



دانشگاه صنعتی شریف
دانشگاه صنعتی شریف
دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران گرایش مدیریت منابع آب

تعیین و کمی سازی شاخص های اقتصادی، اجتماعی و اقلیمی در عدم قطعیت احیاء دریاچه ارومیه

نگارش

فرهاد جهش

استاد راهنما

دکتر مسعود تجریشی

بهمن ماه ۱۴۰۰

تقدیم به

پدر و مادرم
که در مسیر دانش‌اندوزی
با مایه جان خود
چراغ همت و امید را
فرا راه من افروخته داشتند...

نخست بر خود می‌بینم که به رسم شاگردی از جناب آقای دکتر مسعود تجریشی -استاد راهنمای محترم این پژوهش- سپاسگزاری و قدردانی نمایم. بنده از ایشان نه تنها روش تحقیق، بلکه بسی فراتر از آن منش تحقیق را آموخته‌ام. همچنین از سرکار خانم معصومه خیرآبادی -مسئول دفتر ایشان- که همواره مساعدت و لطف ایشان شامل حال بنده بوده است نیز صمیمانه سپاسگزارم.

همچنین از جناب آقای دکتر رضا اردکانیان و جناب آقای دکتر سید فرشاد فاطمی اردستانی -داوران محترم این پژوهش- نیز از صمیم قلب سپاسگزارم. نظرات و پیشنهادات ایشان در جلسه دفاع در بهبود هرچه بیشتر نسخه نهایی این رساله بسیار مؤثر و سازنده بوده است.

دیگر آن که فرصت را مغتنم یافته و مراتب تشکر و سپاس خود را از کارشناسان ستاد احیاء دریاچه ارومیه به ویژه آقای دکتر بهداد چهره‌نگار و جناب مهندس حمید حاجی‌قدیری ابراز می‌نمایم. راهنمایی‌های ایشان در توسعه مدل و همچنین همکاری‌های ایشان در کمی‌سازی مدل بسیار چشمگیر، ارزشمند و اثربخش بوده است. افزون بر این، بر خود می‌بینم که از آقای دکتر مهدی ضرغامی -عضو هیئت علمی دانشگاه تبریز- نیز تشکر نمایم. ایشان در کنار تکمیل پرسشنامه پژوهش حاضر نکات بسیار ارزنده و آموزنده‌ای را به بنده آموختند و بزرگوارانۀ همکاری کردند.

در پایان جای دارد که دست همه کارشناسانی که در ستاد احیاء دریاچه ارومیه، وزارت نیرو، سازمان جهاد کشاورزی، شرکت مهندسين مشاور یکم، دانشگاه‌های تبریز و ارومیه و همه دیگر صاحب‌نظرانی که با شریک شدن وقت ارزشمند خود در کمی‌سازی مدل همکاری کرده‌اند را به گرمی بفشارم. همچنین از همه کسانی که با هماهنگی‌ها و پیگیری‌های خود بستر و فرصت ارتباط با کارشناسان یاد شده و افتخار آشنایی با آن‌ها را برای بنده فراهم آوردند صمیمانه تشکر می‌کنم.

چکیده

دریاچه ارومیه و حوضه آبریز آن پهنه‌ای با اهمیت بسیار زیاد ملی و منطقه‌ای بوده که در دو دهه گذشته بر اثر عوامل طبیعی-انسانی با کاهش شدید آب و خطر از بین رفتن روبرو بوده است. از آنجایی که خشک شدن این پهنه آبی با عواقب فاجعه‌بار زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی همراه است، در سال ۱۳۹۲ ابرپروژه برنامه احیاء دریاچه ارومیه به منظور احیاء آن کلید خورد. در ابرپروژه‌ها شکست و ناکامی پرشمار و شایع بوده که یکی از دلایل آن عدم قطعیت زیاد در چنین پروژه‌هایی است.

هدف پژوهش حاضر این است که با بکارگیری روش تحلیل احتمالاتی ریسک، مدلی منطق‌پایه به منظور صورت‌بندی و کمی‌سازی عدم قطعیت حاکم بر برنامه احیاء دریاچه ارومیه در فاز احیاء آن (۱۴۰۶-۱۴۰۰) توسعه دهد. به این منظور ابتدا با تلفیق ابزارهای درخت رویداد و درخت شکست مدلی برای صورت‌بندی رویدادهای تأثیرگذار بر برنامه احیاء دریاچه ارومیه و سناریوهای منتج از آن توسعه یافت. سپس رویدادهای پایه شناسایی شده و پس از حذف برخی رویدادها در نهایت ۷۸ رویداد پایه به عنوان متغیرهای مستقل در مدل وارد شدند. برخی از رویدادهای حذف شده رویدادهایی اند که هرچند خود منشأ عدم قطعیت بوده اما به خاطر مفروضات مدلسازی از آن‌ها چشم‌پوشی شد.

نتایج اجرا و تحلیل مدل ریسک برنامه احیاء دریاچه ارومیه حاکی از آن است که در حالت کلی در ابرپروژه برنامه احیاء دریاچه ارومیه سناریوهای ناخوشایند احتمال وقوع بیشتری داشته و این پژوهش نسبت به آینده این پروژه خوش‌بین نیست. همچنین رویدادهایی که بیشترین تأثیر را در کاهش ریسک و عدم قطعیت برنامه احیاء دریاچه ارومیه دارند نیز شناسایی شده اند. سه رویداد "شکست در جلب حمایت اجتماعی در ساماندهی حد بستر رودها و رفع تصرفات غیرمجاز"، "شکست در لایروبی و مسیرگشایی بستر رودها برای تسهیل و تسریع جریان آب در رودها" و "شکست در مطالعه، بکارگیری و ترویج فناوری‌های نوین و پیشرفته به منظور بهبود پایش و مدیریت منابع آب، کاهش بیشتر در مصرف آب و افزایش بهره‌وری محصولات کشاورزی" بیشترین تأثیر را در کاهش ریسک برنامه احیاء دریاچه ارومیه دارند. همچنین سه رویداد "شکست در لایروبی و مسیرگشایی بستر رودها برای تسهیل و تسریع جریان آب در رودها"، "شکست در مطالعه، بکارگیری و ترویج فناوری‌های نوین و پیشرفته به منظور بهبود پایش و مدیریت منابع آب، کاهش بیشتر در مصرف آب و افزایش بهره‌وری محصولات

کشاورزی" و "شکست در ترویج و آموزش کشاورزان برای بهبود بهره‌وری در محصولات" بیشترین تأثیر را در کاهش عدم قطعیت برنامه احیاء دریاچه ارومیه دارند. همه این رویدادها رویدادهایی کنترل پذیر بوده و می‌توانند مدیریت شوند. همچنین نتایج نشان می‌دهد که سهم عمده ریسک و عدم قطعیت در ابرپروژه برنامه احیاء دریاچه ارومیه تنها بر دوش چند عامل محدود و محدود بوده که با تخصیص توجه و منابع به آنها تا حد زیادی می‌توان ریسک و عدم قطعیت را در این ابرپروژه کاهش داد.

همچنین یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که روش تحلیل احتمالاتی ریسک به دلیل برخورداری از ویژگی‌هایی همچون سادگی مدلسازی، سهولت فهم پذیری و انعطاف پذیری کاربردی و مقیاسی، ابزاری مناسب به منظور صورت بندی و کمی سازی عدم قطعیت در سیستم‌های پویا و پیچیده‌ای همچون سیستم‌های منابع آب و مسئله عدم قطعیت‌های برنامه احیاء دریاچه ارومیه فراهم می‌آورد.

