



دانشکده مهندسی عمران

توسعه مدل بهینه‌سازی عامل بنیان برای بررسی اثرات ایجاد بازار هوشمند آب سطحی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی عمران گرایش مدیریت منابع آب

تهیه‌کننده:

پریچهر مانده گاران

استاد راهنما:

دکتر حسین علیزاده

مردادماه ۱۴۰۰

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

تأییدیه‌ی هیئت داوران جلسه‌ی دفاع از پایان‌نامه / رساله

نام دانشکده:

نام دانشجو:

عنوان پایان‌نامه یا رساله:

تاریخ دفاع:

رشته:

گرایش:

ردیف	سمت	نام و نام خانوادگی	مرتبۀ دانشگاهی	دانشگاه یا مؤسسه	امضا
۱	استاد راهنما				
۲	استاد راهنما				
۳	استاد مشاور				
۴	استاد مشاور				
۵	استاد مدعو خارجی				
۶	استاد مدعو خارجی				
۷	استاد مدعو داخلی				
۸	استاد مدعو داخلی				

تأییدیه‌ی صحت و اصالت نتایج

باسمه تعالی

اینجانب پریچهر مانده گاران به شماره دانشجویی ۹۷۶۸۹۰۴۳ دانشجوی رشته مهندسی عمران مقطع تحصیلی کارشناسی ارشد تأیید می‌نمایم که کلیه‌ی نتایج این پایان‌نامه/ساله حاصل کار اینجانب و بدون هرگونه دخل و تصرف است و موارد نسخه‌برداری شده از آثار دیگران را با ذکر کامل مشخصات منبع ذکر کرده‌ام. در صورت اثبات خلاف مندرجات فوق، به تشخیص دانشگاه مطابق با ضوابط و مقررات حاکم (قانون حمایت از حقوق مؤلفان و مصنفان و قانون ترجمه و تکثیر کتب و نشریات و آثار صوتی، ضوابط و مقررات آموزشی، پژوهشی و انضباطی ...) با اینجانب رفتار خواهد شد و حق هرگونه اعتراض در خصوص احقاق حقوق مکتسب و تشخیص و تعیین تخلف و مجازات را از خویش سلب می‌نمایم. در ضمن، مسؤلیت هرگونه پاسخگویی به اشخاص اعم از حقیقی و حقوقی و مراجع ذیصلاح (اعم از اداری و قضایی) به عهده‌ی اینجانب خواهد بود و دانشگاه هیچ‌گونه مسؤلیتی در این خصوص نخواهد داشت.

نام و نام خانوادگی:

امضا و تاریخ:

مجوز بهره‌برداری از پایان‌نامه

بهره‌برداری از این پایان‌نامه در چهارچوب مقررات کتابخانه و با توجه به محدودیتی که توسط استاد راهنما به شرح زیر تعیین می‌شود، بلامانع است:

- بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله برای همگان بلامانع است.
- بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله با اخذ مجوز از استاد راهنما، بلامانع است.
- بهره‌برداری از این پایان‌نامه/ رساله تا تاریخ ممنوع است.

نام استاد یا اساتید راهنما:

تاریخ:

امضا:

مشکروقدردانی

❖ از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر حسین علیرزاده که راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند و در مراحل مختلف این

پایان نامه با سعید صدر دکترم بودند و از راهنمایی های اخلاقی و علمی ایشان بهره جسته ام کمال تشکر را دارم.

❖ از پدر و مادرم که در سختی پشتیبانی محکم برایم بوده اند تشکر می کنم.

❖ از دوستان عزیزم که همراهم همیشگی من بوده اند و مراد این زمینه یاری کردند تشکر می کنم.

