل ۴-۱۸ نقشه های تبیین میزان ابتلا به آسم در شرق دریاچه ارومیه ۹۴-۹۲ (کارگروه مخاطرات سلامت ستاد احیاء، ۱۳۹۵).....	۸۸
شکل ۴-۱۹ فلوجارت محاسبه و ارزیابی موفقیت برنامه احیا.....	۹۲
شکل ۵-۱ نمودار بودجه-اثربخشی (آبی) و بودجه-آب تحویلی (نارنجی) بر اساس سناریوهای مختلف تخصیص.....	۱۰۹
شکل ۵-۲ وضعیت امتیاز کسب شده برنامه احیای دریاچه ارومیه تا پایان سال چهارم احیا.....	۱۲۹

# فصل اول

## مقدمه

## ۱ مقدمه و بیان ضرورت مسئله

تخریب زیستگاه‌های طبیعی فرایندی است که در دهه‌های اخیر در کره زمین قابل مشاهده است. افزایش جمعیت، به هم خوردن ساختارهای سنتی و بی‌توجهی به فرایند توسعه پایدار، در بسیاری از نقاط جهان شرایط ناگواری به وجود آورده که حیات در کره زمین را با بحران‌های بزرگی روبرو ساخته است. افزایش دمای کره زمین<sup>۱</sup>، نابودی جنگل‌ها و مراتع و بیابان‌زایی، پایداری و تاب‌آوری زمین و حیات موجودات و زندگی انسان را به کلی تحت تأثیر و دستخوش تغییرات قرار داده است. این شرایط ناشی از سه علت عمده نشأت گرفته است: گسترش صنعت و آسان‌تر شدن بهره‌برداری از منابع محدود کره زمین؛ تمایل صاحبان قدرت سیاسی و اقتصادی به بهره‌برداری‌های زودبازده و ناآگاهی مردم، مسئولان و بنگاه‌های اقتصادی از تأثیرات سوء رفتار با طبیعت. (ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۴)

تالاب‌ها، از غنی‌ترین و مهم‌ترین زیستگاه‌های طبیعی هستند که بر محیط پیرامون خود اثرگذارند و از آن محیط نیز متقابلاً تأثیر می‌پذیرند. ارزش اکولوژیک تالاب‌ها ۱۰ برابر جنگل‌ها و ۲۰۰ برابر زمین‌های زراعی برآورد می‌شود و ارزش مادی هر هکتار تالاب بین ۸ تا ۲۱ هزار دلار عنوان شده است. (هادیان پور، ۱۳۹۱) با توجه به علل مختلف نظیر پدیده گرمایش جهانی، فعالیت‌های انسانی، تغییر زیست‌بوم منطقه و سایر عوامل دخیل، اکنون وضعیت بخش معتابیهی از تالاب‌ها در سرتاسر جهان در حالت بحرانی قرار دارد. دریاچه ارومیه، بیست و پنجمین دریاچه بزرگ دنیا و بزرگ‌ترین دریاچه شور ایران و چهارمین آن‌ها در سطح بین‌المللی از نظر وسعت هست. دریاچه ارومیه با مساحت بیش از ۵۰۰۰ کیلومتر مربع، دریاچه‌ای وسیع با شوری زیاد است که در شمال غرب ایران و بین استان‌های آذربایجان غربی و شرقی واقع شده است. داده‌های ثبت شده نشان از این می‌دهند که دهه اخیر نوسانات اقلیمی به وقوع پیوسته و بارش‌ها نسبت به دهه‌های اخیر گذشته مقداری کاهش داشته است. در کنار این نکته، افزایش بی‌رویه استفاده از منابع سطحی و زیرسطحی حوضه آبریز فوق و گرم‌تر شدن دمای هوا و به تبع آن افزایش تبخیر از سطح دریاچه، عوامل اصلی بحرانی شدن وضع کنونی دریاچه ارومیه را تشکیل می‌دهند.