کلیدواژه‌ها: عدم قطعیت، ریسک، سیستم‌های منابع آب، احیاء دریاچه ارومیه، سناریوپردازی، تحلیل احتمالاتی ریسک

فهرست مطالب

چکیده.....	۵
فهرست تصویرها.....	ک
فهرست نمودارها.....	م
فصل ۱ مقدمه.....	۱
۱-۱ بیان مسئله.....	۳
۱-۲ سؤالات پژوهش.....	۴
۱-۳ هدف پژوهش.....	۵
۱-۴ اهمیت و ضرورت.....	۶
۱-۵ فرضیات پژوهش.....	۷
۱-۶ حیطه پژوهش.....	۸
۱-۷ نوآوری‌های پژوهش.....	۸
۱-۸ مفاهیم و تعاریف.....	۹
۱-۸-۱ مثالی ساده: درون ظرف چه خبر است؟.....	۱۰
۱-۸-۲ عدم قطعیت.....	۱۱
۱-۸-۳ ریسک.....	۱۱
۱-۹ ساختار پژوهش.....	۱۱
فصل ۲ مرور ادبیات فنی.....	۱۳
۲-۱ سیمای کلان تحلیل احتمالاتی ریسک.....	۱۳
۲-۱-۱ ظهور، رشد و تثبیت.....	۱۴
۲-۱-۲ منابع تکمیلی.....	۱۵
۲-۲ تحلیل احتمالاتی ریسک در سیستم‌های منابع آب.....	۱۶
۲-۲-۱ درخت رویداد در سیستم‌های منابع آب.....	۱۷
۲-۲-۲ درخت شکست در سیستم‌های منابع آب.....	۱۸
۲-۲-۳ درخت پیوندی در سیستم‌های منابع آب.....	۲۰

۲۱	۲-۳ جمع‌بندی و خلاصه فصل
۲۴	فصل ۳ روش‌شناسی
۲۴	۳-۱ تحلیل احتمالاتی ریسک
۲۶	۳-۱-۱ روند انجام تحلیل احتمالاتی ریسک
۲۷	۳-۱-۱-۱ فاز آماده‌سازی
۲۸	۳-۱-۱-۲ فاز سناریوپردازی
۳۴	۳-۱-۱-۳ فاز کمی‌سازی
۳۴	۳-۱-۱-۴ فاز تحلیل و تفسیر
۳۶	۳-۲ نرم‌افزار تحلیل احتمالاتی ریسک
۳۶	۳-۲-۱ نرم‌افزار Reliability Workbench
۳۹	۳-۲-۱-۱ ماژول درخت رویداد
۴۰	۳-۲-۱-۲ ماژول درخت شکست
۴۱	۳-۳ جمع‌بندی و خلاصه فصل
۴۲	فصل ۴ یافته‌ها و نتایج
۴۲	۴-۱ فاز آماده‌سازی
۴۲	۴-۱-۱ گام نخست - تعریف اهداف
۴۳	۴-۱-۲ گام دوم - آشنایی با سیستم
۴۳	۴-۱-۲-۱ سیستم‌های منابع آب
۴۵	۴-۱-۲-۲ حوضه آبریز دریاچه ارومیه
۴۸	۴-۱-۲-۳ برنامه احیاء دریاچه ارومیه
۵۴	۴-۲ فاز سناریوپردازی
۵۴	۴-۲-۱ گام سوم - تعریف رویدادهای آغازگر
۵۵	۴-۲-۲ گام چهارم - ساختاربندی سناریوها
۵۶	۴-۲-۲-۱ دیدگاه منطق گسترش سناریوها
۵۷	۴-۲-۲-۲ دیدگاه تفکیک وضعیت نهایی
۵۸	۴-۲-۲-۳ دیدگاه مدلسازی شکست هم‌علت
۵۹	۴-۲-۲-۴ مدل درخت رویداد برنامه احیاء دریاچه ارومیه
۶۰	۴-۲-۳ گام پنجم - مدلسازی منطقی
۶۰	۴-۲-۳-۱ شناسایی رویدادهای پایه (رویدادیابی)

۶۴	۴-۲-۳-۲ مفروضات و معیارهای رویدادگزینی
۷۳	۴-۲-۳-۳ درخت شکست کنترل و کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی (1AG)
۷۷	۴-۲-۳-۴ درخت شکست تأمین آب از منابع جدید (2NW)
۷۹	۴-۲-۳-۵ درخت شکست اقدامات مطالعاتی و نرم‌افزاری (3ST)
۸۰	۴-۲-۳-۶ درخت شکست اقدامات حفاظتی و کاهش اثر (4PT)
۸۱	۴-۲-۳-۷ درخت شکست کنترل و کاهش برداشت از منابع آب (5CT)
۸۳	۴-۲-۳-۸ درخت شکست تسهیل و افزایش حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه (6FC)
۸۳	۴-۳ فاز کمی‌سازی
۸۳	۴-۳-۱ گام ششم - کمی‌سازی
۸۶	۴-۳-۱-۱ پرسشنامه
۸۶	۴-۳-۱-۲ تحلیل آماری
۹۱	۴-۳-۲ خلاصه و جمع‌بندی فاز سوم
۹۵	۴-۴ تحلیل و تفسیر
۹۵	۴-۴-۱ گام هفتم - تفسیر نتایج
۱۰۰	۴-۴-۲ گام هشتم - رتبه‌بندی اهمیت
۱۰۰	۴-۴-۲-۱ معیار اهمیت فاسل-وسلی
۱۰۹	۴-۴-۲-۲ معیار اهمیت برنباوم
۱۱۷	۴-۴-۳ گام نهم - تحلیل حساسیت
۱۱۸	۴-۴-۴ گام دهم - تحلیل عدم قطعیت
۱۱۹	فصل ۵ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری
۱۱۹	۵-۱ جمع‌بندی، بحث و بررسی (مکمل بازنویسی شد)
۱۲۶	۵-۲ محدودیت‌های پژوهش
۱۲۹	۵-۳ پیشنهادات
۱۳۱	منابع و مراجع

فهرست جدول‌ها

جدول ۱-۲- منابع تکمیلی تحلیل احتمالاتی ریسک.....	۱۵
جدول ۱-۳- نمادهای بکاررفته در درخت شکست.....	۳۰
جدول ۱-۴- زیرسیستم‌ها، نیروهای محرک و متغیرهای سیستم‌های مدیریت منابع آب.....	۴۵
جدول ۲-۴- راهکارهای ۲۷ گانه ستاد احیاء دریاچه ارومیه.....	۴۹
جدول ۳-۴- ریز جزئیات برنامه احیاء دریاچه ارومیه.....	۵۳
جدول ۴-۴- رویدادهای پایه در تحلیل احتمالاتی ریسک برنامه احیاء دریاچه ارومیه.....	۷۱
جدول ۵-۴- نتایج کمی سازی رویدادهای پایه در تحلیل احتمالاتی ریسک.....	۹۲
جدول ۶-۴- نتایج تحلیل سناریو در برنامه احیاء دریاچه ارومیه.....	۹۹
جدول ۷-۴- رویدادهای پراهمیت بر اساس معیار اهمیت فاسل-وسلی.....	۱۰۸
جدول ۸-۴- رویدادهای پراهمیت بر اساس معیار اهمیت برنباوم.....	۱۱۶
جدول ۹-۴- نتایج تحلیل حساسیت مدل ریسک.....	۱۱۸
جدول ۱۰-۴- رویدادهای حساس در تحلیل حساسیت.....	۱۱۸
جدول ۱-۵- خلاصه نتایج تحلیل سناریوها.....	۱۲۱
جدول ۲-۵- گروه‌های پراهمیت در شکست کنترل و کاهش برداشت از منابع آب.....	۱۲۲
جدول ۳-۵- رویدادهای پراهمیت در شکست کنترل و کاهش برداشت از منابع آب.....	۱۲۳
جدول ۴-۵- گروه‌های پراهمیت در کاهش ریسک برنامه احیاء دریاچه ارومیه.....	۱۲۳
جدول ۵-۵- رویدادهای پراهمیت در کاهش ریسک برنامه احیاء دریاچه ارومیه.....	۱۲۴
جدول ۶-۵- گروه‌های پراهمیت در کاهش عدم قطعیت برنامه احیاء دریاچه ارومیه.....	۱۲۵
جدول ۷-۵- رویدادهای پراهمیت در کاهش عدم قطعیت برنامه احیاء دریاچه ارومیه.....	۱۲۶
جدول ۸-۵- رویدادهای پراهمیت در تحلیل حساسیت برنامه احیاء دریاچه ارومیه.....	۱۲۶
جدول ۱-۰- مشخصات کارشناسان پرسشنامه.....	۱۳۸
جدول ۲-۰- سؤالات پرسشنامه.....	۱۳۹
جدول ۳-۰- نتایج پرسشنامه.....	۱۴۴

