

سَمِيعٌ لِّمَنْ يَدْعُوهُ
لَا يُجِيبُ الْكَافِرِينَ



دانشکده مهندسی صنایع و سیستم ها

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع گرایش سیستم های کلان

عنوان:

تحلیل اثربخشی سیاست ها در بلندمدت به منظور تامین امنیت آبی پایدار حوضه آبریز دریاچه

ارومیه به کمک پویایی سیستم ها

نام دانشجو:

الهام خلسه

استاد راهنما:

دکتر مجید شیخ محمدی

استاد مشاور:

دکتر محمدرضا شهبازبگیان

آبان ۱۴۰۰

تقدیم به همه جویندگان راه دانش و حقیقت.

علم بال ست مرغ جانت را

بر سپهر او برد روانت را

جهل خواب ست و علم بیداری

زان نهانی وزین پدیداری

(اوحدی)

چکیده

حوضه آبریز دریاچه ارومیه یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبی ایران است که طی ۳ دهه اخیر بر اثر فعالیت‌های انسانی کنترل نشده، توسعه ناپایدار کشاورزی و تا حدی تغییرات اقلیم، شرایط ناخوشایندی را تجربه کرده است. به گونه‌ای که دریاچه در مقایسه با سال ۱۹۹۵، ۲/۳ از مساحت و ۶ متر از تراز خود را از دست داده است. از آن جا که وضعیت دریاچه ارتباط مستقیمی با ورودی رواناب‌های سطحی به آن دارد، فعالیت‌های کشاورزی به صورت مستقیم بر وضعیت منابع آبی حوضه تأثیر می‌گذارد. در این پژوهش پس از مدل‌سازی بازخوردهای موجود در اندرکنش بخش کشاورزی و منابع آبی حوضه و تعیین ۳ شاخص جهت سنجش فاکتورهای امنیت آبی (شاخص کارایی بخش کشاورزی، شاخص مصرف آب و شاخص تنوع اقتصادی در منطقه) به ارائه ۵ سیاست پرداخته شد و تحت هر سیاست، وضعیت متغیرهای کلیدی و شاخص‌های پایداری تا سال ۲۰۳۰ ارزیابی گشت. یک سیاست در صورت ادامه وضع فعلی، ۳ سیاست با توجه به سطح هر یک از شاخص‌ها، یک سیاست با کاهش ۴۰ درصدی سطح زیر کشت و سیاست آخر به صورت اعمال ترکیبی سایر سیاست‌ها طراحی گردید. نتیجه حاکی از آن است که در صورت ادامه دادن وضعیت فعلی، حجم دریاچه تا سال ۲۰۲۶ به صفر خواهد رسید و سایر متغیرهای کلیدی نیز در مقایسه با سیاست‌های دیگر در بدترین وضعیت خواهند بود. از سوی دیگر سیاست‌هایی که در آن‌ها بهره‌وری مصرف آب افزایش می‌یابد و سطح زیرکشت با توجه به سطح شاخص‌ها کنترل می‌شود، منجر به تأمین امنیت آبی پایدار در بلندمدت خواهند شد. به طوری که میانگین حجم دریاچه ارومیه در بازه زمانی پیش‌بینی شده تحت سیاست ۵ (اعمال هم‌زمان سیاست‌های ۱ تا ۴) به ۱۱۴۶۲ میلیون مترمکعب خواهد رسید.

کلمات کلیدی: امنیت آبی پایدار، حوضه آبریز دریاچه ارومیه، پویایی سیستم‌ها، کشاورزی، شاخص‌های پایداری امنیت آب، مدیریت منابع آب، ارزیابی اقتصادی اجتماعی

فهرست مطالب

فصل اول مقدمه	۱
۱-۱ بیان موضوع	۲
۲-۱ اهمیت موضوع	۳
۳-۱ اهداف تحقیق	۴
۴-۱ پرسش‌های تحقیق	۴
۵-۱ فرضیه تحقیق	۴
۶-۱ جنبه جدید بودن و نوآوری	۴
۷-۱ مراحل انجام تحقیق	۵
فصل دوم کلیات	۷
۱-۲ انسان و منابع آب	۸
۲-۲ مطالعات پیشین	۱۰
۱-۲-۲ امنیت آب	۱۰
۲-۲-۲ برخی رویکردها برای ارزیابی رابطه انسان و بهره برداری از منابع آب	۱۳
۳-۲ نتیجه	۱۹
فصل سوم مواد و روش ها	۲۱
۱-۳ منطقه مورد مطالعه	۲۲
۱-۱-۳ مقدمه	۲۲
۲-۱-۳ کلیات حوضه آبریز	۲۴
۳-۱-۳ شرایط آب و هوایی	۲۴
۴-۱-۳ وضعیت منابع آب سطحی حوضه	۲۵
۵-۱-۳ طرح های توسعه منابع آب	۲۸