چکیده

دریاچه ارومیه به دلایل مختلف اقتصادی - اجتماعی و اکولوژیکی، نقش مهمی در کشور ما دارد. تغییرات ورودی دریاچه در اثر تغییرات آب و هوایی، استفاده بیش از حد از منابع آب سطحی، ساخت سد، بارندگی کمتر و سیاست‌های اشتباه مدیریتی موجب کاهش سطح آب دریاچه شده است. رودخانه گدار یکی از منابع آب سطحی دریاچه ارومیه و در جنوب غربی این دریاچه واقع است. سد حسنلو واقع در خارج از بستر رودخانه گدار، به منظور تأمین نیاز آبی بخش کشاورزی شهرستان نقده ساخته شده است که از محل رودخانه گدار آبرگیری می‌شود و یکی از عوامل تأثیرگذار در حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه است. با توجه به بحران آب دریاچه ارومیه گزینه‌های مختلفی از جمله تشکیل بازار آب در حوضه‌ی آبریز این دریاچه مطرح است. در این پژوهش با استفاده از رویکرد مدل‌سازی عامل بنیان به بررسی و تجزیه تحلیل اثرات اقتصادی و هیدرولوژیکی ایجاد نهاد بازار آب در اراضی کشاورزی تحت پوشش سد حسنلو پرداخته شده و اثربخشی بازار آب هوشمند مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد عملکرد بازار هوشمند تحت تأثیر سیاست‌های برداشت آب از رودخانه گدار قرار دارد و تحت سیاست‌های مختلف برداشت از رودخانه گدار، عملکرد بازار تغییرات محسوسی از خود نشان می‌دهد. در این تحقیق از چهار ساختار بازار هوشمند، حراج دوگانه قیمت تعادلی، حراج دوگانه قیمت یکنواخت و حراج دوگانه قیمت متغیر استفاده شده است و ساختارهای قیمت‌گذاری مذکور از نظر اثربخشی هیدرولوژیکی و اقتصادی با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که کاهش حقابه‌ها بر اساس میزان آب در دسترس و در چارچوب قوانین مدیریتی منابع آب در تمامی سناریوها، منجر به کاهش ۲۵ درصدی حجم آب ورودی سد و بهبود شرایط هیدرولوژیکی رودخانه شده است اما از لحاظ اقتصادی سود خالص کشاورزان را حدود ۶ درصد نسبت به سناریوی بدون بازار کاهش داده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد ایجاد نهاد بازار آب بدون سیاست کاهش حقابه می‌تواند مجموع سود خالص کشاورزان را حدود ۱۵ درصد افزایش دهد. مقایسه نتایج در چهار ساختار بازار نشان می‌دهد ساختار بازار هوشمند و ساختار حراج دوگانه قیمت تعادلی بهترین عملکرد را از لحاظ شدت رقابت، حجم مبادلات و توزیع ثروت بین کشاورزان دارند. همچنین نتایج مدل نشان می‌دهد که افزایش ضریب هزینه تراکنش منجر به عملکرد نامطلوب بازارهای آب می‌شود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در الگوی کشت غالب منطقه، کشت محصول گندم به ازای یک واحد آب حدود ۳۳ درصد سود بیشتری نسبت به کشت محصول چغندر قند ایجاد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: مدل‌سازی عامل بنیان، نهاد بازار آب، آب سطحی، بازار هوشمند

فهرست مطالب

۱	فصل : مقدمه
۱-۱	پیش گفتار.....
۱-۲	لزوم انجام تحقیق.....
۱-۳	روش تحقیق.....
۱-۳-۱	فرضیات ساده کننده.....
۱-۴	اهداف تحقیق.....
۵-۱	ساختار پایان نامه.....
۷	فصل ۲: مرور پیشینه و مبانی
۱-۲	مقدمه.....
۲-۲	بازار آب.....
۱-۲-۲	تاریخچه بازار آب در جهان.....
۳-۲	مدل سازی بازار آب.....
۱-۳-۲	مدل های متمرکز.....
۲-۳-۲	مدل های غیرمتمرکز.....
۱-۲-۳-۲	مدل عامل بنیان.....
۴-۲	بازار هوشمند.....
۱-۴-۲	بازار هوشمند آب.....
۱-۴-۲-۱	تنظیم کننده.....
۲-۱-۴-۲	مدیر بازار.....
۲-۴-۲	مروری بر ادبیات بازار هوشمند آب.....
۵-۲	جمع بندی.....
۲۶	فصل ۳: مواد و روش ها
۱-۳	مقدمه.....
۲-۳	مورد مطالعاتی.....
۱-۲-۳	سیستم هیدرولیکی منطقه.....