فهرست تصویرها

شکل ۱-۱- مثالی ساده: درون ظرف چه خبر است؟.....	۱۰
شکل ۳-۱- روند پیشنهادی سازمان ناسا برای تحلیل احتمالاتی ریسک.....	۲۶
شکل ۳-۲- نمودار عمومی درخت رویداد.....	۲۹
شکل ۳-۳- مثالی از درخت شکست: عدم کارکرد ترمز در دوچرخه.....	۳۱
شکل ۳-۴- نمودار عمومی درخت پیوندی.....	۳۲
شکل ۳-۵- نمودار ون برای رویدادهای وابسته (سمت راست) و رویدادهای مستقل (سمت چپ) ..	۳۳
شکل ۳-۶- نمایی از نرم افزار RWB.....	۳۷
شکل ۳-۷- نمایی از ماژول درخت رویداد در نرم افزار RWB.....	۳۹
شکل ۳-۸- نمایی از ماژول درخت شکست در نرم افزار RWB.....	۴۰
شکل ۴-۱- اندرکنش زیرسیستم های تأثیرگذار بر سیستم های آبی.....	۴۴
شکل ۴-۲- نقشه مشترک استان ها و حوضه های آبریز درجه یک ایران.....	۴۶
شکل ۴-۳- وضعیت توپوگرافی حوضه آبریز دریاچه ارومیه.....	۴۶
شکل ۴-۴- رودخانه های اصلی حوضه آبریز دریاچه ارومیه.....	۴۷
شکل ۴-۵- تغییرات در سطح دریاچه از سال ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۴ میلادی.....	۴۸
شکل ۴-۶- دسته بندی رئوس اصلی راهکارها در برنامه احیاء دریاچه ارومیه.....	۴۹
شکل ۴-۷- منابع برنامه ریزی شده برای تأمین حقابه دریاچه ارومیه.....	۵۳
شکل ۴-۸- نگاه پژوهش به رویداد آغازگر.....	۵۴
شکل ۴-۹- درخت رویداد در تحلیل احتمالاتی ریسک برنامه احیاء دریاچه ارومیه.....	۶۰
شکل ۴-۱۰- رویکرد انحراف از سناریوی پایه.....	۶۲
شکل ۴-۱۱- درخت شکست کنترل و کاهش مصرف آب کشاورزی - درخت مادر.....	۷۴
شکل ۴-۱۲- درخت شکست کنترل و کاهش مصرف آب کشاورزی - شاخه فرعی ۱.....	۷۴
شکل ۴-۱۳- درخت شکست کنترل و کاهش مصرف آب کشاورزی - شاخه فرعی ۲.....	۷۵
شکل ۴-۱۴- درخت شکست کنترل و کاهش مصرف آب کشاورزی - شاخه فرعی ۳.....	۷۵

- شکل ۴-۱۵- درخت شکست کنترل و کاهش مصرف آب کشاورزی - شاخه فرعی ۴..... ۷۶
- شکل ۴-۱۶- درخت شکست کنترل و کاهش مصرف آب کشاورزی - شاخه فرعی ۵..... ۷۶
- شکل ۴-۱۷- درخت شکست کنترل و کاهش مصرف آب کشاورزی - شاخه فرعی ۶..... ۷۷
- شکل ۴-۱۸- درخت شکست تأمین آب از منابع جدید - درخت اصلی..... ۷۸
- شکل ۴-۱۹- درخت شکست تأمین آب از منابع جدید - شاخه فرعی ۱..... ۷۸
- شکل ۴-۲۰- درخت شکست تأمین آب از منابع جدید - شاخه فرعی ۲..... ۷۹
- شکل ۴-۲۱- درخت شکست اقدامات مطالعاتی و نرم‌افزاری..... ۸۰
- شکل ۴-۲۲- درخت شکست اقدامات حفاظتی و کاهش اثر..... ۸۰
- شکل ۴-۲۳- درخت شکست کنترل و کاهش برداشت از منابع آب - درخت اصلی..... ۸۱
- شکل ۴-۲۴- درخت شکست کنترل و کاهش برداشت از منابع آب - شاخه فرعی ۱..... ۸۱
- شکل ۴-۲۵- درخت شکست کنترل و کاهش برداشت از منابع آب - شاخه فرعی ۲..... ۸۲
- شکل ۴-۲۶- درخت شکست کنترل و کاهش برداشت از منابع آب - شاخه فرعی ۳..... ۸۲
- شکل ۴-۲۷- درخت شکست تسهیل و افزایش حجم آب ورودی به دریاچه..... ۸۳
- شکل ۴-۲۸- گروه‌بندی ایستگاه‌های باران‌سنجی..... ۸۸
- شکل ۴-۲۹- نتایج تحلیل سناریو در مدل ریسک برنامه احیاء دریاچه ارومیه..... ۹۷

فهرست نمودارها

- نمودار ۴-۱- تراز دریاچه ارومیه از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۹..... ۵۲
- نمودار ۴-۲- میانگین سالانه تراز آب دریاچه ارومیه از آغاز بحران تا انتهای برنامه احیاء..... ۵۳
- نمودار ۴-۳- آب‌برترین محصولات حوضه آبریز دریاچه ارومیه..... ۶۷
- نمودار ۴-۴- توزیع زمانی بارش در حوضه آبریز دریاچه ارومیه..... ۸۹
- نمودار ۴-۵- میانگین فصلی دما در حوضه آبریز دریاچه ارومیه از ۱۹۶۴ تا ۲۰۰۵ میلادی..... ۹۰
- نمودار ۴-۶- تطابق داده‌های آماری و تابع توزیع احتمال برازش داده شده..... ۹۰
- نمودار ۴-۷- تابع چگالی احتمال و ناحیه هاشور خورده..... ۹۱
- نمودار ۴-۸- معیار اهمیت فاسل-وسلی - شکست در برنامه احیاء دریاچه ارومیه - به تفکیک گروه..... ۱۰۰
- نمودار ۴-۹- معیار اهمیت فاسل-وسلی - شکست در برنامه احیاء دریاچه ارومیه - به تفکیک رویداد..... ۱۰۱
- نمودار ۴-۱۰- معیار اهمیت فاسل-وسلی - شکست در کنترل و کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی - به تفکیک گروه..... ۱۰۲
- نمودار ۴-۱۱- معیار اهمیت فاسل-وسلی - شکست در کنترل و کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی - به تفکیک رویداد..... ۱۰۲
- نمودار ۴-۱۲- معیار اهمیت فاسل-وسلی - شکست در تأمین آب از منابع جدید - به تفکیک گروه..... ۱۰۳
- نمودار ۴-۱۳- معیار اهمیت فاسل-وسلی - شکست در تأمین آب از منابع جدید - به تفکیک رویداد..... ۱۰۳
- نمودار ۴-۱۴- معیار اهمیت فاسل-وسلی - شکست در اقدامات مطالعاتی و نرم‌افزاری - به تفکیک گروه..... ۱۰۴
- نمودار ۴-۱۵- معیار اهمیت فاسل-وسلی - شکست در اقدامات مطالعاتی و نرم‌افزاری - به تفکیک رویداد..... ۱۰۴