ایجاد و نگهداری از رژیم مناسب آب به عنوان مهم‌ترین موضوع مدیریتی برای اغلب تالاب‌ها مطرح است. فعالیت‌های انسانی می‌توانند منجر به افزایش و یا کاهش غرقاب شدن و ایجاد تغییرات در رژیم فصلی غرقابی

---

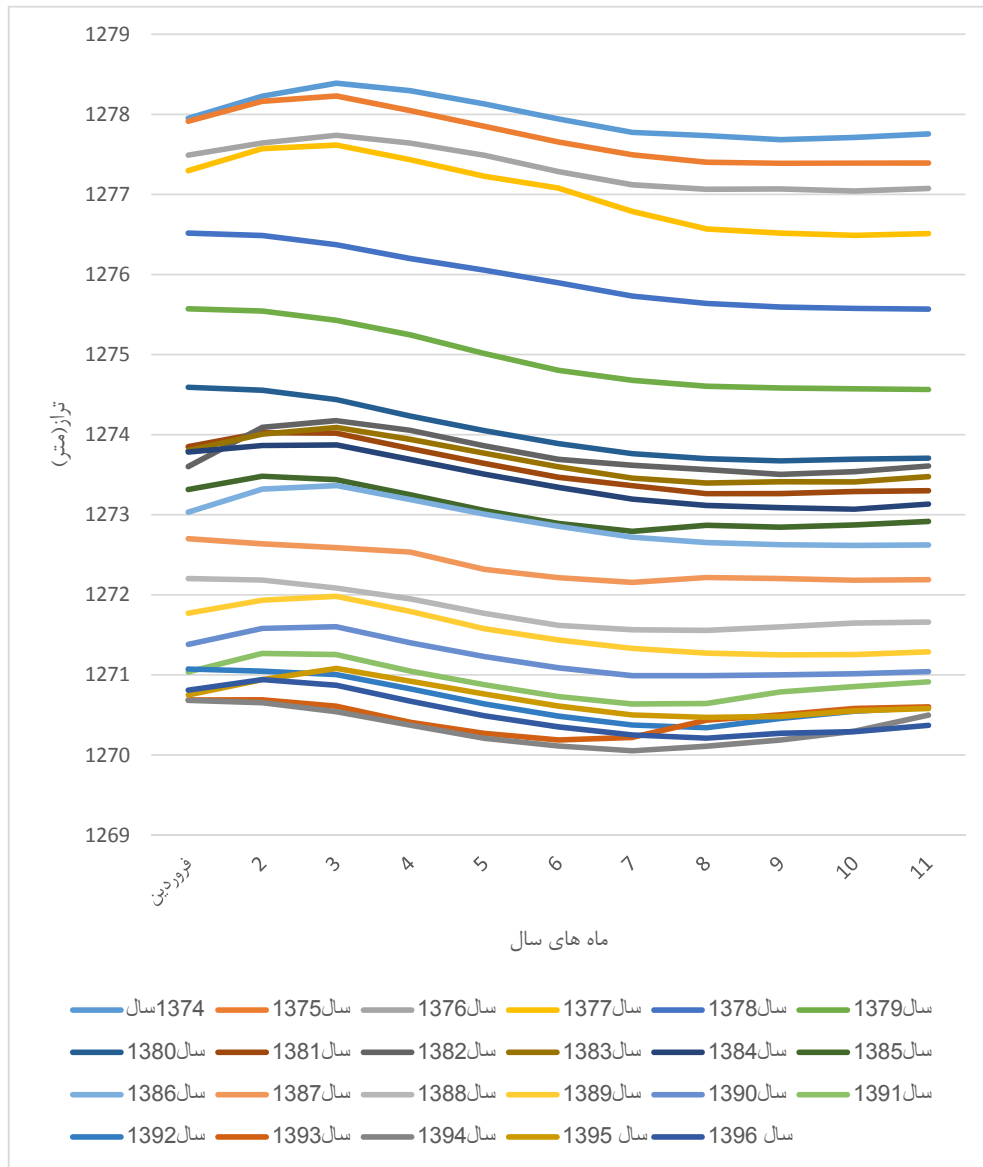
<sup>۱</sup> Global warming

تالاب‌ها شوند. بنابراین شناسایی و تخصیص نیاز آب زیست‌محیطی تالاب‌ها نقش مؤثری در حفاظت از عملکردهای اکوسیستم خواهد داشت. کنوانسیون بین‌المللی تالاب‌ها تخصیص آب زیست‌محیطی تالاب‌ها را به صورت زیر تعریف می‌کند: "کمیت و کیفیت آب مورد نیاز برای حفظ یک ویژگی اکولوژیکی منابع آب که عملکردهای تالاب مدنظر را به صورت پایداری حفظ کند." (سیما، ۱۳۸۵)