- ۳-۲-۳ بهره‌برداری سد حسنلو و نیاز آبی محصولات..... ۳۰
- ۳-۲-۳ مشکلات منطقه پس از احداث سد حسنلو..... ۳۱
- ۳-۲-۳ طرح کاهش ۴۰ درصدی مصارف کشاورزی در حوضه آبریز دریاچه ارومیه..... ۳۱
- ۳-۲-۳ اهمیت ایجاد بازار در منطقه مطالعاتی..... ۳۲
- ۳-۳ روش‌شناسی تحقیق..... ۳۲
- ۳-۳-۱ مدل عامل بنیان..... ۳۴
- ۳-۳-۲ عامل مدیر بازار..... ۳۴
- ۳-۳-۱ ارزیابی هیدرولوژیکی..... ۳۴
- ۳-۲-۳ محدودیت حبابه..... ۳۵
- ۳-۳-۳ عامل کشاورز..... ۳۶
- ۳-۳-۱ شبیه‌سازی الگوی کشت..... ۳۷
- ۳-۳-۳ نیاز آبی و تمایل به کم آبیاری..... ۳۷
- ۳-۳-۳ تمایل به سودجویی و نرخ یادگیری و قیمت پیشنهادی هر عامل..... ۳۸
- ۳-۳-۳ تعیین قیمت آب و هزینه تراکنش در مبادلات بازار..... ۳۹
- ۳-۳-۳ بازار آب..... ۴۱
- ۳-۴-۳-۱ حراج دوگانه با قیمت متغیر..... ۴۲
- ۳-۴-۳-۲ حراج دوگانه با قیمت ثابت..... ۴۲
- ۳-۴-۳-۳ حراج با قیمت تعادلی..... ۴۳
- ۳-۴-۳-۳ بازار هوشمند..... ۴۳
- ۳-۴-۳-۳ چند نرخی بودن قیمت آب در بازار هوشمند..... ۴۶
- ۳-۴-۳-۳ تعیین قیمت در بازار هوشمند..... ۴۷
- ۳-۳-۵ سود نهایی هر عامل کشاورز..... ۴۷
- ۳-۳-۶ ضریب جینی..... ۴۸
- ۴-۳ ملاحظات کاربردی..... ۴۹
- ۳-۴-۱ ملاحظات هیدرولوژیکی..... ۴۹
- ۳-۴-۲ ملاحظات اقتصادی..... ۵۰
- ۳-۴-۳ ملاحظات زراعی..... ۵۰

فصل ۴: نتایج و بحث

۵۱

۵۲	۱-۴ مقدمه.....
۵۲	۲-۴ سیاست‌های مختلف آبیگری سد حسنلو.....
۵۲	۱-۲-۴ تحلیل حساسیت ضرایب α و β
۵۵	۲-۲-۴ سری زمانی نتایج در بازار هوشمند.....
۶۲	۳-۴ تحلیل حساسیت پارامتر تنظیمی بازار.....
۶۴	۴-۴ مقایسه اثرات اقتصادی و هیدرولوژیکی ساختارهای مختلف بازار.....
۷۱	۵-۴ بلوک‌بندی قیمت‌ها.....
۷۴	۶-۴ تحلیل حساسیت ضریب هزینه تراکنش.....
۷۵	۷-۴ بررسی سود خالص کشاورزان در ازای یک واحد آب.....

فصل ۵: نتیجه‌گیری

۷۶

۷۷	۱-۵ جمع‌بندی.....
۷۸	۲-۵ جنبه‌های نوآوری و مشارکت علمی.....
۷۸	۳-۵ پیشنهادها.....
۸۰	فهرست منابع.....

فصل ۶: پیوست

۸۶

۸۷	۱-۶ پیوست الف: مشخصات هندسی سد حسنلو.....
۸۸	۲-۶ پیوست ب: محاسبه شبه قیمت برای یک رابطه خطی.....
۹۰	۳-۶ پیوست ج: آورد سالانه رودخانه گذار.....