نمودار ۱۶-۴- معیار اهمیت فاسل-وسلی - شکست در اقدامات حفاظتی و کاهش اثر- به تفکیک گروه.....	۱۰۵
نمودار ۱۷-۴- معیار اهمیت فاسل-وسلی - شکست در اقدامات حفاظتی و کاهش اثر- به تفکیک رویداد.....	۱۰۵
نمودار ۱۸-۴- معیار اهمیت فاسل-وسلی - شکست در کنترل و کاهش برداشت از منابع آب- به تفکیک گروه.....	۱۰۶
نمودار ۱۹-۴- معیار اهمیت فاسل-وسلی - شکست در کنترل و کاهش برداشت از منابع آب - به تفکیک رویداد.....	۱۰۶
نمودار ۲۰-۴- معیار اهمیت فاسل-وسلی - شکست در تسهیل و افزایش حجم آب ورودی به دریاچه - به تفکیک گروه.....	۱۰۷
نمودار ۲۱-۴- معیار اهمیت فاسل-وسلی - شکست در تسهیل و افزایش حجم آب ورودی به دریاچه - به تفکیک رویداد.....	۱۰۷
نمودار ۲۲-۴- معیار اهمیت برنباوم - شکست در برنامه احیاء دریاچه ارومیه - به تفکیک گروه.....	۱۰۹
نمودار ۲۳-۴- معیار اهمیت برنباوم - شکست در برنامه احیاء دریاچه ارومیه - به تفکیک رویداد.....	۱۱۰
نمودار ۲۴-۴- معیار اهمیت برنباوم - شکست در کنترل و کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی - به تفکیک گروه.....	۱۱۰
نمودار ۲۵-۴- معیار اهمیت برنباوم - شکست در کنترل و کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی - به تفکیک رویداد.....	۱۱۱
نمودار ۲۶-۴- معیار اهمیت برنباوم - شکست در تأمین آب از منابع جدید - به تفکیک گروه.....	۱۱۱
نمودار ۲۷-۴- معیار اهمیت برنباوم - شکست در تأمین آب از منابع جدید - به تفکیک رویداد.....	۱۱۲
نمودار ۲۸-۴- معیار اهمیت برنباوم - شکست در اقدامات مطالعاتی و نرم‌افزاری - به تفکیک گروه.....	۱۱۲
نمودار ۲۹-۴- معیار اهمیت برنباوم - شکست در اقدامات مطالعاتی و نرم‌افزاری - به تفکیک رویداد.....	۱۱۳
نمودار ۳۰-۴- معیار اهمیت برنباوم - شکست در اقدامات حفاظتی و کاهش اثر - به تفکیک گروه.....	۱۱۳

- نمودار ۳۱-۴- معیار اهمیت برنباوم - شکست در اقدامات مطالعاتی و نرم‌افزاری - به تفکیک رویداد
 ۱۱۴.....
- نمودار ۳۲-۴- معیار اهمیت برنباوم - شکست در کنترل و کاهش برداشت از منابع آب - به تفکیک
 گروه..... ۱۱۴.....
- نمودار ۳۳-۴- معیار اهمیت برنباوم - شکست در کنترل و کاهش برداشت از منابع آب - به تفکیک
 رویداد..... ۱۱۵.....
- نمودار ۳۴-۴- معیار اهمیت برنباوم - تسهیل و افزایش حجم آب ورودی به دریاچه - به تفکیک
 گروه..... ۱۱۵.....
- نمودار ۳۵-۴- معیار اهمیت برنباوم - تسهیل و افزایش حجم آب ورودی به دریاچه - به تفکیک
 رویداد..... ۱۱۶.....

فصل ۱ مقدمه

ابرپروژه‌ها پروژه‌هایی بسیار کلان، پیچیده و با تأثیرات بسیار چشمگیر و گسترده هستند که در زمینه‌ها و کاربردهای گوناگون و پرشماری همچون زیرساخت‌ها، آب و انرژی، فناوری اطلاعات، فرآوری صنعتی، معدنکاری، بانکداری، صنایع دفاعی، هوافضا و بسیاری از زمینه‌های دیگر رد پای آن‌ها دیده می‌شود [۱-۴].

در دهه‌های اخیر هم فراوانی، هم مقیاس و هم ارزش ابرپروژه‌ها در سطح جهان رو به افزایش و در حال رشد بوده است [۱]. برآورد شده است که در فاصله بین سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۳۰ میلادی منابع مالی که برای پروژه‌های زیرساختی صرف می‌شود سالانه ۳.۴ تریلیون دلار (حدوداً ۵۷ تریلیون دلار در کل این بازه) یعنی تقریباً معادل با ۴٪ تولید ناخالص داخلی جهانی خواهد بود [۱، ۲]. پژوهش دیگری این مقدار سرمایه‌گذاری را بین ۶ تا ۹ تریلیون دلار در هر سال برآورد می‌کند [۳]. همچنین محققین به نقل از اکونومیست در سال ۲۰۰۸ ادعا می‌کنند که در هیچ دوره‌ای از تاریخ بشر سرمایه‌گذاری‌های زیرساختی به نسبت تولید ناخالص ملی اینقدر زیاد نبوده و از این پدیده با عنوان "بزرگترین جهش سرمایه‌گذاری در تاریخ" یاد می‌کنند [۱].

ابرپروژه‌ها تلاش‌هایی هستند که هم حجم کلانی از منابع را مصرف کرده و هم مقیاس تأثیر و پیچیدگی آن‌ها از درجات بزرگی است. برای چنین پروژه‌هایی منابع مالی بسیار سنگین، نیروی کار فراوان و منابع طبیعی و فیزیکی زیادی صرف می‌شود و بالطبع تأثیر اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی چنین پروژه‌هایی نیز بسیار چشمگیر و گسترده است. ممکن است ابرپروژه‌ای اقتصاد محلی را به میزان قابل توجهی بهبود ببخشند و یا اینکه بالعکس، اثر مخربی بر جای بگذارند. تأثیر این نوع پروژه‌ها ممکن است از مرزهای جغرافیایی فراتر رود، مدت زمانی طولانی را در بر بگیرد، نسل‌ها را متأثر کند، اقتصاد، جامعه و محیط طبیعی را نیز دگرگون نماید. افزون بر این، ابرپروژه‌ها عموماً زیر ذره‌بین توجه و حساسیت عمومی نیز قرار دارند، چرا که هم نهادهای مردمی در آن دخیل اند و هم بودجه عمومی در آن‌ها صرف می‌شود. از این رو، اعتبار و آبروی ذی‌نفعان پروژه - از جمله مقامات محلی و دولتی - به نتیجه پروژه بستگی دارد [۴].

ابرپروژه‌ها در کشورهای در حال توسعه نسبت به پروژه‌های مشابه در کشورهای توسعه‌یافته‌تر اهمیت بیشتری دارند، با چالش‌های بزرگ‌تری روبرو هستند و توجه بیشتری می‌طلبند. چرا که از یک

سو کشورهای در حال توسعه برای شتاب بخشیدن به رشد اقتصادی و رسیدن به توسعه ناگزیر و نیازمند به سرمایه‌گذاری‌های کلان در بسیاری از بخش‌ها بوده و در دهه‌های اخیر در عمل هم چنین کرده‌اند. برآورد شده است که از سال ۲۰۱۳ تا سال ۲۰۳۰ میلادی دو سوم از ۵۷ تریلیون دلار سرمایه‌گذاری بر روی ابرپروژه‌ها سهم کشورهای در حال توسعه خواهد بود [۵]. از سوی دیگر حدود ۸۵٪ از جمعیت جهان در کشورهای در حال توسعه زندگی می‌کنند [۵]، به همین خاطر هم می‌توانند تأثیرات بسیار زیاد و گسترده‌ای بر اقتصاد و محیط‌زیست جهانی بر جای بگذارند و هم خودشان شدیداً از نتایج ابرپروژه‌ها متأثر می‌شوند.