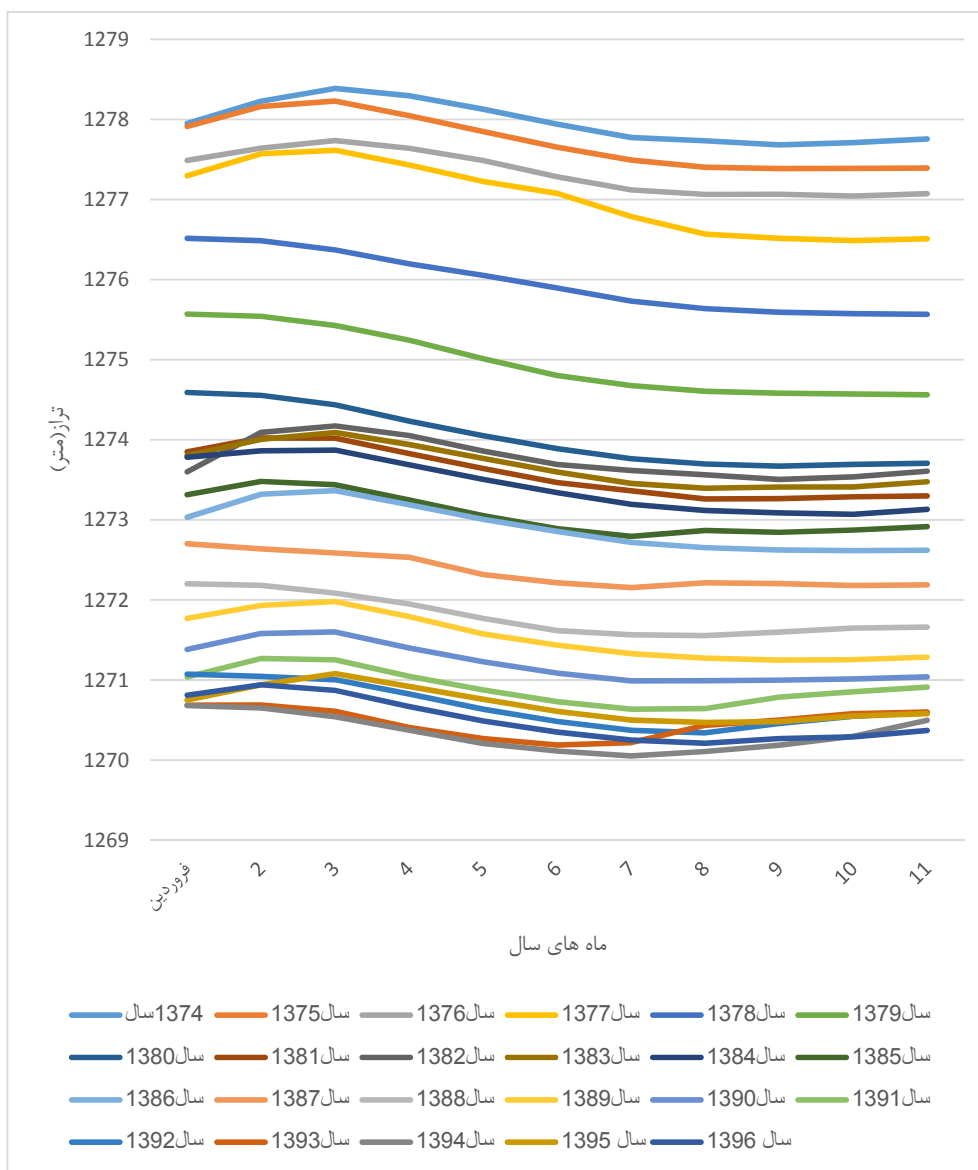
دریاچه ارومیه یکی از مهم‌ترین تالاب‌های ایران است که از سال ۱۳۵۴ در لیست تالاب‌های بااهمیت کنوانسیون رامسر و جزو مناطق دارای اهمیت برای پرندگان ثبت شده است. به موجب این کنوانسیون، ایران به استفاده معقول از دریاچه ارومیه متعهد شده است. (قوام آبادی، ۱۳۹۲) این دریاچه یکی از مهم‌ترین و باارزش‌ترین اکوسیستم‌های آبی ایران است که در دهه ۵۰ شمسی به عنوان پارک ملی و در سال ۱۳۵۵، به عنوان ذخیره گاه بیوسفر از سوی سازمان یونسکو اعلام شد. (عباسپور، ۱۳۹۴) دریاچه ارومیه نسبتاً جوان است. این دریاچه بعد از آخرین فعالیت یخچالی و بر اثر فعالیت‌های تکتونیکی به صورت فعلی درآمده است. (لک، ۱۳۹۵)