۲۸	۳-۱-۶ توسعه کشاورزی
۳۰	۳-۱-۷ روند تغییرات دریاچه ارومیه
۳۳	۳-۱-۸ محیط انسانی
۳۴	۳-۲-۲ مدل سازی
۳۴	۳-۲-۱ پویایی سیستم ها
۳۸	۳-۲-۲ مدل مفهومی
۴۰	۳-۲-۳ توسعه مدل حالت و جریان
۵۰	فصل چهارم صحت سنجی مدل و اجرای سیاست ها
۵۱	۴-۱-۱ صحت سنجی مدل
۵۱	۴-۱-۱-۱ آزمون ارزیابی ساختار
۵۲	۴-۱-۲ آزمون شرایط حدی
۵۶	۴-۱-۳ آزمون رفتار مدل
۵۷	۴-۲-۲ آنالیز حساسیت پارامترهای موجود در مدل
۵۹	۴-۳-۱ اجرای سیاست ها
۶۰	۴-۳-۱-۱ شاخص ها
۶۲	۴-۳-۲ نتایج مدل در سالهای پیش بینی با روند کنونی
۶۵	۴-۳-۳ شرح سیاست ها و نحوه ورود آن ها در مدل
	۴-۳-۴ نتایج حاصل از اجرای سیاست های یک تا پنج در مقایسه با نتایج حاصل از سیاست
۶۷	صفر
۷۱	۴-۴ پیشنهادها
۷۲	فصل پنجم نتیجه گیری و جمع بندی
۷۵	مراجع

پیوست ها ۸۲

پیوست ۱ مدل حالت و جریان تحقیق ۸۲

پیوست ۲ روابط ریاضی به کار رفته در مدل ۸۳

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱ مولفه های محیط زیستی تاثیر پذیرفته از فعالیت های انسانی ۹
- جدول ۲ مولفه های انسانی متاثر از وضعیت منابع آب ۹
- جدول ۳ تعاریف امنیت آب ۱۱
- جدول ۴ نمونه هایی از تحقیقات با موضوع ارزیابی امنیت آب ۱۳
- جدول ۵ برخی رویکردها و تکنیک های ارزیابی رابطه انسان و بهره برداری از منابع آب ۱۴
- جدول ۶ تفکر خطی در مقایسه با تفکر غیرخطی ۱۸
- جدول ۷ جمعیت و توزیع پراکندگی آن در حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۳۳
- جدول ۸ نرخ رشد جمعیت در حوضه آبریز دریاچه ارومیه تا افق ۱۴۲۵ به تفکیک هر استان ۳۳
- جدول ۹ نتیجه آزمون رفتار مدل ۵۷
- جدول ۱۰ سیاست های تحقیق ۵۹
- جدول ۱۱ محدوده شاخص تنش آبی ۶۶
- جدول ۱۲ مقایسه میانگین (میانگین مقادیر پیش بینی شده تحت سیاست ها در سال های ۲۰۲۰، ۲۰۲۵، ۲۰۳۰) شاخص های پایداری امنیت آب تحت سیاست ها ۷۰