فهرست اشکال

- شکل ۱-۲ عملکرد بازار آب در حالت عادی..... ۱۹
- شکل ۲-۲ عملکرد بازار هوشمند آب..... ۲۱
- شکل ۱-۳ محدوده مطالعاتی..... ۲۸
- شکل ۲-۳ هیستوگرام بارش مورد مطالعاتی..... ۲۸
- شکل ۳-۳ تعداد و مساحت زمین‌های کشاورزی منطقه..... ۲۸
- شکل ۴-۳ سیستم هیدرولیکی سد حسنلو..... ۳۰
- شکل ۵-۳ فلوجارت رفتاری عامل‌ها..... ۳۳
- شکل ۶-۳ شماتیک تناوب کشت گندم و چغندر قند..... ۳۷
- شکل ۷-۳ فلوجارت چگونگی تأمین نیاز آبی توسط عامل کشاورز*..... ۴۱
- شکل ۸-۳ منحنی LORENZ..... ۴۹
- شکل ۱-۴ نتایج تحلیل حساسیت ضرایب A و B..... ۵۴
- شکل ۲-۴ اثرات هیدرولوژیکی ایجاد نهاد بازار آب تحت سیاست‌های مختلف برداشت آب از رودخانه گدار؛ الف) سری زمانی حجم ورودی مخزن ب) سری زمانی حجم ذخیره مخزن..... ۵۶
- شکل ۳-۴ اثر سیاست‌های مختلف برداشت بر بازار هوشمند آب؛ سری زمانی الف) حجم مبادلات ب) تعداد افراد فعال در بازار ج) قیمت مبادلات د) مساحت زیر کشت ر) سود خالص کشاورزان چغندر کار ز) سود خالص کشاورزان گندم کار..... ۵۹
- شکل ۴-۴ اثرات اقتصادی بازار هوشمند تحت سیاست‌های مختلف برداشت آب؛ سری زمانی الف) رفاه تجمعی ب) مجموع سود خالص کشاورزان (میلیون تومان)..... ۶۲
- شکل ۵-۴ نتایج آنالیز حساسیت مدل نسبت به $S_{MAX,C\&T}$ ۶۴
- شکل ۶-۴ اثرات هیدرولوژیکی ساختارهای مختلف سری زمانی الف) حجم آب ورودی به مخزن ب) حجم ذخیره‌سازی مخزن..... ۶۵
- شکل ۷-۴ سری زمانی الف) حجم مبادلات، ب) تعداد افراد فعال در بازار، ج) قیمت مبادلات، د) مساحت زیر کشت..... ۶۸
- شکل ۸-۴ اثرات اقتصادی انواع ساختارهای بازار سری زمانی الف) رفاه تجمعی مصرف‌کننده ب) سود خالص کشاورزان ج) ضریب جینی..... ۶۹
- شکل ۹-۴ مقایسه میانگین درصد مبادلات در سال در چهار ساختار بازار..... ۷۰
- شکل ۱۰-۴ اثرات بلوک‌بندی قیمت‌ها بر مبادلات بازار هوشمند آب؛ سری زمانی الف) حجم مبادلات ب) تعداد افراد فعال ج) قیمت مبادلات د) مساحت زیر کشت..... ۷۳
- شکل ۱۱-۴ نتایج آنالیز حساسیت ضریب هزینه تراکنش..... ۷۵

- شکل ۴-۱۲ سود خالص به ازای یک واحد آب..... ۷۵
- شکل ۶-۱ مشخصات سد حسنلو..... ۸۷
- شکل ۶-۲ آورد سالانه رودخانه گذار..... ۹۰

فصل ۱:

مقدمه

۱-۱ پیش‌گفتار

در نگرش جهانی، آب کالایی اجتماعی-اقتصادی و نیاز اولیه انسان محسوب می‌شود. هرچند آب جزئی از منابع تجدید پذیر به شمار می‌رود ولی مقدار آن محدود است. افزون بر این با وجود محدودیت منابع آب، عواملی همچون رشد جمعیت، نیاز به غذای بیشتر، ضرورت ارتقای سطح بهداشت، رفاه اجتماعی، توسعه صنعتی و حفاظت اکوسیستم‌ها، تقاضای آب را روزبه‌روز افزایش می‌دهند. این موضوع سبب شده است که در مدیریت سیستم‌های منابع آب، تعارض و اختلاف بیشتری میان تصمیم‌گیرندگان و سازمان‌ها با مصرف‌کنندگان به وجود آید. در حال حاضر بسیاری از مناطق جهان به‌طور فزاینده‌ای با کمبود شدید آب روبرو هستند (Vörösmarty و همکاران، ۲۰۰۰؛ Piao و همکاران، ۲۰۱۰). کمبود منابع آب منجر به استفاده بیش از حد از آب‌های سطحی و زیرزمینی و تخریب محیط‌زیست شده است (Song و همکاران، ۲۰۰۶). در حال حاضر کاربران، تصمیم‌گیران و متخصصین در تلاش‌اند تا راهکارهایی جهت مدیریت تقاضا و افزایش بهره‌وری منابع آب بیابند. بسیاری از کشورهای جهان به دنبال راهکارهایی برای باز تخصیص منابع آبی هستند زیرا نحوه برداشت کنونی منابع آب در این کشورها، موجب نزاع و مشکلات زیست‌محیطی شده است (Grafton و همکاران، ۲۰۱۲).

در میان رویکردهای مختلف مدیریت آب، تخصیص آب مبتنی بر بازار آب به یک موضوع داغ تبدیل شده است (Li و همکاران، ۲۰۱۱). هدف بازار آب حداکثر کردن بهره‌وری اقتصادی آب است که با تخصیص مجدد آب به جایی که ارزش اقتصادی حاشیه‌ای آن بیشتر است، انجام می‌شود. بازارهای آب به‌عنوان یک استراتژی مدیریت تقاضا برای مقابله با کمبود آب پیشنهاد می‌شوند (Wheeler و همکاران، ۲۰۱۴). اساساً بازار و قیمت‌گذاری نقش زیادی در تخصیص منابع به مصرف‌کنندگان دارند و در عین حال انگیزه‌هایی را برای حفاظت از منابع و سرمایه‌گذاری در حوزه‌های جدید به وجود می‌آورند. مجوز تجارت آب به طور ذاتی می‌تواند مشوقی برای محافظت از منابع آب باشد و از نظر اقتصادی، موجب تخصیص بهینه آب‌های محدود گردد (اکبری آلاشتی، ۱۳۹۴). امروزه ارزش آب در جوامع پایین بوده و تخصیص آن نیز به شکلی انجام می‌شود که گویا منابع آب محدود و تمام‌شدنی نیستند. به نظر می‌رسد که بازار آب، روش خوبی برای اجبار به استفاده کارآمد از آب در شرایط کمبود است، به شرطی که روش‌هایی برای کاهش هزینه‌های معامله وجود داشته باشد (Juana و Alarcón، ۲۰۱۶). در حال حاضر، بازارهای آب، هم به‌صورت غیررسمی و بدون چارچوب قانونی و هم به‌صورت رسمی تحت مقررات، به طور گسترده در سطح جهان و توسط کشورهایمانند استرالیا، شیلی و ایالات‌متحده مورد استفاده قرار می‌گیرند. این بازارها برای تخصیص آب بین کاربری‌های گوناگون

از جمله صنعت، کشاورزی، شهری و محیط‌زیست بسیار کارآمد می‌باشند. تجارت آب اگر به‌درستی انجام پذیرد، بدون هزینه‌های گسترده اجتماعی می‌تواند به نفع طرف‌های درگیر باشد (Swaney, ۱۹۸۸).

آبیاری، مصرف‌کننده اصلی آب در بسیاری از مناطق جهان است (Donohew, ۲۰۰۹؛ Wang, ۲۰۱۲). در صورتی که فرصت فروش آب مازاد وجود نداشته باشد، کشاورزان انگیزه‌ی زیادی برای محافظت از آب نخواهند داشت. در شرایط کمبود آب، بازارهای آب به عنوان ابزاری کارآمد برای تخصیص مجدد آب و افزایش تولید محصولات کشاورزی در نظر گرفته می‌شوند (Erfani و همکاران، ۲۰۱۴). شواهد زیادی وجود دارد که انتقال آب مبتنی بر بازار آب می‌تواند کارایی استفاده از آب را به ویژه در بخش کشاورزی بهبود بخشد و قیمت‌گذاری آب را کارآمدتر کند (Wheeler و همکاران، ۲۰۱۷).