بازار ابرپروژه‌ها در ایران نیز بازار داغ و بزرگی است. ایران از اقتصادهای بزرگ منطقه است و برآورد می‌شود که در سال ۲۰۱۶ ارزش پروژه‌های عمرانی در ایران به تنهایی ۱۵۴ میلیارد دلار بوده باشد [۵]. ایران در مسیر توسعه نیاز به گسترش و بهبود زیرساخت‌های خود دارد، از این رو پروژه‌های زیادی در این راستا تعریف شده و یا در حال اجرا است. از جمله آن‌ها می‌توان به پروژه‌های ریلی همچون خط آهن چابهار به زاهدان، پروژه‌های شیرین‌سازی و انتقال آب دریا به برخی استان‌ها، پروژه‌های راهسازی همچون آزادراه تهران-شمال و پروژه‌های فرآوری نفت و گاز از جمله پالایشگاه بیدبلند اشاره کرد که با ارزش ۳.۴ میلیارد دلار به تنهایی سومین ابرپروژه بزرگ جهان در سال ۲۰۲۰ لقب گرفته است [۶].

مدیریت موفق و مؤثر ابرپروژه‌ها و به ثمر رساندن آن‌ها در حالت کلی چندان آسان و بدون دشواری نیست. ابرپروژه‌ها در امتداد پروژه‌های معمولی نیستند. یعنی این طور نیست که یک ابرپروژه تنها پروژه‌ای معمولی با مقیاس بزرگ‌تر باشد؛ بلکه اساساً جنس دیگری از پروژه‌ها با ویژگی‌ها، رفتارها و چالش‌های مختص به خود هستند. این نوع از پروژه‌ها ویژگی‌هایی دارند که باعث می‌شود مدیریت آن‌ها بسیار دشوار بوده و فراوانی شکست در آن‌ها نیز بسیار زیاد باشد [۳]. برخی از این ویژگی‌ها عبارتند از مقیاس بسیار کلان آن‌ها، زمان طولانی اجرا، عدم قطعیت زیاد، پیچیدگی اجرا، اضطرار و عجله‌ای که بر برخی از پروژه‌ها تحمیل می‌شود و ساختار مدیریتی پیچیده حاکم بر ابرپروژه‌ها [۳].

دشواری‌ها و پیچیدگی‌های اجرای یک ابرپروژه در کشورهای در حال توسعه نسبت به نظیر آن در کشورهای توسعه یافته دو چندان است. ابرپروژه‌ها نیازمند پیش‌نیازها و هم‌نیازهایی همچون دانش و مهارت فنی بالا، منابع انسانی شایسته و کارآمد، ظرفیت‌های مدیریتی و همچنین منابع مالی هنگفت هستند. حال آن که کشورهای کمتر توسعه یافته از بسیاری از این موهبت‌ها بی‌بهره‌اند؛ نعمت‌هایی که نبود آن‌ها مدیریت مؤثر این پروژه‌های بزرگ را می‌تواند مختل کند. همچنین در کشورهای در حال توسعه عموماً اولویت با رشد اقتصادی است و به مفاهیمی همچون توسعه پایدار یا محیط‌زیست کمتر

توجه می‌شود. افزون بر این موانع محیطی همچون ناپایداری اقتصادی، نبود شفافیت و فساد حاکم بر کشورهای در حال توسعه نیز بر دشواری‌ها و موانع ابرپروژه‌ها در کشورهای در حال توسعه می‌افزایند [۵، ۷، ۸].

ابرپروژه‌ها در ایران، علاوه بر چالش‌هایی که در حالت کلی یک ابرپروژه و در حالت خاص‌تر کشورهای در حال توسعه با آن روبرو هستند، با چالش‌های دیگری همچون تحریم و بی‌ثباتی اقتصادی نیز دست به گریبان بوده و این باعث شده است که ابرپروژه‌های زیادی نیمه کاره رها شوند، تأخیرهای زیادی داشته باشند و یا مطابق با برنامه زمان‌بندی و بودجه مورد انتظار پیش نروند [۹].

همان گونه که پیش‌تر گفته شد یکی از دلایل شکست ابرپروژه‌ها عدم قطعیت‌های زیاد حاکم بر این پروژه‌ها است. در عالم ابرپروژه‌ها بسیار دیده می‌شود که مدیران و متولیان ابرپروژه‌ها به عدم قطعیت‌های پیرامون خود توجه چندانی نداشته و دنیای مه‌آلود اطراف خود را کاملاً ساده، شفاف و قابل برنامه‌ریزی می‌بینند. حال آن که در واقعیت دنیا صفر و یکی نیست، پر از عدم قطعیت و ابهام است و معلوم نیست که چه پیش می‌آید، و بسیار اتفاق می‌افتد که طرح‌ها و برنامه‌ها آن گونه که برنامه‌ریزی شده اند پیش نمی‌روند. عدم در نظر گرفتن عدم قطعیت‌های حاکم بر فضای یک پروژه از دلایل اصلی در ناکامی، عملکرد ضعیف و بازدهی پایین ابرپروژه‌ها به شمار می‌رود [۱۰].

پژوهش حاضر می‌کوشد تا از دیدگاه عدم قطعیت به یکی از ابرپروژه‌های کلان کشور که در پاسخ به یک چالش زیست‌محیطی جدی و جنجالی حال حاضر ایران تعریف و اجرا شده است بپردازد. مسئله مورد نظر این پژوهش بررسی عدم قطعیت‌های ابرپروژه برنامه احیاء دریاچه ارومیه، صورت‌بندی و کمی‌سازی آن است. در ادامه چیرستی مسئله، چرایی پرداختن به آن و دیگر ابعاد و زوایای آن به صورت دقیق‌تر و مفصل‌تر معرفی می‌شود.

۱-۱ بیان مسئله

مسئله‌ای که این پژوهش به آن می‌پردازد به طور خلاصه این است: دریاچه ارومیه متأثر از عوامل طبیعی-انسانی با خطر خشک شدن و از بین رفتن روبرو بوده است. خشک شدن دریاچه ارومیه می‌توانست و می‌تواند پیامدهای بسیار سهمگین و فاجعه‌بار اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی به همراه داشته باشد.

برای بررسی، چاره‌جویی و مدیریت این چالش بزرگ محیط‌زیستی برنامه احیاء دریاچه ارومیه (از این پس به اختصار: برنامه احیاء) کلید خورد که می‌کوشد با تعریف، اجرا و مدیریت پروژه‌ها و اقدامات اصلاحی و فراهم آوردن بستر هماهنگی و همگرایی میان سازمان‌ها و طرف‌های درگیر این

دریاچه را از مرگ نجات دهد.

برنامه احیاء دریاچه ارومیه در نوع خود پروژه بسیار کلانی است که هم ویژگی‌ها، هم پیچیدگی‌ها و هم چالش‌های یک ابرپروژه را دارد. مقایسه و تطبیق ویژگی‌های ابرپروژه‌ها با مشخصات و خصوصیات برنامه احیاء در حیطه این پژوهش نمی‌گنجد، اما به عنوان یک قاعده سرانگشتی معمولاً در مراجع پروژه‌های یک میلیارد دلاری یا بزرگتر را به عنوان ابرپروژه در نظر می‌گیرند [۱۰-۱۲]، در برنامه احیاء دریاچه ارومیه نیز تا اواخر سال ۱۳۹۹ مقدار سرمایه‌گذاری انجام شده چیزی کمتر از یک میلیارد دلار بوده است [۱۳]، اما می‌توان حدس زد که منظور از "کمتر از یک میلیارد دلار" چیزی نزدیک به این مقدار است. احتمال این که تا انتهای افق ۱۴۰۶ این مقدار به یک میلیارد دلار برسد نیز چندان دور از انتظار نیست.