فهرست اشکال

- شکل ۱ مراحل انجام تحقیق ۶
- شکل ۲ نگاه رویداد محور (خطی) به جهان ۱۷
- شکل ۳ نگاه باز خوردی (سیستمی) ۱۷
- شکل ۴ موقعیت استانی دریاچه ارومیه ۲۴
- شکل ۵ تغییرات بارندگی در حوضه ۲۵
- شکل ۶ مصارف آب در حوضه ۲۶
- شکل ۷ روند تغییرات بلندمدت منابع آب تجدیدپذیر حوضه آبریز دریاچه ارومیه ۲۷
- شکل ۸ حجم برداشت از منابع مختلف در بخش های مختلف حوضه آبریز دریاچه ارومیه بر حسب میلیون متر مکعب ۲۷
- شکل ۹ روند سطح زیرکشت محصولات زراعی و باغی آبی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه طی دوره ۱۰ ساله (۱۳۸۲ _ ۸۳ الی ۱۳۹۴ _ ۹۵) ۳۰
- شکل ۱۰ روند تغییرات دریاچه ارومیه طی سالهای ۱۳۱۰ الی ۱۳۹۰ ۳۱
- شکل ۱۱ تغییرات نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه در سال های ۱۳۹۲ تا ۱۳۹۶ ۳۱
- شکل ۱۲ تغییرات نوسانات سطح آب دریاچه ارومیه در سال های ۱۳۹۵ تا ۱۳۹۹ ۳۲
- شکل ۱۳ نمودار حجم سطح ارتفاع دریاچه ارومیه ۳۲
- شکل ۱۴ علامت گذاری حلقه علیت ۳۶
- شکل ۱۵ سمبل های نمودار حالت جریان ۳۷
- شکل ۱۶ شبکه ای از متغیرهای حالت و جریان که به وسیله بازخوردهای اطلاعاتی به یکدیگر مرتبط شده اند ۳۸
- شکل ۱۷ مدل مفهومی تحقیق ۳۹
- شکل ۱۸ زیرمدل کشاورزی در حوضه و اقتصاد آن ۴۱

- شکل ۱۹ متغیر سطح زیر کشت ۴۲
- شکل ۲۰ متغیر تولید محصول ۴۲
- شکل ۲۱ متغیر تقاضای آب محصولات اصلی ۴۳
- شکل ۲۲ متغیر مصرف آب کشاورزی ۴۴
- شکل ۲۳ درصد مصرف آب محصولات زراعی و باغی در حوضه ۴۵
- شکل ۲۴ بخش تولید تولید ناخالص داخلی کشاورزی ۴۵
- شکل ۲۵ زیر مدل حجم دریاچه ارومیه ۴۶
- شکل ۲۶ متغیر ورودی به دریاچه ۴۷
- شکل ۲۷ متغیر سطح دریاچه ۴۸
- شکل ۲۸ متغیر بارندگی ۴۸
- شکل ۲۹ متغیر تبخیر ۴۹
- شکل ۳۰ متغیر سرریز ۴۹
- شکل ۳۱ نتیجه آزمون ارزیابی ساختار ۵۲
- شکل ۳۲ رفتار خروجی متغیر حجم دریاچه ناشی از آزمون حدی سطح زیر کشت کشاورزی صفر ۵۳
- شکل ۳۳ رفتار خروجی متغیر مصرف آب کشاورزی ناشی از آزمون حدی سطح زیر کشت کشاورزی صفر ۵۴
- شکل ۳۴ رفتار خروجی متغیر حجم دریاچه ناشی از آزمون حدی سطح زیر کشت بسیار زیاد ۵۵
- شکل ۳۵ رفتار خروجی متغیر مصرف آب کشاورزی ناشی از آزمون حدی سطح زیر کشت بسیار زیاد ۵۵
- شکل ۳۶ نتیجه آزمون رفتار مدل ۵۶
- شکل ۳۷ رفتار حجم دریاچه نسبت به تغییر در مقدار پارامتر Q_1 (ضریب عدم قطعیت ۱) ۵۷
- شکل ۳۸ رفتار حجم دریاچه نسبت به تغییر در مقدار پارامتر Q_2 (ضریب عدم قطعیت ۲) ۵۸

- شکل ۳۹ رفتار حجم دریاچه نسبت به تغییر در مقدار پارامتر مصرف آب کشاورزی محاسبه نشده ۵۸
- شکل ۴۰ شاخص مصرف آب در مدل ۶۰
- شکل ۴۱ شاخص کارایی بخش کشاورزی در مدل ۶۱
- شکل ۴۲ شاخص تنوع اقتصادی در مدل ۶۲
- شکل ۴۳ رفتار متغیرها پس از اجرای سیاست صفر ۶۴
- شکل ۴۴ رفتار شاخص ها پس از اجرای سیاست صفر ۶۵
- شکل ۴۵ رفتار متغیرها پس از اجرای سیاست های یک تا پنج در مقایسه با سیاست صفر ۶۸
- شکل ۴۶ رفتار شاخص ها پس از اجرای سیاست های یک تا پنج در مقایسه با سیاست صفر ۶۹