در دهه‌های گذشته، بسیاری از مناطق برنامه‌های مختلف تجارت آب را برای مدیریت منابع آب سطحی و زیرزمینی پیشنهاد و اجرا کرده‌اند (Saliba, ۱۹۸۷؛ Griffin و Boadu, ۱۹۹۲؛ Murphy و همکاران، ۲۰۰۰؛ Grafton و Horne, ۲۰۱۴). برخی از این مطالعات به مسائل زیست‌محیطی در زمینه‌ی بازارهای آب پرداخته‌اند (Iftexhar و همکاران، ۲۰۱۳؛ Kuwayama و Brozović, ۲۰۱۳) ولی با این حال، بازارهای آب در واقعیت عملکرد مطلوبی نداشته‌اند (Easter و همکاران، ۲۰۱۳؛ Hadjigeorgalis, ۲۰۰۸) همچنین نتایج نشان می‌دهد که عملکرد بازارهای آب تحت تأثیر عوامل مختلف نهادی، زیست‌محیطی و اقتصادی قرار دارد (Du, ۲۰۱۷).

یکی از چالش‌های مدل‌سازی رفتار کاربران در بازار آب، نمایش چگونگی تعامل و ارتباطات میان عوامل با یکدیگر، عوامل با مؤسسات و عوامل با محیط هیدرولوژیکی است (Erfani, ۲۰۱۴). برخی مطالعات به بررسی اثرات رفتار کشاورزان در بازارهای آب پرداخته‌اند (Smajgl, ۲۰۰۹؛ Huskova و J. Harou, ۲۰۱۲؛ Zhao و همکاران، ۲۰۱۳؛ Lei و همکاران، ۲۰۱۹؛ Aghaie و همکاران، ۲۰۲۰). با توجه به اینکه بسیاری از مطالعات، هزینه بالای تراکنش را علت اصلی عملکرد ناموفق بازارهایی آب می‌دانند (Colby, ۱۹۹۰؛ Donohew, ۲۰۰۹؛ Erfani و همکاران، ۲۰۱۴)، سازوکار بازار هوشمند با هزینه معاملات نزدیک به صفر و استفاده از بهینه‌سازی خطی برای مبادلات بازار، این مشکل را رفع کرده است (Pinto و همکاران، ۲۰۰۹؛ Raffensperger, ۲۰۱۷).

۲-۱ لزوم انجام تحقیق

روند نزولی افت سطح آب دریاچه ارومیه پس از دوران پربابی آن در سال ۱۳۷۴، شروع گردیده و در طی بیست سال، تراز دریاچه بیش از ۸ متر افت کرده است. بررسی‌های کارشناسی صورت گرفته، نشان‌دهنده این است

که گرچه کاهش میزان بارش و افزایش دما در سطح حوضه آبریز دریاچه ارومیه در خشک شدن دریاچه اثرگذار بوده است اما چالش اصلی دریاچه ارومیه، عدم رعایت حد تعادل در مصرف آب به‌ویژه در بخش کشاورزی حوضه حتی در زمان خشک‌سالی بوده است. راه اصلی برون‌رفت از این وضعیت، اصلاح مصرف آب در بخش‌های مختلف به‌ویژه در حوزه کشاورزی است (Ulrip, 1394). رودخانه گدار یکی از رودخانه‌های مهم در تأمین آب دریاچه ارومیه است. سد حسنلو واقع در خارج از بستر رودخانه گدار، به منظور تأمین نیاز آبی بخش کشاورزی شهرستان نقده ساخته شده است که از محل رودخانه گدار آبیگیری می‌شود و یکی از عوامل تأثیرگذار در حجم آب ورودی به دریاچه ارومیه است؛ بنابراین، بررسی راه‌کارهایی به منظور مدیریت تقاضا در بخش کشاورزی این منطقه ضروری به نظر می‌رسد. در سال‌های اخیر و با توجه به مصوبه کاهش ۴۰ درصدی آب در بخش کشاورزی، سناریو تحویل حجمی آب (به‌جای تحویل ساعتی) به کشاورزان و امکان‌پذیر کردن خرید و فروش آب در این منطقه مورد توجه قرار گرفته است (طالبی اسکندری و همکاران، ۱۳۹۶). بازار آب با فراهم ساختن بستری برای تجارت آب، به‌عنوان راهکاری برای مدیریت تقاضا در دهه‌های اخیر مورد توجه بسیاری از کشورهای جهان قرار گرفته است. پژوهش حاضر به بررسی پتانسیل‌های ایجاد بازار آب در اراضی تحت پوشش سد حسنلو و همچنین مقایسه اثرات اقتصادی ایجاد مکانیسم‌های مختلف بازار از جمله بازار آب هوشمند پرداخته است.