همان گونه که پیشتر گفته شد یکی از چالش‌هایی که ابرپروژه‌ها با آن روبرو هستند فضای ابهام‌آلود و عدم قطعیت زیاد در این دست از پروژه‌ها است. در برنامه احیاء نیز که یک ابرپروژه آبی-کشاورزی در مقیاس یک حوضه آبریز است، مقوله عدم قطعیت بسیار جدی و تأثیرگذار است. در این ابرپروژه عدم قطعیت‌های طبیعی (همچون تغییر اقلیم، نوسانات بارندگی، خشکسالی و ...) و عدم قطعیت‌های انسانی (همچون چگونگی مدیریت پروژه‌ها و واکنش حوضه‌نشینان به اصلاحات پیشنهادی و ...) بر سرنوشت این پروژه تأثیرگذار است.

با توجه به نکات و مواردی که بررسی شد، این پژوهش موضوع عدم قطعیت‌های ابرپروژه برنامه احیاء دریاچه ارومیه را در بازه زمانی ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۶ خورشیدی به عنوان مسئله خود تعریف کرده و تلاش کرده است تا با رویکردی علمی، ساختارمند و آزموده به این مسئله بپردازد.

۱-۲ سؤالات پژوهش

- حال با توجه به مسئله‌ای که در بخش پیشین مطرح شد ممکن است پرسش‌هایی به ذهن مخاطبان این پژوهش و مدیران و تصمیم‌گیران برنامه احیاء دریاچه ارومیه خطور نماید. پرسش‌هایی از جمله:
- از منظر کلان‌تر و عام‌تر، در سیستم‌های پویا و پیچیده‌ای همچون یک سیستم منابع آب چگونه می‌توان عدم قطعیت‌ها را صورت‌بندی و کمی کرد؟ چه روش‌ها و ابزارهایی برای این کار در دسترس است؟
 - از منظر خردتر و خاص‌تر، در مسئله برنامه احیاء دریاچه ارومیه چگونه می‌توان عدم قطعیت‌های این ابرپروژه را صورت‌بندی و کمی‌سازی کرد؟
 - در برنامه احیاء دریاچه ارومیه چه مؤلفه‌هایی بیشترین وزن را در عدم قطعیت و ریسک این

ابرپروژه دارند؟ در راستای کاهش عدم قطعیت و ریسک در برنامه احیاء دریاچه ارومیه چگونه می توان منابع و امکانات موجود و محدود را به بهترین و بهینه ترین حالت تخصیص داد، به طوری که بیشترین اثربخشی را در کاهش عدم قطعیت ها و ریسک های این ابرپروژه داشته باشد؟ این پژوهش می کوشد تا با تکیه بر پژوهش های پیشین و با بکارگیری روش های ساختارمند و آزموده پاسخی درخور برای سؤالات پیش گفته بیابد.

۳-۱ هدف پژوهش

هدف پژوهش حاضر این است که با بهره گیری از ابزارهای "درخت رویداد"^۱ و "درخت شکست"^۲ -که ابزارهای اصلی روش "تحلیل احتمالاتی ریسک"^۳ هستند- مدلی منطق پایه^۴ برای صورت بندی و کمی سازی عدم قطعیت ها در برنامه احیاء دریاچه ارومیه در مقیاس مکانی کل حوضه آبریز و مقیاس زمانی سال های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۶ خورشیدی توسعه دهد تا به این ترتیب سه مقصود کلی را ا قناع نماید. مقصود نخست این پژوهش پل زدن میان روش تحلیل احتمالاتی ریسک و دنیای مدیریت منابع آب است. تحلیل احتمالاتی ریسک ابزاری است که در بسیاری از زمینه ها و کاربردها همچون صنعت هسته ای، هوافضا و بسیاری صنایع دیگر به صورت گسترده به کار بسته شده و می شود. علی رغم قدمت و توانمندی تحلیل احتمالاتی ریسک، بکارگیری این رویکرد در حوزه منابع آب بسیار انگشت شمار، محدود، پراکنده و سطحی بوده و تا به حال کاربردپذیری آن در این سطح و در این مقیاس آزموده نشده است. بنابراین از اهداف این پژوهش نشان دادن کاربرد تحلیل احتمالاتی ریسک در یک ابرپروژه منابع آبی است.

مقصود دوم این پژوهش پیاده سازی تحلیل احتمالاتی ریسک در یک سیستم منابع آب یعنی حوضه پرتنش و مهم دریاچه ارومیه است. در راستای این هدف تلاش شده تا با پیروی از روند معمول تحلیل احتمالاتی ریسک و بکارگیری ابزارهای درخت رویداد و درخت شکست، عدم قطعیت های برنامه احیاء دریاچه تعیین و کمی شده و نتایج ارائه شود. به بیان دیگر این پژوهش به دنبال آن است که با تحلیل احتمالاتی ریسک مدلی برای صورت بندی عدم قطعیت های برنامه احیاء توسعه داده، آن را کمی نموده و سپس نتایج را تفسیر و ارائه نماید.

^۱ Event Tree

^۲ Fault Tree

^۳ Probabilistic Risk Assessment (PRA)

^۴ Logical

مقصود سوم این پژوهش نیز که ملموس‌تر و کاربردی‌تر است این است که با تکیه بر روش‌های علمی و آزموده بتواند به تصمیم‌گیران و مدیران برنامه احیاء دریاچه ارومیه این بینش و دانش را ببخشد که بتوانند و بدانند که چگونه منابع محدود در دسترس را به نحوی هدایت بکنند که بیشترین بازدهی را در کاهش عدم قطعیت در برنامه احیاء داشته باشد.

یافته‌ها و نتایج اصلی این پژوهش را می‌توان در سه کلیدواژه "سناریو"، "احتمال" و "معیار اهمیت"^۱ خلاصه کرد. این پژوهش سناریوهای احتمالی که در بازه سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۶ پیش روی برنامه احیاء قرار دارد را صورت‌بندی کرده و احتمال وقوع هر کدام از آن‌ها را برآورد خواهد کرد. همچنین با تخصیص معیارهای اهمیت، وزن هر کدام از پارامترهای مدل در عدم قطعیت کل نیز برآورد خواهد شد.

۴-۱ اهمیت و ضرورت

پرداختن به پژوهش حاضر و تلاش برای یافتن پاسخ‌هایی مناسب و مستدل برای پرسش‌های پیش‌گفته از چند جنبه ضروری می‌نماید.

نخستین ضرورت در ماهیت و طبیعت عدم قطعیت نهفته است. انسان در حالت کلی با ابهام و عدم قطعیت راحت نبوده و همواره تلاش کرده تا دنیای ناشناخته و عدم قطعیت‌های پیرامون خویش را بهتر و بیشتر بشناسد و بفهمد. تحلیل احتمالاتی ریسک نیز در واقع ابزاری در راستای غلبه انسان بر محیط ابهام‌آلود خویش است که به وی کمک می‌کند تا عدم قطعیت حاکم بر یک سیستم پیچیده را با روشی ساختارمند صورت‌بندی کرده و سپس برآورد نماید.

دیگر آن که بروز شکست در میان ابرپروژه‌ها بسیار شایع و پرشمار است و همان گونه که گفته شد یکی از چند مقصر و مسبب این مسئله عدم قطعیت‌هایی است که بر چنین ابرپروژه‌هایی سایه می‌افکند. در برنامه احیاء دریاچه ارومیه نیز عدم قطعیت‌ها -چه طبیعی و چه انسانی- زیاد و پررنگ و جدی بوده بنابراین باید به درستی صورت‌بندی و بررسی شوند.

از سوی دیگر تأثیرات بسیار زیاد و گسترده ناشی از موفقیت یا شکست ابرپروژه‌ها است که اهمیت و ضرورت بررسی دقیق‌تر آن‌ها را ایجاد و ایجاب می‌نماید. برنامه احیاء دریاچه ارومیه نیز در نوع خود پروژه بسیار بزرگی است و تأثیرات اجتماعی، اقتصادی و محیط‌زیستی کلانی در سطح حوضه آبریز و فراتر از آن دارد. بنابراین شناخت بهتر این ابرپروژه، به رسمیت شناختن عدم قطعیت‌های آن، تلاش

^۱ Importance Measure

برای صورت‌بندی و کمی‌سازی آن‌ها و همچنین تصمیم‌سازی و تصمیم‌گیری با توجه به این ریسک‌ها می‌تواند در سوق دادن قطار این پروژه بر روی ریل سناریوهای موفقیت‌آمیزتر کمک نماید.