فهرست روابط

رابطه ۱ شاخص مصرف آب ۶۰

رابطه ۲ شاخص کارایی بخش کشاورزی ۶۱

رابطه ۳ شاخص تنوع اقتصادی ۶۲

فصل اول

مقدمه

۱-۱ بیان موضوع

در دهه‌های اخیر به دنبال افزایش جمعیت، تقاضای آب روزافزونی برای تأمین نیازهای کشاورزی، خانگی و صنعتی شکل گرفته است و با توجه به محدودیت منابع آبی در دسترس، در جوامعی که مدیریت پایدار و کارآمد برای تأمین این تقاضا وجود نداشته است، اثرات جبران‌ناپذیری ایجاد شده است. از سوی دیگر تغییر اقلیم در مناطقی با جغرافیای آسیب‌پذیرتر، این اثرات را تشدید کرده است.

با توجه به پیش‌بینی تغییر در بارندگی و افزایش برداشت آب به دلیل افزایش جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی اجتماعی انتظار می‌رود طی دهه‌های آینده افزایش سطوح تنش آبی در سراسر ایران ادامه یابد و یا حتی بدتر شود. بیشترین میزان کاهش منابع آب در حوضه ارومیه در شمال غربی ایران پیش‌بینی می‌شود (از ۳/۸ - میلی‌متر بر سال در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ به ۶۶/۱ - میلی‌متر بر سال در سال‌های ۲۰۷۰ الی ۲۰۹۹ در حال تغییر است در مقایسه با مقدار مشاهده‌شده ۴ میلی‌متر بر سال در سال‌های ۱۹۷۶ الی ۲۰۰۵) برای کاهش آثار کمبود آب در آینده، به‌ویژه در حوضه‌های پرتنش ایران مانند حوضه ارومیه که تغذیه‌کننده دریاچه ارومیه است، تغییرات عمده‌ای در جهت مدیریت پایدار آب و زمین موردنیاز است [۱۰].

حوضه آبریز دریاچه ارومیه یکی از مهم‌ترین حوضه‌های آبریز ایران است که زیست‌گاه گونه‌های مختلف جانداران می‌باشد و بنابراین ارزش زیست‌محیطی بسیار بالایی برای کشور دارد. از طرفی تأمین‌کننده نیازهای مختلف آبی منطقه شمال غرب کشور و به‌طور خاص استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی و کردستان می‌باشد. ولی متأسفانه طی زمان در راستای رسیدن به هدف خودکفایی کشور، بی‌آنکه مدیریت یکپارچه و پایدار منابع آب وجود داشته باشد کشاورزی، شهرنشینی و صنعتی شدن در حوضه گسترش یافته است. از سوی دیگر حوضه دستخوش تغییر الگوهای آب و هوایی ناشی از تغییر اقلیم نیز شده است. اثرگذاری این عوامل به تدریج طی سال‌ها سبب کاهش تراز آب دریاچه ارومیه گشته است به طوری که تراز دریاچه از ۱۲۷۷/۱۸ در سال ۱۳۷۷، به ۱۲۷۱/۰۱ در سال ۱۳۹۱ رسید. [۶۹]

پس از آن و برای جلوگیری از ادامه این روند کاهش آب دریاچه و اثرات اقتصادی اجتماعی به وجود آمده ناشی از آن، در سال ۱۳۹۲ طبق تصمیمی دولتی کارگروهی تحت عنوان ستاد احیای دریاچه ارومیه شروع به کار کرد و طی چند سال اقداماتی در راستای جلوگیری از افزایش این روند در حوضه انجام داده است. اکنون پس از گذشت ۸ سال، باینکه از تشدید روند خشک شدن دریاچه جلوگیری شده است ولی هم‌چنان دریاچه به حداقل تراز اکولوژیک خود نرسیده است و شرایط مساعدی ندارد.

واضح است که هرگونه تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی منابع آب به‌ویژه در مقیاس کلان، تأثیرگذاری بسیار مهمی بر شرایط اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و زیست‌محیطی منطقه خواهد گذاشت؛ بنابراین باید اقدامات انجام‌شده،

اقداماتی که در دست انجام هستند و سایر اقداماتی که ممکن هستند را به خوبی شناخته و بتوانیم اثربخشی هر یک از اقدامات را در حال و آینده تحلیل و ارزیابی کنیم.