۳-۱ روش تحقیق

این پژوهش با یک رویکرد عامل بنیان با هدف توسعه یک مدل هیدرولوژی-اقتصادی برای یک دوره ۱۴ ساله، برای بررسی اثرات ایجاد بازار آب در گام‌های زمانی سالانه و در اراضی کشاورزی تحت پوشش سد حسنلو تهیه شده است. در این پژوهش به بررسی چهار مکانیسم بازار که شامل سه سازوکار بازار حراج دوگانه یعنی حراج دوگانه قیمت متغیر، حراج دوگانه قیمت ثابت و حراج دوگانه قیمت تعادلی و یک مکانیسم بهینه‌سازی با عنوان بازار هوشمند آب پرداخته شده است. داده‌ها و اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش از گزارش‌هایی استخراج شده‌اند که توسط ستاد احیای دریاچه ارومیه از منطقه تهیه شده است. مدل ابتدا در محیط نرم‌افزاری Netlogo کد نویسی و شبیه‌سازی شده و سپس برای بررسی مکانیسم بازار هوشمند از اتصال نرم‌افزار Netlogo با محیط کد نویسی Python استفاده شده است. نرم‌افزار Netlogo، یک فضای مدل‌سازی مختص مدل‌های عامل بنیان است که امکان استفاده از نرم‌افزار را به صورت منبع باز^۱ فراهم می‌کند. با این وجود الزامی به

استفاده از این نرم‌افزار وجود نداشته و می‌توان برای مدل‌سازی از نرم‌افزارهایی مانند Matlab یا محیط‌های برنامه‌نویسی همچون Python بهره گرفت.

۳-۱-۱ فرض‌های ساده کننده

در این پژوهش، فرضیات زیر به منظور ساده‌سازی مدل در نظر گرفته شده است:

❖ در این پژوهش، یک مدل هیدرولوژیکی و اقتصادی با رویکرد شبیه‌سازی-بهینه‌سازی برای یک دوره آماری ۱۴ ساله (۱۳۸۵-۱۳۹۹)، به منظور ارزیابی اثرات ایجاد بازار آب در اراضی تحت پوشش سد حسنلو واقع در شهرستان نقده تهیه شده است. لازم به ذکر است که در منطقه مورد مطالعه بازار آب رسمی وجود ندارد.

❖ شبیه‌سازی و مدل‌سازی بازار آب در این پژوهش به صورت سالیانه است.

❖ الگوی کشت غالب منطقه به صورت تناوب دو ساله برای دو محصول چغندر قند و گندم در نظر گرفته شده است.

❖ تمایل به کم آبیاری عامل‌های گروه کشاورز به صورت تصادفی در نظر گرفته شده است.

❖ بازار هوشمند به صورت یک مسئله بهینه‌سازی خطی است.

❖ بلوک‌بندی قیمت‌ها به صورت فرضی در نظر گرفته شده است.