وجه دیگر اهمیت این پژوهش نیز به کاربرد آن مربوط است. کسب بینش در مورد عدم قطعیت و ریسک هرچند به تنهایی نیز می‌تواند ارزشمند باشد، اما ارزش اصلی آن در کاربردپذیری آن است. تحلیل احتمالاتی ریسک روشی است که به تحلیلگر نتایج و خروجی‌هایی بسیار ارزشمند ارائه می‌کند که مهم‌ترین آن‌ها معیارهای اهمیت است. معیار اهمیت شاخصی است که میزان اهمیت یک مؤلفه سیستم را در راستای کاهش عدم قطعیت و همچنین کاهش ریسک‌های آن نمایش می‌دهد. وقتی که تحلیلگر مؤلفه‌های مهم و حساس سیستم خود را بشناسد، به این بینش مجهز خواهد شد که چگونه منابع در دسترس را به بهینه‌ترین شکل ممکن هزینه نماید. مثلاً بودجه محدود خود برای پایش سیستم را صرف مؤلفه‌هایی می‌کند که بیشترین وزن را در عدم قطعیت کلی سیستم به خود اختصاص داده است. این مقوله در تنگنای کنونی اقتصاد ایران می‌تواند منجر به اخذ تصمیم‌های بهتر و بهینه‌تری شود.

همچنین کاربردپذیری نتایج این پژوهش در دیگر پروژه‌ها و پژوهش‌های مشابه در سطح ملی و فراملی نیز ضرورت و انگیزه دیگری برای انجام این پژوهش دست می‌دهد. در ایران تنها حوضه آبریز و دریاچه ارومیه نیست که با تنش‌های طبیعی-انسانی دست به گریبان است. پهنه‌های آبی زیادی با مشکلات عدیده‌ای روبرو بوده و نیازمند توجه و اقدام هستند. تجربه این پژوهش می‌تواند در مدیریت مؤثر دیگر پروژه‌های مشابه نیز به کار آید. همچنین این پژوهش می‌تواند قدمی رو به جلو در پیوند دادن تحلیل احتمالاتی ریسک و سیستم‌های منابع آب در سطح جهان باشد.

۵-۱ فرضیات پژوهش

این پژوهش نیز همچون هر پژوهش دیگری بر پایه مفروضاتی بنا شده و با ساده‌سازی‌هایی همراه است. از آنجایی که یکی از اهداف ضمنی این پژوهش ترویج و گسترش بکارگیری تحلیل احتمالاتی ریسک به صورت اصولی، قاعده‌مند و مطابق با روندهای استاندارد آن بوده و این پژوهش می‌کوشد که روند معمول و ساختار رایج تحلیل احتمالاتی ریسک را رعایت نموده و حتی‌الامکان آن را بکار بندد، در این بخش از رساله از فهرست کردن مفروضات این پژوهش چشم‌پوشی شده است. مفروضات این پژوهش در بخش ۲-۳-۲-۴ مفصلاً فهرست شده و شرح داده شده‌اند.

۱-۶ حیطه پژوهش

در رابطه با حیطه مکانی و زمانی این پژوهش باید گفت که چارچوب مکانی این پژوهش کل حوضه آبریز دریاچه ارومیه را در بر می‌گیرد. همچنین بازه زمانی سال‌های ۱۴۰۰ تا ۱۴۰۶ خورشیدی نیز به عنوان چارچوب زمانی این پژوهش انتخاب شده است. چرایی این انتخاب در بخش ۱-۱-۴ مفصلاً بررسی می‌شود.

این پژوهش تنها عدم قطعیت‌های تأثیرگذار بر برنامه احیاء را صورت‌بندی و کمی می‌نماید و به دیگر منابع عدم قطعیت کاری ندارد. مثلاً از میان عدم قطعیت‌های اجتماعی حاکم بر حوضه دریاچه ارومیه و حوضه‌نشینان تنها آن مؤلفه‌هایی را در نظر می‌گیرد که برنامه احیاء دریاچه ارومیه از آن‌ها متأثر می‌شود. از سه مؤلفه ریسک یعنی سناریو، احتمال و پیامد (به بخش ۳-۸-۱ مراجعه شود) این پژوهش تنها به دو مؤلفه اول که در راستای صورت‌بندی عدم قطعیت هستند می‌پردازد. برآورد پیامدهای سناریوها با دشواری‌ها و ظرافت‌های زیادی روبرو است و با توجه به محدودیت‌های زمانی این پژوهش امکان‌پذیر نمی‌نماید.

همچنین سناریوپردازی در این پژوهش نیز تنها با یک رویداد آغازگر "وضعیت فعلی دریاچه ارومیه و برنامه احیاء دریاچه ارومیه" انجام شده است. هرچند که با نگاهی گذرا به سیستم‌های آبی می‌توان گزینه‌های دیگری را نیز به عنوان نامزد رویداد آغازگر شناسایی کرد، اما به دلیل محدودیت منابع و ابزارها این پژوهش به همین یک رویداد بسنده می‌کند.

دیگر آن که اگر چه این پژوهش حول مفهوم عدم قطعیت قوام یافته است، اما این مفهوم نباید با مفهوم پرکاربرد دیگر یعنی "تحلیل عدم قطعیت"^۱ به اشتباه خلط شود. تحلیل عدم قطعیت به معنای متداول‌تر آن (یعنی بررسی اثر پراکندگی داده‌های ورودی بر خروجی یک مدل) مقوله دیگری بوده و از حیطه پژوهش حاضر بیرون است.

۱-۷ نوآوری‌های پژوهش

وقتی که پژوهش پیش رو در کنار دیگر پژوهش‌های پیشین (به فصل دو نگاه کنید) سنجیده می‌شود، می‌توان گفت که این پژوهش نوآوری‌هایی هرچند کوچک و اندک به این حوزه افزوده است. یکی از نوآوری‌های این پژوهش را می‌توان موضوع و مقیاس آن دانست. این پژوهش نخستین پژوهشی است

^۱ Uncerntainty Analysis

که تحلیل احتمالاتی ریسک را با رویکرد تلفیق درخت رویداد و درخت شکست در مقیاس یک حوضه آبریز انجام می‌دهد. پژوهش‌های دیگر یا تنها از یک ابزار استفاده کرده و یا این که مقیاس‌شان بسیار محدود بوده است.

نوآوری دیگر پژوهش حاضر بکارگیری "دروازه رأی"^۱ و "شکست هم‌علت"^۲ در مدلسازی تحلیل احتمالاتی ریسک است. در مطالعاتی که این پژوهش بررسی کرده تا به حال از این دو استفاده نشده است. عمده تکیه پژوهش‌های پیشین بر "دروازه و"^۳ و "دروازه یا"^۴ بوده و پژوهش پیش رو با توجه به نیاز خود "دروازه رأی" را نیز به کار برده است. دروازه‌های منطقی مفصلاً در بخش ۲-۲-۲ شرح داده شده اند. شکست هم‌علت هم که ابزاری برای در نظر گرفتن وابستگی‌های درون‌سیستمی است تا به حال مهجور مانده و به کار نرفته است. شکست هم‌علت در بخش ۳-۱-۱-۲-۴ شرح داده شده است.