در یک مسئله سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری در مقیاس کلان، اجزای تأثیرگذار و تأثیرپذیر، نشات گرفته از جنبه‌های متفاوت اقتصادی، اجتماعی، محیط زیستی و ... هستند که در اندرکنشی متقابل با هم می‌باشند و از طرفی با گذشت زمان دائماً در حال تغییرند؛ بنابراین برای تحلیل آن نیاز به متدها و ابزاری داریم که نگرش سیستمی و دینامیک داشته باشند که بتوانیم تحلیل سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری منطبق بر واقعیت داشته باشیم.

در مسئله حوضه آبریز دریاچه ارومیه نیز باید با در نظر گرفتن همه فاکتورهای اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی تأثیرگذار و تأثیرپذیر بتوانیم تحلیلی نزدیک به مدل واقعی داشته باشیم؛ بنابراین استفاده از روش‌های مبتنی بر رویکرد سیستم‌ها در این مسئله بسیار کارآمد به نظر می‌رسد. هدف این پژوهش این است که بتواند با نگرشی سیستمی، اثربخشی سیاست‌های صورت گرفته را تحلیل کند و به کمک شاخص‌های مناسب، اثرات حال و آینده پیاده‌سازی سیاست‌ها را برای تأمین امنیت آبی پایدار حوضه ارزیابی کند.

۱-۲ اهمیت موضوع

در پی برداشتهای بی‌رویه از منابع آبی حوضه آبریز دریاچه ارومیه و نبودن مدیریت یکپارچه، از سوی دیگر افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم، حوضه دستخوش آسیب‌های بی‌شماری گشته است.

هم‌چنین حجم آب دریاچه ارومیه به دلیل کاهش ورودی‌ها، کاهش بسیار شدیدی داشته است.

بسیاری از تالاب‌های اقماری اطراف دریاچه نیز در اثر اجرای طرح‌های زیر بنائی، تغییر کاربری زمین، آلودگی و کاهش جریان‌های ورودی آب آسیب دیده‌اند. این مشکلات تنوع زیستی این مجموعه تالابی را که از اهمیت بین‌المللی برخوردار بوده‌اند و برای جوامع محلی فواید متعدد دیگری نیز فراهم می‌نماید، تهدید می‌کند. کاهش آب دریاچه، نفوذ آب شور به آب‌های زیرزمینی و شور شدن آب‌های کشاورزی، این اکوسیستم بارزش را رو به زوال برده است. با ادامه این روند، کشاورزی در این منطقه در حال از بین رفتن است. با به تأخیر افتادن حل مشکل این اکوسیستم بارزش، مشکلات عدیده‌ای در آینده نه‌چندان دور به وقوع خواهد پیوست که نه‌تنها منطقه شمال غرب، بلکه تمامی کشور را تحت تأثیر قرار خواهد داد. خشک شدن دریاچه و افزایش شوری آب، حیات آرمیا که مهم‌ترین موجود زنده در آب‌های دریاچه ارومیه می‌باشد را با خطر نابودی مواجه کرده است. این خود باعث توقف تولیدمثل فلامینگوها از سال ۱۳۷۷ شده که از آرمیا تغذیه می‌کنند. نسل این پرنده و حیوانات کمیاب دیگری که در این منطقه زندگی می‌کنند، از جمله: قوچ و میش در جزیره کبودان، گوزن زرد ایرانی در جزیره اشک و پلیکان، کاکایی و غاز در جزیره اسپیر با خطر نابودی مواجه هستند [۱۸].