نوسانات رقوم سطح آب دریاچه در سری تاریخی بین ۱۲۷۰ تا ۱۲۷۸ متر از سطح دریا و نوسانات رقوم غلظت نمک در سری تاریخی بین ۲۵۰ تا ۳۷۰ گرم بر لیتر بوده است. در اطراف دریاچه ارومیه تعداد ۱۶ تالاب با وسعت‌های ۵ تا ۱۲۰۰ هکتار (که بعضی خشک شده‌اند) وجود دارد که اکثراً "دارای آب شیرین و یا شور و شیرین بوده و از ارزش اکوسیستمی بالایی برخوردار هستند. (گزارش افق کشاورزی

ستاداحیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۴) نمودار تغییرات تراز در بازه زمانی سال‌های ۱۳۷۴ الی ۱۳۹۶ در



شکل ۱-۱ قابل مشاهده می باشد.



شکل ۱-۱ تغییرات تراز دریاچه ارومیه در بازه سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۹۶

مطالعات نشان می‌دهد که خطرهای جدی اکوسیستم دریاچه ارومیه را تهدید می‌کند و علائمی مبنی بر کاهش کارکردهای اکولوژیکی آن به دلیل فعالیت‌های انسانی مشاهده می‌شود. (عباسپور، ۱۳۹۴) بحران کاهش سطح تراز آب دریاچه ارومیه، آن را به یکی از کانون‌های تولید گردوغبار در شمال غرب کشور تبدیل کرده که نظیر آن قبلاً در دریاچه‌های مشابه مثل دریاچه آرال مشاهده گردیده است. (مرکز سنجش از دور، ۱۳۹۶) در کنار مسئله ریز گرد که تأثیرات جدی بر سلامت و کیفیت زندگی ساکنان منطقه و محصولات کشاورزی



تولیدی دارد، خشک شدن دریاچه تبعات جدی در حوزه اشتغال و اکوتوریسم منطقه و مسائل امنیتی و سیاسی نیز داشته است. (ستاد احیای دریاچه ارومیه، ۱۳۹۴)