۴-۱ اهداف تحقیق

با توجه به مسائل مطرح شده در بخش‌های قبل و لزوم بررسی پتانسیل‌های ایجاد بازار آب سطحی در اراضی تحت پوشش سد حسنلو، این پژوهش با اهداف زیر انجام می‌شود:

- توسعه مدل عامل بنیان اقتصادی، کشاورزی و هیدرولوژی برای بررسی اثرات ایجاد بازار آب رسمی

و تأثیرات آن بر کشاورزان منطقه

- بررسی اثرات ایجاد بازار هوشمند آب سطحی و مقایسه آن با سایر سازوکارهای تخصیص و

قیمت‌گذاری

۱-۵ ساختار پایان‌نامه

پس از بیان کلیات موضوع، اهداف و روش تحقیق در این فصل، در فصل بعدی پیشینه تحقیق و مبانی نظری بازار آب و مدل‌سازی آن مطرح می‌شود. در فصل سوم مسئله در قالب فرمول‌ها و مدل‌های استفاده شده ارائه می‌شود. در فصل چهارم نتایج و بحث و در نهایت در فصل پنجم، جمع‌بندی، نتیجه‌گیری و پیشنهادهایی برای تحقیقات آینده ارائه می‌شود.

فصل ۲:

مرور پیشینه و مبانی

۲-۱ مقدمه

رشد جمعیت و توسعه اقتصادی منجر به افزایش تقاضای آب و در نتیجه فشار بر منابع آبی شده است. در حال حاضر، بسیاری از مناطق جهان با مشکل کمبود آب روبرو هستند؛ بنابراین تقاضای آب برای همه بخش‌ها، از جمله محیط‌زیست، نمی‌تواند به طور کامل برآورده شود. علی‌رغم سرمایه‌گذاری قابل توجه در زیرساخت‌های پیچیده تأمین آب، به نظر می‌رسد که سیستم فعلی برای تأمین تقاضای آب ناکافی است. از آنجا که سرمایه‌گذاری‌های عظیم عمومی در ساخت سدهای جدید و پروژه‌های آبیاری بعید به نظر می‌رسد، جهان مجبور به ایجاد استراتژی‌های جدید برای پاسخگویی به تقاضای آب در آینده است. اقتصاددانان مدت‌هاست که از بازارهای آب به عنوان یک استراتژی برای مدیریت تقاضای آب حمایت می‌کنند.

در چند دهه اخیر، بازار آب مورد توجه بسیاری از کشورهای جهان قرار گرفته و مطالعات گسترده‌ای در این زمینه انجام شده است. استفاده از مدل‌سازی برای ارزیابی اثربخشی ایجاد بازار آب به عنوان ابزاری برای انتقال آب از مصارفی با ارزش کم به مصارفی با ارزش بالاتر مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته است. در دهه‌های اخیر متخصصین اقتصاد آب و کشاورزی با استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های مختلف اقدام به ساخت مدل‌هایی از حوضه‌های آبریز و کاربران مختلف نموده‌اند تا بتوانند پتانسیل منافع ایجاد بازار آب را شبیه‌سازی کرده و اثرات آن را دریابند. علاوه بر آن، موضوع تخصیص آب به علت ناهمگون بودن میزان آب در دسترس، امکانات انتقال آب، نیاز آبی، نهادهای مدیریتی منابع و ... جزء مسائل پیچیده به شمار می‌رود. مدل‌سازی عامل بنیان به عنوان ابزاری برای فهم و تحلیل سیستم‌های پیچیده مانند بازار آب در نظر گرفته می‌شود. در این پژوهش برای شبیه‌سازی و بهینه‌سازی بازار آب از رویکرد عامل بنیان استفاده شده است.

در این فصل پس از معرفی مفاهیم و تاریخچه بازار آب در جهان به ارائه مطالعات مختلف در رابطه با مدل‌سازی بازار آب و دسته‌بندی آن‌ها پرداخته شده است. در پایان نیز مفاهیم مرتبط با بازار هوشمند آب ارائه شده و مطالعات مرتبط در این زمینه معرفی شده است.

۲-۲ بازار آب

Hirshleifer و همکاران (۱۹۶۳) اولین کسانی بودند که از واژه بازار آب به عنوان ابزاری برای تخصیص آب از طریق تعریف حبابه استفاده کردند. از آن دهه به بعد، یکی از رویکردهای مدیریتی آب که مورد توجه کشورهای دنیا قرار گرفته، بازار آب است. سازوکار بازار آب می‌تواند موجبات رشد اقتصادی، کاهش تنش‌های ناشی از رقابت در شرایط کم‌آبی و تخفیف آثار زیست‌محیطی را فراهم آورد. بازارهای آب می‌توانند بدون برانگیختن