علاوه بر آن افزایش شوری آب دریاچه و تبدیل سطح زیادی از سواحل اطراف آن به شورزار، از تعداد گردشگران این منطقه توریستی کاسته و از نظر اقتصادی صدمات زیادی را به منطقه و کشور وارد نموده است [۱۸]. ادامه این روند منجر به آسیب‌های جبران‌ناپذیری در ابعاد اجتماعی، اقتصادی، سیاسی و محیط زیستی می‌شود و امنیت پایدار منطقه را به خطر می‌شود. از بین رفتن کشاورزی، بیکاری، مهاجرت، افزایش نارضایتی مردم، تشدید اعتراضات مردمی، افزایش ناامنی و جرائم، به خطر افتادن سلامتی ساکنین (به علت اثرات طبیعی ناشی از شوری بیش‌ازحد آب دریاچه) و ده‌ها مورد دیگر از نتایج احتمالی ادامه یافتن شرایط فعلی است؛ بنابراین، وجود سیاست‌گذاری‌های کارآمد و مناسب و از سویی دیگر پایش و تحلیل مداوم اثربخشی سیاست‌های اجراشده بر ابعاد مختلف اقتصادی اجتماعی سیاسی و زیست‌محیطی امری ضروری می‌باشد.

۱-۳ اهداف تحقیق

هدف از این تحقیق شناسایی اندرکنش بخش کشاورزی و اقتصاد ناشی از آن با منابع آبی حوضه مورد مطالعه، ارائه مدلی کارآمد جهت تبیین این سازوکار، توجه به اهمیت لحاظ کردن فاکتورهای پایداری امنیت آبی و مؤلفه‌های ارزیابی وضعیت اقتصادی اجتماعی، ارزیابی سطح فاکتورهای امنیت آبی پایدار ناشی از عملکرد سیاست‌های اجراشده در حوضه و تحلیل راهکارها برای دستیابی به سطح مناسبی از فاکتورهای پایداری در بلندمدت می‌باشد.

۱-۴ پرسش‌های تحقیق

کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه چگونه بر منابع آبی در دسترس و هم‌چنین حجم دریاچه تأثیر می‌گذارد؟ چه سازوکاری بین این دو بخش برقرار است؟

وضعیت فعلی ناشی از درپیش گرفتن سیاست‌های جاری تا چه میزان امنیت آبی پایدار حوضه را تأمین

می‌کند؟ و با ادامه دادن این روند وضعیت چگونه خواهد بود؟

جهت بهبود این وضعیت توجه به چه فاکتورهایی اهمیت دارد؟

۱-۵ فرضیه تحقیق

با استفاده از رویکرد پویایی سیستم‌ها می‌توان به اهداف تحقیق دست یافت.

۱-۶ جنبه جدید بودن و نوآوری

این تحقیق از جهت بررسی سیستمی سازوکار دخیل در رابطه بین فعالیت‌های انسانی و وضعیت منابع آبی با تمرکز بر توسعه پایدار، امنیت آب و استفاده از شاخص‌های مرتبط جهت سنجش پایداری امنیت آب در حوضه

دریاچه ارومیه جدید می‌باشد. هم‌چنین با توجه به پیشینه تحقیقات انجام‌شده در این حوضه، خلأ موضوع پژوهش حاضر به‌وضوح وجود دارد.

۷-۱ مراحل انجام تحقیق

در ابتدای کار به شناخت حوضه آبریز دریاچه ارومیه، ریشه‌های مسئله موردنظر در آن، مواد و روش‌های ممکن مسئله موردنظر پرداخته شد. پس از فهم دقیق مسئله با به‌کارگیری مبانی و روش‌های مبتنی بر پویایی سیستم‌ها توسعه مدل حالت و جریان مسئله انجام شد.