با توجه به مسائل مختلف و مخاطرات بسیاری که خشک شدن کامل دریاچه ارومیه می تواند به وجود بیاورد و مطالبه عمومی که در سال های اخیر در میان کارشناسان حوزه مربوطه و آحاد جامعه به وجود آمده است، فعالیت های متمرکزی برای بهبود شرایط و احیای این تالاب صورت پذیرفت. بطوریکه اولین مصوبه هیات محترم وزیران دولت یازدهم در مرداد ماه ۱۳۹۲، به موضوع احیای دریاچه ارومیه اختصاص یافت و مقرر گردید تا "کارگروه نجات دریاچه ارومیه" زیر نظر وزیر نیرو تشکیل گردد که در ادامه این کارگروه با تصمیم هیات وزیران به "کارگروه ملی نجات دریاچه ارومیه" متشکل از وزرای نیرو، جهاد کشاورزی، دفاع و پشتیبانی نیروهای مصلح، کشور، صنعت معدن و تجارت و معاونان محیط زیست و برنامه بودجه ریاست جمهوری به ریاست معاون اول رئیس جمهور و دبیری جناب آقای دکتر عیسی کلاتتری ذیل اصل ۱۳۸ قانون اساسی تشکیل گردید. در ادامه کارگروه فوق پس از برگزاری جلسات متعدد، اقدام به تدوین راهکارهای نجات دریاچه ارومیه با استفاده از نظرات کارشناسان برجسته ملی و بین المللی با محوریت دانشگاه صنعتی شریف نمود که برای پیاده سازی راهکارهای فوق (در فصل سوم به تفصیل به آن پرداخته خواهد شد)، بیش از ۱۸۰ پروژه اجرایی تعریف و اجرا گردیده است. همچنین طبق احکام برنامه ششم توسعه دولت مکلف است تا پایان سنوات برنامه، بیست درصد از تالاب های بحرانی کشور را احیا نماید. (قانون برنامه ششم توسعه کشور، ۱۳۹۵)

پس از گذشت سه سال از اجرای پروژه های احیای دریاچه ارومیه، یکی از چالش های اصلی که پیش روی تصمیم گیران دریاچه وجود دارد، سنجش میزان اثربخشی پروژه ها در تأمین نیاز آب زیست محیطی دریاچه و بهبود شرایط زیست محیطی آن هست. علاوه بر این با توجه به محدودیت منابع تخصیص یافته، لزوم اجرای پروژه های اولویت دار از نظر اثربخشی را دوچندان کرده و ضرورت انجام پژوهش در این حوزه را بیش از پیش مورد تأکید قرار داده است.

میزان آب ورودی به دریاچه که حاصل اجرای مجموعه ای از پروژه ها است، اثربخشی آن مجموعه پروژه در ارتباط با دریاچه گفته می شود. با این تعریف از آنجایی که پروژه های داخل یک سبد پروژه باهدف تأمین، جمع آوری، تنظیم و انتقال آب به دریاچه تعریف می شوند، می توان مفهوم اثربخشی را هدف یک سبد پروژه در تحویل ارزش افزوده زیست محیطی خروجی به دریاچه تعیین نمود. با این تعریف تیپ پروژه های تثبیت ریزگرد نیز با توجه به ارزش افزوده زیست محیطی که دارند، در ارزیابی ها وارد می شوند.

جهت تحقق اهداف نقشه راه، هر یک از سبدهای پروژه بایستی منابع آب را به پیکره آبی دریاچه برساند. لازم به ذکر است تیپ متفاوتی از پروژه‌های آب‌رسانی به دریاچه که تحت عنوان پروژه‌های تثبیت ریزگرد و احیای اکولوژیک طبقه‌بندی می‌شوند، در این پژوهش مورد نظر قرار گرفته و در واقع خروجی زیست‌محیطی<sup>۲</sup> پروژه تعریف شده است. خروجی زیست‌محیطی با توجه به رابطه بین قیمت آب و هزینه تثبیت ریزگرد و همچنین رابطه بین تراز و حجم آب ورودی با درصد از سطوح پتانسیل که به زیر آب می‌روند، مورد محاسبه قرار گرفت که شرح آن در بخش ۴-۲ آورده شده است. این پارامتر که واسطی به‌عنوان هر یک از سبدهای پروژه قابلیت تأمین و ارسال سهم معینی از آب را با توجه به کلیه ملاحظات و اهداف توسعه منطقه‌ای دارا می‌باشند، اصطلاحاً به آن پتانسیل اثربخشی گفته می‌شود. رقم نهایی پتانسیل قابل‌اعمال اثربخشی و پایداری هر سبد پروژه تابعی از مجموعه‌ای از دسته پارامترهای طبقه‌بندی شده از قبیل اقتصادی، اکولوژی، ملاحظات اجرایی-اجتماعی و قیمت تمام‌شده آب است.