دیگر آن که می‌توان این پژوهش را تلاشی در راستای آیین‌مندسازی تحلیل احتمالاتی ریسک در یک ابرپروژه آب-کشاورزی به شمار آورد. تحلیل احتمالاتی ریسک در بعضی صنایع همچون صنعت هسته‌ای آزموده و قدیمی است اما در سیستم‌های منابع آب چندان استفاده نشده و منابع و دستورالعمل‌های چندان برای آن وجود ندارد. این پژوهش می‌تواند قدمی کوچک برای ترغیب مدیران و مهندسان فعال در بخش آب و محیط‌زیست برای بکار بست و توسعه بهتر و بیشتر تحلیل احتمالاتی ریسک در سیستم‌های منابع آب باشد.

۸-۱ مفاهیم و تعاریف

پژوهش حاضر بر مفاهیمی همچون عدم قطعیت و ریسک استوار است. در ادامه تعریف این پژوهش از این دو مفهوم ارائه می‌شود. البته باید گفت که واژگان تخصصی و مفاهیم پایه این پژوهش به همین دو مفهوم ختم و خلاصه نمی‌شوند. تعریف دیگر مفاهیم به فصل سوم یا هر جایی که برای نخستین بار ظاهر شوند موکول می‌شود.

برای درک بهتر و عمیق‌تر دو مفهوم عدم قطعیت و ریسک ابتدا تلاش می‌شود تا با بیان یک مثال ساده تصویری گویاتر از این مفاهیم در ذهن خواننده شکل بگیرد. پس از آن تعاریف علمی این دو

^۱ VOTE Gate

^۲ Common Cause Failure (CCF)

^۳ AND Gate

^۴ OR Gate

مفهوم مطابق با منابع معتبر ارائه می‌شود.

۱-۸-۱ مثالی ساده: درون ظرف چه خبر است؟

فرض کنید که مطابق با شکل ۱-۱ یک ظرف شیشه‌ای مات حاوی تعدادی مهره رنگی در اختیار دارید. از آنجایی که این ظرف مات است شما تصور و ذهنیتی از کم و کیف مهره‌های داخل آن نداشته و هیچ ایده‌ای ندارید که اگر دست خود را در آن انداخته و به تصادف مهره‌ای بیرون بیاورید چه رنگی خواهد بود. این حالت که واقعاً نمی‌دانید با چه طرف هستید - در تعریف این پژوهش - عدم قطعیت است.

حال فرض کنید که شما یک بار همه مهره‌های این ظرف را بیرون آورده، دسته‌بندی کنید و بفهمید که از هر رنگ چه تعداد مهره در آن وجود داشته است. حال اگر شما دوباره این آزمایش را تکرار کنید - دست خود را در شیشه انداخته و به تصادف مهره‌ای بیرون بیاورید - این بار می‌دانید که چقدر احتمال دارد که مهره انتخاب شده مثلاً زرد باشد. درست است که هم در این حالت و هم حالت پیشین انتخاب شما تصادفی است، اما در حالت دوم شما گزینه‌های ممکن و احتمال رخ‌داد آن‌ها را می‌دانید و با توجه به حالت‌های ممکن می‌توانید تصمیم‌های بهتر و آگاهانه‌تری بگیرید. این حالت دوم نگاه پژوهش به مفهوم ریسک را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱-۱ مثالی ساده: درون ظرف چه خبر است؟^۱

بنابراین به تعبیر این پژوهش ریسک حالتی است که شما عدم قطعیت سیستم (مثلاً ظرف) خود را صورت‌بندی کرده اید و می‌دانید که چه سناریوهایی (مثلاً سه گزینه آبی، زرد و سرخ) و هر کدام با چه احتمالی (مثلاً با محاسبه تعداد و نسبت مهره‌های هر رنگ) امکان وقوع دارند. در ادامه تعاریف علمی دو مفهوم عدم قطعیت و ریسک ارائه می‌شوند.

^۱ مأخذ: thecodefactory.ca با کمی تغییر

۱-۸-۲ عدم قطعیت

مفهوم عدم قطعیت را تا اندازه‌ای از خود نام این مفهوم می‌توان حدس زد. عدم قطعیت و قطعیت دو روی مخالف یک سکه اند. عدم قطعیت وقتی به وجود می‌آید که در مورد رفتار یک پدیده یا نتیجه یک فرآیند قطعیت وجود ندارد. به همان اندازه که قطعیت تحلیلگر نسبت به آن پدیده یا فرآیند افزایش می‌یابد، عدم قطعیت کمتر می‌شود [۱۴].

۱-۸-۳ ریسک

در تحلیل احتمالاتی ریسک مفهوم ریسک ترکیبی است از سه پرسش "چه اتفاقی ممکن است بیفتد (سناریو)؟"، "چقدر محتمل است (احتمال)؟" و این که "چه پیامدهایی در پی دارد (پیامد)؟". این ترکیب سه‌گانه تعریفی کلاسیک از ریسک بوده که مراجع علمی آن را این گونه نمایش می‌دهند [۱۵]:

$$R = \{ \langle S_i, L_i, X_i \rangle \}_c$$

در این تعریف S برابر است با سناریو، L احتمال وقوع و X نیز پیامد است. اندیس i شمارنده است و c نیز مخفف مجموعه کامل. به این معنی که این مجموعه باید همه سناریوها و حالت‌های ممکن را در بر بگیرد و هر دو سناریو نیز دو به دو منحصربفرد^۱ باشند. بعدها محققین این تعریف را تعدیل نموده و قید کامل بودن و منحصربفرد بودن را از این مجموعه برداشتند [۱۶]. برای آشنایی بیشتر با تحلیل احتمالاتی ریسک به بخش ۱-۳ مراجعه شود.

۱-۹ ساختار پژوهش

پژوهش حاضر در پنج فصل تنظیم و تدوین شده است. در فصل نخست ابتدا مقدمه و تصویری کلان از موضوع ارائه شده و سپس مسئله مورد بررسی و سؤالاتی که این پژوهش به آن می‌پردازد به صورت دقیق‌تر و ریزتر طرح شده است. نگاهی به ضرورت پرداختن به موضوع، نوآوری‌ها و ارزش‌آفرینی‌هایی که این پژوهش داشته است، تعریف برخی مفاهیم پایه و دیگر مباحث مقدماتی در این فصل ارائه شده است.

^۱ Mutually Exclusive

فصل دوم به مرور ادبیات تحقیق و بررسی پژوهش‌ها، یافته‌ها و تجربه‌های محققان پیشین پرداخته است. در این بخش ابتدا مروری بر سیر توسعه تحلیل احتمالاتی ریسک و معرفی مراجع عمده در این حوزه شده است. سپس در ادامه پژوهش‌های مربوط به تحلیل احتمالاتی ریسک در زمینه محیط زیست و کمیت و کیفیت آب مرور و بررسی شده اند.

فصل سوم به آشنایی با روش انجام پژوهش اختصاص یافته است. در این فصل روند و مراحل انجام تحلیل احتمالاتی ریسک و همین طور ابزارهای اصلی این روش معرفی شده است. همچنین بخشی از این فصل نیز به معرفی نرم‌افزار مورد استفاده در این پژوهش اختصاص دارد.

فصل چهارم نیز تحلیل و ارائه نتایج است. در این فصل مسئله طرح شده در فصل نخست، با الهام از پژوهش‌های مرور شده در فصل دوم و با تکیه بر روش‌شناسی معرفی شده در فصل سوم صورت‌بندی، کمی‌سازی و سپس تحلیل شده و نتایج حاصل برای مسئله مذکور ارائه می‌شود.

فصل پنجم نیز جمع‌بندی و نتیجه‌گیری است. در این فصل اهم یافته‌ها و نتایج بدست آمده از این پژوهش ارائه شده و به بحث گرفته می‌شود. همچنین محدودیت‌ها و بعضاً خطاهایی که احتمال می‌رود در اعتبار و کاربردی‌پذیری یافته‌های پژوهش اثرگذار بوده باشند نیز مختصراً مورد اشاره قرار می‌گیرند. در پایان پیشنهادهایی برای محققان آینده که علاقمند به کار در راستای این موضوع هستند مطرح می‌شود.