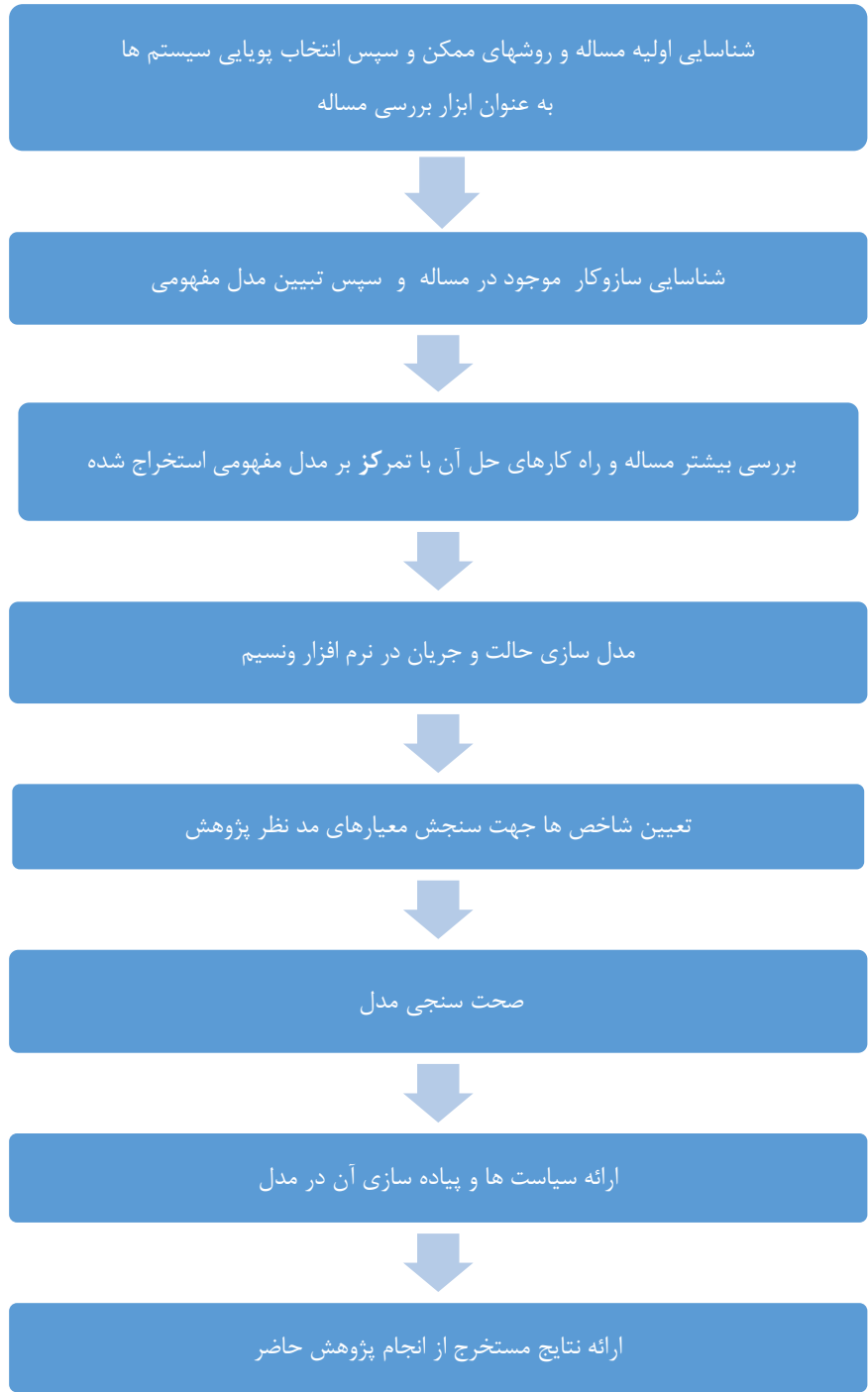
مدل علی و معلولی استفاده‌شده در تحقیق حاضر، برگرفته از [۳] می‌باشد که در آن به‌خوبی سازوکار و ارتباط بین منابع آب، توسعه کشاورزی، تولید محصول و اقتصاد منطقه تبیین شده است.

از سوی دیگر، توسعه مدل حالت و جریان تحقیق حاضر، با تمرکز بر اندرکنش و ارتباط کشاورزی در حوضه با حجم دریاچه ارومیه انجام شد. این مدل با اختصاص تعدادی متغیر اصلی و فرعی به تشریح سازوکارها و روابط موجود بین این دو بخش پرداخته است.

در ادامه کار با توجه به ایده انتخاب‌شده برای حل مسئله و هم‌چنین نیازهای بر خواسته از خلأ موجود در تحقیقات قبلی مربوط به حوضه آبریز دریاچه ارومیه، سه شاخص میزان استفاده از منابع آب در دسترس، شاخص کارایی بخش کشاورزی و شاخص تنوع اقتصادی جهت سنجش فاکتورهای پایداری بهره‌برداری از منابع آب در مدل حالت و جریان و طراحی سیاست‌ها به کار گرفته شدند.

پس از آن دیتاهای موردنیاز تحقیق برای استفاده در مدل جمع‌آوری شد. منبع اصلی جمع‌آوری دیتاها [۴۹] می‌باشد. پس از جمع‌آوری، دیتاها جهت استفاده مستقیم در مدل آماده‌سازی شدند. مدل اجرا شد و خطاهای موجود در آن رفع گردید.