میزان موفقیت برنامه‌ها و یا لزوم بازنگری در آن‌ها، یکی از مسائل مهم دیگری است که این پژوهش سعی در پاسخ به آن دارد. برای نیل به این هدف، لازم است ابتدا تعریف روشنی از موفقیت احیا داشت. شاخص‌های موفقیت احیا به‌طور واضح به‌منظور ارزیابی پروژه‌های احیا تعریف گردیده‌اند. انجمن بین‌المللی احیای زیست‌محیطی (SER) شاخص‌های اولیه سنجش احیا را در سه دسته شامل: گوناگونی<sup>۳</sup>، ساختار گیاهی<sup>۴</sup>، چرخه‌های اکولوژیک<sup>۵</sup> معرفی نموده است. (Erwin, 2009) با توجه به پژوهش‌های صورت گرفته در این حوزه و مطالعه تطبیقی صورت گرفته، شاخص‌های موفقیت در هشت دسته طبقه‌بندی و محاسبه شده‌اند که به تفصیل در فصل‌های چهارم و پنجم به آن پرداخته خواهد شد. تاکنون پژوهش‌هایی در خصوص پیش‌بینی موفقیت کلی راهکارها و برنامه‌های احیا صورت پذیرفته است؛ لیکن این پژوهش بر روی تعریف مکانیزم سنجش و یافتن پروژه‌های با اثربخشی بالاتر و محاسبه درصد تحقق احیا با استفاده از شاخصه‌های موفقیت آن تمرکز دارد.

به‌منظور احیای اکولوژیک زیست‌بوم پارک و تالاب ملی دریاچه ارومیه، لازم است تنوع زیستی و چرخه اکولوژیک در آن وجود و استمرار داشته باشد و در این صورت است که می‌توان ادعا کرد که فرآیند احیا