صحت سنجی مدل انجام شد، پارامترهای موردنیاز در مدل اضافه شدند و پس از اجرای مدل با مقادیر مختلف، بهترین مقادیر برای آن‌ها انتخاب و تعیین شدند. برای بررسی اعتبار مدل، آزمون‌های ارزیابی ساختار، شرایط حدی، رفتار مدل انجام شدند و نتیجه حاصل از آزمون‌ها بیان‌گر درستی مدل برای کارکرد موردنظر بود. در ادامه با توجه به انتخاب شاخص‌ها و ایده اولیه، سیاست‌ها طراحی شدند. وضعیت فعلی حوضه با توجه به سطح شاخص‌ها سنجیده شد و سپس با اجرای سیاست‌ها به ارائه و مقایسه راهکارها پرداخته شد.



شکل ۱ مراحل انجام تحقیق

فصل دوم

کلیات

۲-۱ انسان و منابع آب

رابطه انسان و آب قدمتی تاریخی به طول حیات انسان بر کره زمین دارد. اولین تمدن‌های انسانی در کنار رودها شکل گرفته است جایی که انسان می‌توانست به کشاورزی، دام‌پروری و تأمین نیازهایش بپردازد. جامعه انسانی و محیط‌زیست در هم تنیده‌اند. به گونه‌ای که انسان بسیاری از نیازهای بنیادی خود را از طبیعت تأمین می‌کند خواه مستقیم و یا خواه غیرمستقیم.

آب، جوهره توسعه اقتصادی است و برای پایداری غذا و انرژی، اکوسیستم و زندگی بشر ضروری است [۳۷] و به‌طور کلی یک منبع اقتصادی بسیار ارزشمند است که به‌عنوان سنگ بنای اکثر صنایع اقتصادی مثل نفت، گاز، شیمیایی، پتروشیمیایی، الکتریکی، الکترونیکی و حتی سیستم‌های سلامت و صنعت دارویی به حساب می‌آید. طبق گفته سازمان غذا و انرژی، کشاورزی بیشترین مصرف‌کننده (حدود ۷۰ درصد) آب‌های سطحی و زیرزمینی در جهان است [۳۷]. بنابراین کمبود آب می‌تواند تأثیر جدی بر کشاورزی، تجارت و توسعه داشته باشد و مشکلات مالی، سلامتی، محیط زیستی و اکولوژیکی بسیاری به بار بیاورد [۳۷].

طی سال‌ها و گذشت زمان با افزایش روزافزون جمعیت و گسترش شهرنشینی و صنعتی شدن آن و همچنین تغییر اقلیم، نیاز انسان به بهره‌برداری از منابع آب چشمگیرتر شده است و همین‌طور وابستگی بیشتری به آن پیدا کرده است. از طرفی محیط‌زیست و منابع آب آسیب‌پذیری بیشتری نسبت به فعالیت‌های انسانی پیدا کرده‌اند.

خشک شدن تدریجی برخی دریاچه‌ها و تالاب‌ها و کاهش سطح آب‌های زیرزمینی به دلیل فعالیت‌های انسانی گواه بر این موضوع است. دریاچه پوپو بولیوی، دریای آرال (قزاقستان و ازبکستان)، دریاچه چاد در نیجریه، دریاچه هامون در مرز ایران و افغانستان، دریاچه ارومیه در ایران، دریای مرده در مرز اسرائیل، فلسطین و اردن، دریاچه پیرامید نوادا، دریاچه چینگ‌های در چین و ... از دریاچه‌های در حال خشک شدن هستند؛ که دلیل خشک شدن بسیاری از آن‌ها فعالیت‌های انسانی است.

همچنین وضعیت سطح آب‌های زیرزمینی برخی کشورها مانند هند، چین و ایران گویای این امر است از گذشته تاکنون تحقیقات بسیاری به ارزیابی و بررسی رابطه بین انسان و منابع آب پرداخته‌اند.

تعاملات قوی بین انسان و سیستم‌های آب به‌طور گسترده‌ای شناخته شده است [۱۰].

گروهی از تحقیقات نشان داده‌اند که فعالیت‌های انسانی چگونه منجر به تغییرات در کمیت و کیفیت منابع آب شده است.