---

<sup>۲</sup> Ecological Output

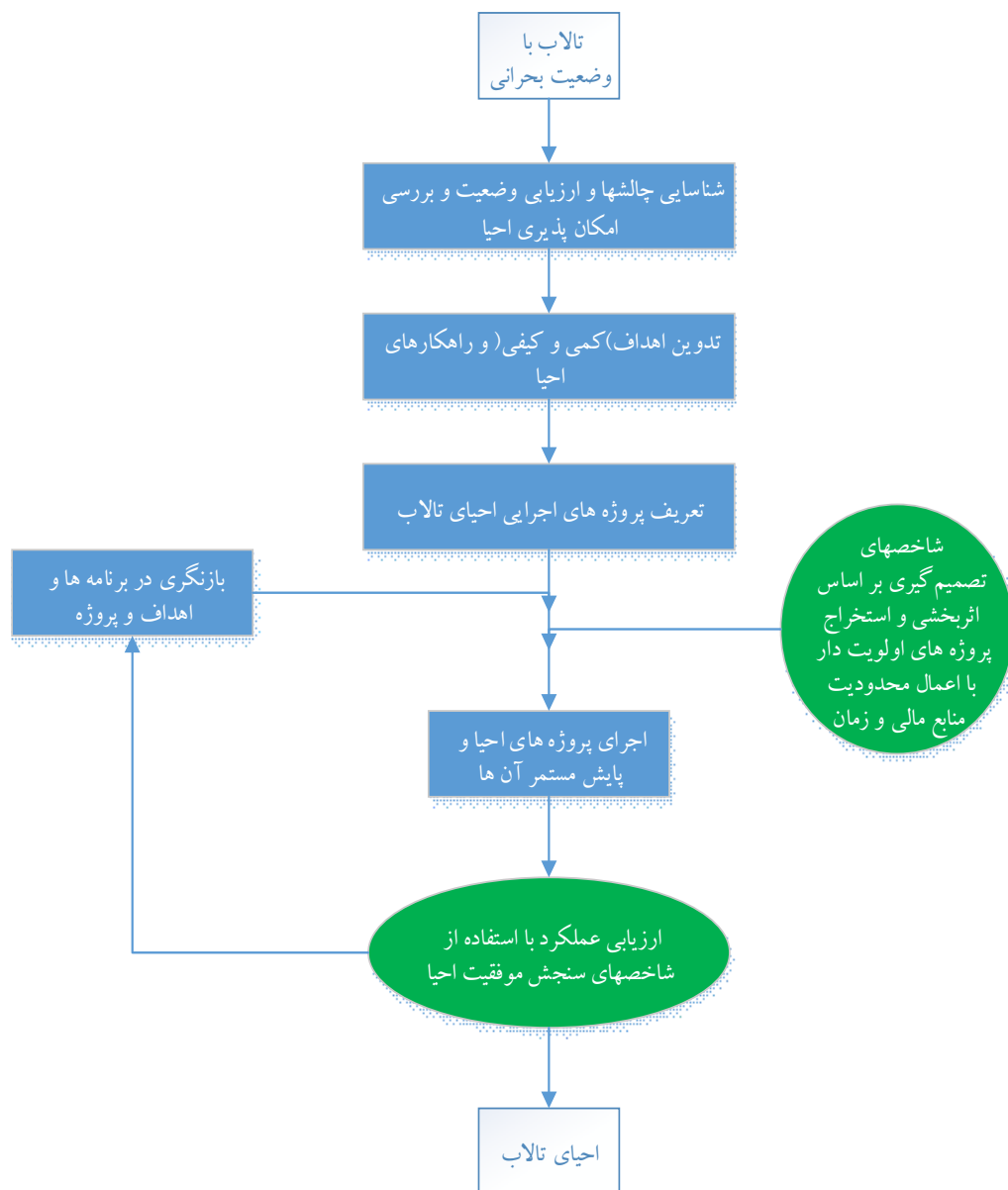
<sup>۳</sup> Diversity

<sup>۴</sup> Vegetation Structure

<sup>۵</sup> Ecological Processes

موفق بوده است. موجود زنده معیاری که در اکوسیستم دریاچه ارومیه حیات دارد، یک نوع سخت پوست به نام آرتمیا هست که بر اساس پژوهش نظری دوست و عباسپور، برای اینکه شرایط زیست اکولوژیک در دریاچه ارومیه برقرار گردد و آرتمیا بتواند به صورت مداوم در طول سال چرخه تکاملی و زیستی خود را داشته و حیات و نمو داشته باشد، لازم است غلظت نمک حداکثر در حد ۲۴۰ گرم در لیتر باقی بماند و بنابراین تراز دریاچه در سطح ۱۲۷۴٫۱ متر قرار گیرد. (Abbaspour & Nazaridoust, 2007) دریاچه ارومیه با حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع مساحت، علاوه بر غنی بودن از نظر املاح و مواد معدنی، زیستگاه گونه‌ای از آرتمیا به نام آرتمیا اورمیانا هست. آرتمیا اورمیانا یکی از هفت گونه آرتمیای دوجنسی شناخته شده در جهان است و در حالت طبیعی ۵۲٪ پروتئین و ۴٪ چربی دارد. (نزهت، ۱۳۹۴). لازم به توضیح است طبق مطالعات اولیه صورت گرفته که در بخش‌های آتی خواهد آمد، در تراز سلامت که ۱۲۷۱٫۸ متر محاسبه شده است، بخش قابل توجهی از سطوح پر پتانسیل گردوغبار به زیر آب خواهد رفت.

در شکل ۱-۲ شماتیک کلی چرخه احیای تالاب‌های مسئله‌دار و نقطه اثرگذاری این پژوهش که با رنگ سبز مشخص گردیده، آورده شده است.



شکل ۲-۱ شمای کلی احیای تالاب و نقاط مورد هدف پژوهش

در ادامه اهداف و سؤالات اساسی که این پژوهش به منظور رفع آنها مورد توجه قرار گرفته است، به همراه توضیح مختصری از حوضه آبریز دریاچه ارومیه و پروژه‌های اجرایی تعریف شده برای احیای آن آورده خواهد شد.

### ۱-۱ اهداف تحقیق

اهداف تعیین شده جهت ارائه‌ی این پایان‌نامه عبارت‌اند از: