





دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده عمران

بهره‌گیری از ابزارهای اقتصادی به منظور بهبود کارآیی استفاده از آب،
حوضه آبریز زاینده‌رود

پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران - آب

سیدعلی اوهب یزدی

استاد راهنما

دکتر آزاده احمدی



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی عمران - آب آقای سید علی اوهب یزدی تحت
عنوان

بهره گیری از ابزارهای اقتصادی به منظور بهبود کارآیی استفاده از آب، حوضه آبریز
زاینده رود

در تاریخ ۹۰/۱۲/۸ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی و تصویب نهایی قرار گرفت.

دکتر آزاده احمدی

۱- استاد راهنمای پایان نامه

دکتر حمید رضا صفوی

۲- استاد داور پایان نامه

دکتر جهانگیر عابدی

۳- استاد داور پایان نامه

دکتر عبدالرضا کبیری سامانی

سرپرست تحصیلات تکمیلی

شکر و قدردانی

سپاس بیکران پروردگار یکتا را که بستی ام، بخشد و مرا به طریق علم و دانش رهنمون کرد، به بهمنشینی رحروان دانش منمخترم نمود و خوشه چینی از خرمن دانش را روزیم ساخت. گذر از این راه و فائق آمدن بر مشکلات و دشواری ها ممکن نبود، مگر به لطف و یاری آن‌ها که از عطای وجودشان بهره مند بودم.

پاسکذار کسافی، ستم که سراغ از تولد من بستند. از یکی زاده می‌شوم و از دیگری جاودانه. پدري که سپیدی را برتخته سیاه زندگیم نکاشت و مادری که تاری مویی از او پایی

من سیاه نامند.

از استاد راه‌های ارجمندم سرکار خانم دکتر آزاده احمدی شکر می‌کنم، که علاوه بر راهنمایی علمی، درس زندگی، صبر و اخلاق را به من آموخته‌اند.

از کلیه بهکلاسی ها و دوستان مهربان و عزیزم که خاطرات شیرینی را با آنها تجربه نمودم، قدردانی می‌کنم.

از دوست عزیز و محترم، آقای مهندس حسن عباس نژاد که در برخی مراحل پایان نامه مرا یاری نمودند کمال شکر را دارم.

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات
و نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه
(رساله) متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به

آنکه آفتاب مهرش در آستانه قلمم، پیمان پار جاست

و هرگز غروب نخواهد کرد

فهرست مطالب

| <u>صفحه</u> | <u>عنوان</u> |
|---|---|
| هشت | فهرست مطالب |
| ۱..... | چکیده..... |
| فصل اول : مقدمه | |
| ۲..... | ۱-۱ مقدمه..... |
| ۳..... | ۲-۱ الگوریتم تحقیق..... |
| ۶..... | ۳-۱ نوآوری تحقیق..... |
| ۶..... | ۴-۱ سوالات تحقیق..... |
| ۶..... | ۵-۱ سازماندهی فصول پایان نامه..... |
| فصل دوم : بررسی منابع | |
| ۸..... | ۱-۲ مقدمه..... |
| ۸..... | ۲-۲ بهینه سازی الگوی کشت..... |
| ۱۰..... | ۳-۲ قیمت گذاری آب، ابزار اقتصادی و هزینه های جنبی..... |
| ۱۹..... | ۴-۲ آب مجازی..... |
| فصل سوم : روش تحقیق | |
| ۲۱..... | ۱-۳ مقدمه..... |
| ۲۱..... | ۲-۳ الگوریتم تحقیق..... |
| ۲۴..... | ۳-۳ کلیات و مفاهیم پایه..... |
| ۲۴..... | ۱-۳-۳ معرفی ابزار اقتصادی..... |
| ۳۰..... | ۲-۳-۳ ارزش اقتصادی آب و روشهای محاسبه آن..... |
| ۳۶..... | ۳-۳-۳ کشش قیمتی تقاضای آب..... |
| ۳۷..... | ۴-۳-۳ ایجاد تعادل در عرضه و تقاضا و قیمت تعادلی در بازار..... |
| ۳۸..... | ۵-۳-۳ آب مورد نیاز گیاه..... |
| ۳۸..... | ۶-۳-۳ رابطه عملکرد گیاه با تبخیر-تعرق و آب مصرفی..... |
| ۴۰..... | ۷-۳-۳ رویکرد تحقیق..... |
| ۴۱..... | ۴-۳ ساختار مدل پیشنهادی برای بهینه سازی الگوی کشت و تخصیص آب و روش حل آن..... |
| ۴۲..... | ۱-۴-۳ ساختار مدل پیشنهادی..... |
| ۴۹..... | ۲-۴-۳ معرفی الگوریتم ژنتیک..... |
| فصل چهارم : شناسایی حوضه مورد مطالعه | |
| ۵۴..... | ۱-۴ کلیات..... |
| ۵۴..... | ۱-۱-۴ مقدمه..... |
| ۵۴..... | ۲-۱-۴ موقعیت، مشخصات و ویژگیهای منطقه مورد مطالعه..... |
| ۵۶..... | ۳-۱-۴ کاربری اراضی در حوضه زاینده رود..... |
| ۵۸..... | ۲-۴ کشاورزی..... |

| | |
|--|---|
| ۶۰ | ۱-۲-۴ سطح زیر کشت اراضی آبی |
| ۶۰ | ۲-۲-۴ الگوی کشت آبی در محدوده‌های های مطالعاتی |
| ۶۰ | ۳-۲-۴ مصارف آب در بخش کشاورزی |
| ۶۶ | ۴-۲-۴ نیاز خالص محصولات کشاورزی |
| ۶۶ | ۵-۲-۴ برآورد تلفات و راندمان فعلی آبیاری در اراضی تحت پوشش شبکه‌های مدرن، تلفیقی و سنتی |
| ۶۸ | ۶-۲-۴ تنگناهای مربوط به کاهش تلفات آب در شبکه‌های آبیاری حوضه گاوخونی |
| ۶۹ | ۷-۲-۴ مهمترین عوامل محدود کننده افزایش راندمان های مصرف آب |
| ۷۱ | ۸-۲-۴ آب ناخالص مورد نیاز |
| ۷۱ | ۳-۴ صنعت |
| ۷۱ | ۱-۳-۴ سیمای عمومی بخش صنعت و معدن |
| ۷۴ | ۲-۳-۴ پیشینی استقرار صنایع در حوضه زاینده رود در سال ۱۴۱۰ |
| ۷۴ | ۴-۴ شرب |
| ۷۷ | ۵-۴ حوضه از دیدگاه اقتصادی |
| ۷۷ | ۱-۵-۴ تولید ناخالص داخلی ایران و حوضه زاینده رود |
| ۷۹ | ۲-۵-۴ سهم بخش کشاورزی و صنعت و معدن در تولید ناخالص داخلی حوضه زاینده رود |
| ۸۰ | ۳-۵-۴ وضعیت اقتصادی کشاورزی در حوضه زاینده رود |
| ۸۲ | ۴-۵-۴ بهره وری آب در بخش کشاورزی |
| ۸۳ | ۵-۵-۴ قیمت تمام شده آب و سهم هزینه آب در کشاورزی |
| ۸۳ | ۶-۴ مصرف آب در حوضه زاینده رود |
| فصل پنجم: نتایج به کارگیری روش تحقیق در منطقه مورد مطالعه | |
| ۸۵ | ۱-۵ مقدمه |
| ۸۶ | ۲-۵ مقایسه و بررسی وضعیت فعلی کشاورزی با مدل بهینه |
| ۸۶ | ۱-۲-۵ فرضیات مورد استفاده در بهینه سازی |
| ۸۶ | ۲-۲-۵ بررسی الگوی فعلی و نتایج حاصل از مدل بهینه |
| ۸۹ | ۳-۲-۵ سود کشاورزی در حالت بهینه و الگوی فعلی |
| ۹۱ | ۴-۲-۵ مقدار تخصیص آب به محصولات کشاورزی در طول دوره |
| ۹۱ | ۵-۲-۵ تغییرات حجم مخزن و سطح آب زیرزمینی در طول دوره |
| ۹۳ | ۶-۲-۵ ارزش اقتصادی آب کشاورزی |
| ۹۴ | ۷-۲-۵ کشش تقاضای آب نسبت به قیمت آب |
| ۹۵ | ۳-۵ ارزش اقتصادی آب در بخش صنعت |
| ۹۸ | ۴-۵ هدف از تعریف سناریو |
| ۹۸ | ۴-۵-۱ بررسی حوضه زاینده رود با روند فعلی مصرف (سناریو اول) |
| ۱۰۱ | ۲-۴-۵ بررسی حوضه زاینده رود با افزایش راندمان و افزایش قیمت آب (سناریو دوم) |
| ۱۰۶ | ۵-۵-۵ محاسبه شاخص ها و تجزیه و تحلیل سناریوها |

- ۱-۵-۵ شاخص بهره‌وری و راندمان بخش کشاورزی..... ۱۰۶
- ۲-۵-۵ شاخص اتکاپذیری آب زیرزمینی..... ۱۰۷
- ۳-۵-۵ شاخص بهره‌وری صنعت و محاسبه شاخص قیاس کشاورزی با صنعت..... ۱۰۷
- ۴-۵-۵ انتخاب سناریو برتر..... ۱۰۷
- ۵-۵-۵ تاثیرپذیری از ابزار اقتصادی..... ۱۰۸

فصل ششم: جمع‌بندی و پیشنهادات

- ۱-۶ مقدمه..... ۱۰۹
- ۲-۶ نتایج حاصل از بهینه‌سازی، استفاده از ابزار اقتصادی..... ۱۰۹
- ۳-۶ پیشنهادات..... ۱۱۰
- مراجع..... ۱۱۲

چکیده

افزایش روزافزون هزینه‌های فراهم کردن آب، افزایش تقاضا، خشکسالی‌ها و تهدیدهای آینده دولت‌ها را به فکر واداشته است که به دنبال راهکارهایی برای کاهش مصرف، استفاده کارا و در نتیجه ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا درحوضه‌ها باشند. در ایران مصرف آب در بخش کشاورزی تقریباً ۹۰ درصد مصرف کل را به خود اختصاص داده است.

مدیریت مصرف در بهره‌برداری از منابع آب، یک مسیر مستقیم جهت افزایش بهره‌وری و ارزش تولید شده توسط آب است و تقریباً همان چیزی است که در مفهوم بهره‌وری آب به نام کارایی شناخته می‌شود. در مدیریت مصرف و افزایش کارایی آب، ایجاد انگیزه، آگاهی و قرار دادن قوانین محکمی که در کنار هم بتوانند مصرف آب را کاهش داده و کارایی آب را بالا ببرند، الزامی است. از جمله ابزارهای کارآمد در مدیریت تقاضا، ابزار اقتصادی است. به طور کلی ابزارهای اقتصادی شامل دودسته مالیات‌ها، جریمه‌ها، کمک هزینه‌ها، ارزش‌گذاری‌ها و همچنین تشکیل بازارهای آب هستند. دسته اول برای کنترل تقاضا و جبران هزینه‌های سرمایه‌گذاری و خسارت‌ها استفاده می‌شود و دسته دوم برای تخصیص کارآمد و بهینه آب کاربرد دارند. تعیین ارزش واقعی آب و اعمال آن به شکل قوانینی که مصرف‌کننده را ملزم به پرداخت آن کند، می‌تواند منجر به مصرف بهینه و کارایی آب و افزایش انگیزه مصرف‌کننده در استفاده از روش‌های نوین آبیاری برای کاهش تلفات آب شود.

در این پایان‌نامه در ابتدا یک مدل بهینه‌سازی تدوین شد و با انتخاب الگوی کشت بهینه و تخصیص بهینه آب سود خالص حداکثر گردید. همچنین با استفاده از این مدل و به کارگیری روش‌های برنامه‌ریزی ریاضی و تابع تولید، مقدار ارزش اقتصادی آب برآورد گردید. به دلیل غیر خطی بودن تابع هدف و برخی قیود مدل بهینه و همچنین تعداد متغیرهای تصمیم زیاد، برای بهینه‌سازی مدل‌های تعریف شده از الگوریتم ژنتیک که یکی از روش‌های نوین بهینه‌سازی است استفاده گردید. با انجام بهینه‌سازی، سود خالص مدل نسبت به حالت فعلی ۲/۱ برابر شد. همچنین برای محاسبه ارزش اقتصادی آب در بخش کشاورزی یک مدل بهینه تدوین شد. نتایج نشان دادند که مقدار ارزش اقتصادی آب به ازای هر متر مکعب در بخش صنعت حدود ۱۴۰ برابر بخش کشاورزی است.

در ادامه دو سناریو تعریف شد. در سناریو اول فرض شد با توسعه بخش‌های مختلف مصرف، تخصیص آب به شکل فعلی انجام شود و سرمایه‌گذاری در بخش کشاورزی جهت افزایش راندمان آبیاری انجام نشود. همچنین در سناریو دوم فرض شد با استفاده از اعطای کمک هزینه به مصرف‌کنندگان کشاورزی، راندمان آبیاری افزایش داده شده و بخشی از کمک هزینه با افزایش قیمت آب در طول یک دوره ۱۰ ساله به تدریج بازگردانده شود. نتایج نشان داد که سود حاصله در سناریو دوم حدود ۲۴۹۳۹ میلیارد ریال است و تقریباً ۱/۸ برابر سناریو اول می‌باشد. دلیل اصلی افزایش سود در سناریو اول افزایش عملکرد محصولات و در نتیجه آن افزایش درآمد می‌باشد. مدل بهینه در سناریو دوم بین ۸۰ تا ۱۰۰ درصد نیاز آبی را تخصیص داد. در پایان با محاسبه شاخص اتکاپذیری (وابسته به سطح آبخوان) و اقتصادی (وابسته به سود خالص)، سناریو دوم به عنوان بهترین سناریو انتخاب شد.

کلمات کلیدی: ۱- ابزار اقتصادی ۲- کارایی آب ۳- الگوریتم ژنتیک ۴- ارزش اقتصادی آب ۵- بهینه‌سازی

فصل اول

مقدمه

۱-۱ مقدمه

در بسیاری از مناطق دنیا تا کنون آب برای مصرف کنندگان به راحتی قابل دسترس بوده و برای فراهم کردن آن چندان دچار مشکل نبوده‌اند. البته قابل ذکر است که کمک‌های مالی و فنی دولت‌ها نیز همواره عاملی بوده که آب راحت‌تر در اختیار مصرف کنندگان قرار گیرد. افزایش روزافزون هزینه‌های فراهم کردن آب، افزایش تقاضا، خشکسالی‌ها، تهدیدهای آینده و ناپایداری‌هایی که به دنبال آنها وجود دارد، دولت‌ها را به فکر واداشته است که به دنبال راهکارهایی برای کاهش مصرف، استفاده کارا و در نتیجه ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا در حوضه‌ها باشند. اغلب تلاش‌هایی که تاکنون برای ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضا انجام گرفته است، در زمینه افزایش عرضه آب بوده و کمتر در جهت مدیریت و کاهش مصرف آب گامی برداشته شده است.

متوسط بارندگی سالانه در ایران برابر ۲۴۰ میلی‌متر (تقریباً یک سوم متوسط بارندگی جهانی) می‌باشد و همچنین به دلیل بیلان منفی جریان‌های ورودی و خروجی، سالانه به میزان ۳/۸ میلیارد متر مکعب از حجم ذخائر کاسته می‌شود [۱]. بنابراین مدیریت مصرف آب در کشوری مثل ایران که علاوه بر افزایش تقاضای آب، خود دچار کمبود آب نیز است، یک امر ضروری است.

مدیریت مصرف در بهره‌برداری از منابع آب، یک مسیر مستقیم جهت افزایش بهره‌وری و ارزش تولید شده توسط آب است و تقریباً همان چیزی است که در مفهوم بهره‌وری آب به نام "کارایی"^۱ شناخته می‌شود. کارایی آب در بخش کشاورزی در ایران پایین می‌باشد. از دلایل اصلی کارایی پایین آب در بخش کشاورزی می‌توان به بالا

¹. Efficiency

بودن الگوی مصرف آب کشاورزی، راندمان پایین آبیاری، ناهماهنگی سیاست‌های کلان اقتصادی و سیاست‌های استراتژی خود کفایی با هدف افزایش کارایی آب (نیاز به محصولات آب بر برای صادرات و تولید محصولات استراتژیک مثل گندم، نیشکر و ...)، عدم تناسب الگوی کشت و ظرفیت‌های منابع آبی در مناطق مختلف (به عنوان مثال کشت یک محصول آب‌بر مثل چغندر قند در استان خراسان که خود دچار بحران کمبود آب است)، بهینه نبودن الگوی کشت در مناطق و نبود امکانات و آموزش‌های مورد نیاز برای جایگزینی روش‌های جدید آبیاری و استفاده از تکنولوژی برای افزایش راندمان اشاره کرد.

هرگونه تلاش برای افزایش کارایی آب در بخش کشاورزی می‌تواند ضمن توسعه کشت آبی، عوارض زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه آب را کاهش دهد. به نظر می‌رسد که یکی از روش‌های مفید برای اصلاح الگوی مصرف، ایجاد انگیزه، آگاهی و قرار دادن قوانین محکمی است که در کنار هم بتوانند مصرف آب را کاهش داده و کارایی آب را بالا ببرند. تلفیق مبانی و مفاهیم اقتصادی با مباحث مدیریت آب هم اکنون بطور گسترده در تبیین سیاست‌های توسعه پایدار یک حوضه بکار می‌روند و راهکارهایی را برای حفاظت از منابع آب و افزایش کارایی ارائه می‌دهد که بتوان با مشکلات کمبود آب و اختلافات ناشی از آن مبارزه نمود. یکی از ابزارهای کارآمد در مدیریت تقاضا ابزار اقتصادی^۱ می‌باشند. به طور کلی ابزارهای اقتصادی شامل مالیات‌ها، جریمه‌ها، کمک هزینه‌ها و قیمت‌گذاری‌ها که برای کنترل تقاضا و جبران هزینه‌های سرمایه‌گذاری به کار می‌روند یا تشکیل بازارهای آب که برای تخصیص کارآمد و بهینه آب کاربرد دارند، می‌باشند. تعیین قیمت و ارزش اقتصادی آب که یکی از زیر مجموعه‌های ابزار اقتصادی است، می‌تواند مصرف‌کننده‌ها را از ارزش واقعی آب آگاه کرده و در تامین نیازهای مالی در بخش آب یاری کند. در حقیقت تعیین ارزش واقعی آب و اعمال آن به شکل قوانینی که مصرف‌کننده را ملزم به پرداخت آن کند، می‌تواند منجر به مصرف بهینه و کارای آب و افزایش انگیزه مصرف‌کننده در استفاده از روش‌های نوین آبیاری برای کاهش تلفات آب شود. ابزارهای اقتصادی به اشکال مختلفی به افزایش کارایی آب کمک می‌کنند. به عنوان مثال قیمت‌گذاری در ایجاد انگیزه برای مصرف صحیح‌تر آب در هر بخشی (کشاورزی، صنعت و یا شرب) نقش دارد در صورتی که تشکیل بازار آب ممکن است آب را به سمت مصارف کارا تر (از کشاورزی به صنعت) هدایت کند.

در این تحقیق بیشتر تمرکز بر روی ارزش‌گذاری آب و اعطای کمک هزینه به مصرف‌کننده‌ها جهت افزایش کارایی آب می‌باشد.

۱-۲ الگوریتم تحقیق

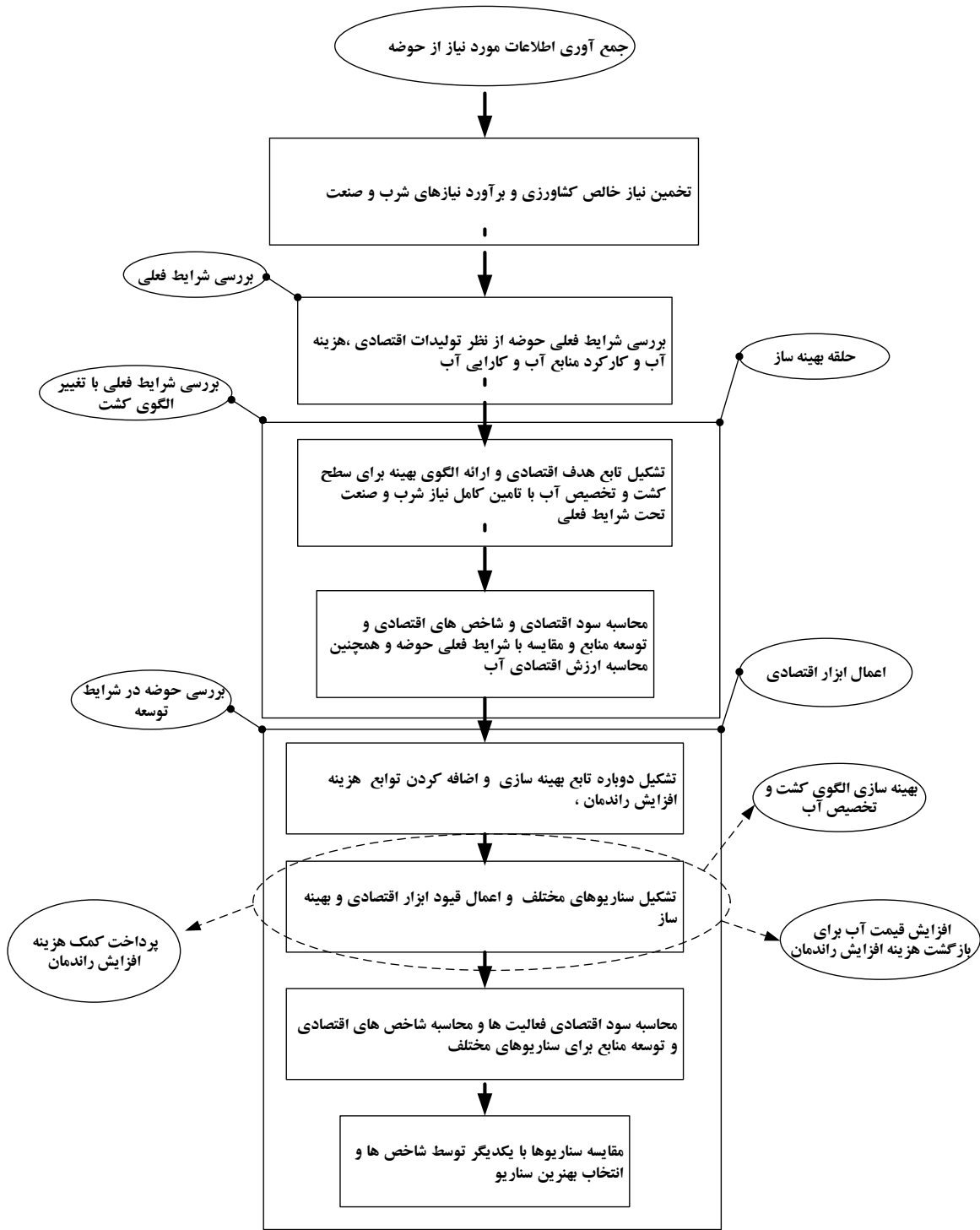
در شکل ۱-۱ الگوریتم توسعه داده شده در این پایان‌نامه ارائه شده است. مجموعه فعالیت‌ها به ۵ دسته، جمع‌آوری اطلاعات، محاسبه نیاز خالص آبی محصولات کشاورزی، ارائه مدل توسعه کشاورزی جهت محاسبه اراضی زیرکشت، مقدار تخصیص آب و الگوی کشت بهینه، ارزیابی سناریوهای مدیریتی و توسعه شاخص‌ها در سطح حوضه با هدف افزایش کارایی آب تقسیم‌بندی می‌شوند.

^۱ Economical Instruments

در بخش جمع‌آوری اطلاعات، داده‌های بارش در ایستگاه‌های موجود در بالادست و پایین‌دست محدوده مورد مطالعه و اطلاعات ماهانه ورودی به مخزن سد، اطلاعات عمومی و مشخصات فیزیکی و هیدرولوژیکی حوضه آبریز، راندمان آبیاری و همچنین اطلاعات اقتصادی و هزینه‌ها و فعالیت‌های موجود در حوضه جمع‌آوری می‌شوند. در مرحله بعد با استفاده از نرم‌افزار *NETWAT* مقدار نیاز خالص آبی محصولات کشاورزی در محدوده‌های مختلف تخمین زده می‌شود. سپس حوضه مورد نظر تحت شرایط فعلی عرضه و تقاضا مورد بررسی قرار گرفته و مقدار تولیدات ناخالص داخلی و سود خالص اقتصادی محاسبه شده و وضعیت منابع موجود تحت شیوه مصرف فعلی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

در مرحله توسعه مدل بهینه‌سازی، تابع هدف تشکیل شده و ضمن تعیین الگوی کشت و تخصیص بهینه آب، سود خالص و ارزش اقتصادی آب در بخش صنعت و کشاورزی محاسبه می‌شود. جهت تعیین صحیح ارزش اقتصادی آب و عدم تاثیرپذیری دو فعالیت از یکدیگر در محاسبه آن، مدل‌های بهینه‌سازی برای بخش کشاورزی و صنعت به طور مجزا توسعه داده می‌شوند.

در پایان این مرحله می‌توان با محاسبه شاخص‌های اقتصادی و اتکاپذیری منابع یک مقایسه‌ای بین حالت بهینه حوضه و شرایط فعلی از نظر سود خالص تولیدی و وضعیت منابع طی دوره ۱۰ ساله مورد نظر انجام داد. در ادامه با تعریف دو سناریو حوضه مورد نظر برای ۱۰ سال آینده بررسی می‌شود. در سناریو اول فرض می‌شود که به شکل فعلی، حوضه به مصرف آب و تولیدات خود ادامه دهد. در سناریو دوم با استفاده از ابزار اقتصادی (اعطای کمک هزینه جهت افزایش راندمان و افزایش قیمت آب جهت بازگشت بخشی از هزینه‌ها) مقدار تغییرات کارایی آب (بهره‌وری آب)، وضعیت منابع و تغییرات سود خالص مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در پایان با مقایسه شاخص‌ها بهترین سناریو در انتخاب می‌شود.



شکل ۱-۱- ساختار کلی الگوریتم تحقیق

۱-۳ نوآوری تحقیق

- در مطالعات و تحقیقات گذشته به طور معمول در ارتباط با خطرات کمبود آب و افزایش کارایی آب بررسی-هایی صورت گرفته است اما به ندرت در یک مطالعه موردی اقدام به افزایش راندمان و بررسی قیمت گذاری آب و تاثیر آن بر روی میزان مصرف شده است. در ادامه نوآوری‌های تحقیق بیان شده است:
- به کارگیری توامان روش برنامه‌ریزی غیرخطی و تابع تولید محصول برای محاسبه ارزش اقتصادی آب و تعیین حدود موثر قیمت گذاری با استفاده از محاسبه کشش تقاضای آب نسبت به تغییرات قیمت آن (تمایل به پرداخت) و ارزش اقتصادی آب (توان پرداخت).
 - اعطای کمک هزینه جهت افزایش راندمان آبیاری و بازگشت هزینه‌های سرمایه‌گذاری و همچنین ایجاد انگیزه جهت صرفه‌جویی مصرف‌کننده با افزایش قیمت آب در یک مطالعه موردی.
 - بهره‌برداری تلفیقی از منابع زیرزمینی و سطحی.

۱-۴ سوالات تحقیق

در این قسمت سوالاتی طرح می‌شوند که پاسخ آنها در فصل جمع‌بندی و نتیجه‌گیری خواهد آمد. مطرح شدن پرسش‌ها از آن جهت حائز اهمیت است که با مطالعه فصل اول و آخر پایان‌نامه، خواننده می‌تواند یک شناخت سریع و نسبتاً کاملی از تحقیق پیدا کند.

سوالات طرح شده:

- ۱- آیا قیمت‌گذاری آب و افزایش راندمان آبیاری می‌تواند بر افزایش کارایی آب تاثیر مثبت داشته باشد؟
- ۲- آیا در کنار قیمت‌گذاری آب نیاز است قوانین و نهادهایی وجود داشته باشند تا قیمت‌گذاری بتواند موثر عمل کند؟
- ۳- با بررسی سناریوی مرتبط با افزایش راندمان آبیاری و افزایش قیمت آب سود خالص افزایش یافت یا کاهش؟

۱-۵ سازمان‌دهی فصول پایان‌نامه

این پایان‌نامه در شش فصل تدوین شده است. بعد از مقدمه، در فصل دوم سابقه مطالعات انجام شده در زمینه موضوع و روش‌های مورد استفاده تحقیق مرور می‌شود. در فصل سوم، ابتدا الگوریتم تحقیق بیان می‌شود و در ادامه مدل‌ها و مفهومی‌هایی که در روند انجام الگوریتم مورد استفاده قرار گرفته بیان می‌شود. در فصل سوم مدل بهینه‌سازی کشاورزی ارائه شده و فرضیات و فرمول‌های مربوطه و همچنین روش مورد استفاده برای بهینه‌سازی تشریح می‌شود. به منظور ارزیابی نتایج مدل بهینه‌سازی مورد استفاده در سطح حوضه، شاخص‌هایی تعریف شده است که مورد استفاده قرار خواهند گرفت. در فصل چهارم حوضه مورد مطالعه معرفی می‌شود و در خصوص شرایط فعلی حوضه بحث خواهد شد. در فصل پنجم مدل‌های معرفی شده، بر روی حوضه مورد نظر پیاده می‌شود و نتایج حاصل از آنها ارائه خواهد شد. در این فصل، نتایج مربوط به مدل توسعه کشاورزی آورده شده است و جهت مقایسه سناریوهای

توسعه داده شده، از شاخص‌ها کمک گرفته شده است. در فصل آخر دستاوردهای پایان‌نامه جمع‌بندی و نتیجه‌گیری شده است و پیشنهادات جهت مطالعات بعدی ارائه می‌گردد.

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱ مقدمه

در سالیان گذشته تحقیقات زیادی در زمینه مدیریت منابع آب انجام شده است و هر کدام تلاش کرده‌اند تا راهکاری مناسب برای مدیریت صحیح عرضه و تقاضای آب بدست آورند. مطالعات انجام شده به طور معمول در ارتباط با بهینه‌سازی مصرف آب، ایجاد انگیزه و راهکاری برای ترغیب مصرف‌کنندگان در کاهش مصرف، آگاه ساختن مصرف‌کنندگان کشاورزی به الگوی کشت مناسب و چگونگی نحوه افزایش بهره‌وری آب و همچنین آگاه ساختن مصرف‌کنندگان آب به ارزش این نهاده و هزینه‌های زیادی که برای کنترل و عرضه آن تحمیل می‌شود، می‌باشد.

در این فصل سعی می‌شود مطالعات انجام گرفته در ارتباط با بهینه‌سازی الگوی کشت کشاورزی و تخصیص آب و روش‌هایی که برای آن استفاده می‌شود، ارزش‌گذاری آب و ابزار اقتصادی برای کنترل مصرف و تکنیک آب مجازی برای تخصیص بهتر و کاراتر آب مورد بررسی قرار می‌گیرد.

۲-۲ بهینه‌سازی الگوی کشت

مینودین^۱ و همکاران (۱۹۹۷) مدل برنامه ریزی کشت بهینه جهت کشاورزی با منابع آب زیرزمینی ارائه نمودند. در این مطالعه یک مدل برنامه ریزی آبیاری فرموله نمودند تا الگوی کشت و نیاز به آب زیرزمینی را بهینه نماید. دو هدف اصلی در این تحقیق حداکثر کردن سود اقتصادی خالص کشاورزی و سطح زیر کشت آبی به عنوان یک طرح توسعه در سطح منطقه بوده است [۲].

¹ Mainuddin

کای^۱ و همکاران (۲۰۰۲) یک چهارچوب برای تحلیل پایداری در مدیریت منابع آب ارائه نمودند. در این تحقیق تلفیقی از دو مدل بهینه سازی سالانه و ماهانه ارائه شد. مدل سالانه، سود نهایی خالص حاصل از مصرف آب در سطح حوضه آبریز را حداکثر می‌نماید. مدل ماهانه با استفاده از معیارهای پایداری ارتباط بین فعالیت‌های آبیاری و پیامدهای اقتصادی-اجتماعی و زیست محیطی را حفظ می‌نماید. متغیر تصمیم در مدل بهینه سازی سالانه الگوی کشت، برداشت از منابع جهت آبیاری و حجم آب اکولوژیکی می‌باشد. تابع هدف مدل بهینه‌سازی ماهانه که معیارهای پایداری را در بر می‌گیرد شامل معیارهای ریسک، زیست محیطی، برابری (عدالت) و مقبولیت اقتصادی است. این مدل جامع برای حوضه سیردریا استفاده شده است. نتایج آن شامل الگوی کشت بهینه، جریان زیست محیطی مناسب اکولوژی منطقه و راندمان آبیاری بهینه با در نظر گرفتن معیارهای مقبولیت اقتصادی است. بدین معنی که سود نهایی استفاده از آب جوابگوی هزینه سرمایه گذاری بهبود راندمان آبیاری باشد [۳].

کای و همکاران (۲۰۰۳) در تحقیقی به بررسی مدیریت پایدار آب در حوضه دریای آرال پرداختند و بیان کردند که پایداری آب، وابسته به دوهدف پایداری در کشاورزی برای حفظ امنیت غذایی و حفظ محیط زیست از اثرات ناشی از مصرف آب می‌باشد. بر اساس خروجی‌های به دست آمده از مدل به این نتیجه رسیدند که با حفظ روش‌های آبیاری فعلی مشکلات اقتصادی و محیط زیستی بدتر خواهد شد و تغییر الگوی کشت را به عنوان راهکار برای توسعه پایدار حوضه پیشنهاد کردند [۴].

جورجیو و پاپامیچیل^۳ (۲۰۰۸) یک مدل بهینه سازی برای مخزن جهت محاسبه الگوی کشت و تخصیص بهینه ارائه نمودند. متغیرهای تصمیم این مطالعه سطح زیر کشت و تخصیص آب به هر محصول کشاورزی می‌باشد. هدف آن نیز حداکثر نمودن درآمد حاصل از فعالیت کشاورزی می‌باشد (تفاوت بین درآمد و هزینه تولید محصولات کشاورزی). مدل بیان شده با استفاده از روش شبیه‌ساز بازیخت حل شده است. در این مدل شرایط آب و هوایی منطقه به عنوان عدم قطعیت در نظر گرفته شده است. پارامترهای غیر قطعی شامل بارش و تبخیر-تعرق می‌باشد که در چهار حالت اقلیمی در نظر گرفته شده است. این پارامترها بر محدودیت‌های مدل شامل حجم آب قابل تخصیص و نیاز آبی الگوی کشت موثرند [۵].

کارآموز و همکاران (۲۰۰۸) در یک مطالعه موردی دیگر در استان تهران به بهینه‌سازی تخصیص آب، با استفاده از برداشت تلفیقی از منابع سطحی و زیر زمینی پرداختند. در این مدل نیز برای محاسبه عملکرد محصولات کشاورزی از توابع درون فصلی استفاده شد و برای بهینه‌سازی این مدل از الگوریتم ژنتیک استفاده گردید. نتایج نشان دادند طبق الگوی بهینه پیشنهادی سود حاصل از محصولات کشاورزی تقریباً ۵/۵ برابر حالت عادی کشت می‌باشد [۶].

کارآموز و همکاران (۲۰۰۹) در یک مدل بهینه‌سازی تخصیص آب، با استفاده از برداشت تلفیقی از منابع سطحی و زیر زمینی، سعی در حداکثر سازی اختلاف سود و هزینه‌های جاری کشاورزی کردند. در این مدل درآمد، تابعی از فروش محصولات کشاورزی بود و هزینه‌ها شامل هزینه‌های ثابت تولید محصولات کشاورزی و هزینه ناشی از پمپاژ

¹ cai

² Syr darya

³ Georgio & Papamichail

آب می‌باشد. برای محاسبه عملکرد محصولات کشاورزی از توابع درون فصلی استفاده شد. همچنین برای بهینه‌سازی این مدل از الگوریتم ژنتیک استفاده کردند. نتایج نشان دادند طبق الگوی بهینه پیشنهادی سود حاصل از محصولات کشاورزی افزایش یافته و مصرف آب نیز کاهش خواهد یافت. در یک بررسی انجام گرفته توسط این محققین، دریافتند که اگر سطح محصولات کشاورزی تا حد خاصی کاهش یابد تا گیاهان دچار تنش آبی نشوند و آب کافی به آنها برسد، سود محصولات کشاورزی افزایش خواهد یافت [۷].

۲-۳ قیمت‌گذاری آب، ابزار اقتصادی و هزینه‌های جنبی

سلطانی (۱۳۷۲) در مطالعه موردی سد درود زن، به تعیین آبها و تخصیص بهینه آب پرداخت. در این مطالعه بیان شده است که مهمترین مساله در مدیریت و بهره برداری از منابع آب در کشور برقراری تعادل بین عرضه و تقاضای اقتصادی آب می‌باشد که عرضه اقتصادی را مقدار آب با کیفیت مناسب در زمان و مکان معین می‌شناسد و تقاضا را یک مفهوم اقتصادی برای رسیدن به مطلوبیت می‌داند که با نیاز، که یک مساله فیزیکی است متفاوت می‌باشد. مشکلی که برای قیمت‌گذاری آب وجود دارد، وابسته به طبیعت آن می‌باشد که اولاً یک منبع تجدید پذیر بوده و دوماً یک ماده فرار می‌باشد که از یک منطقه به منطقه دیگر حرکت کرده و در حال اینکه برای همه است و تحت مالکیت شخصی نیست. در عمل سه نظام تخصیص وجود دارد که بر مبنای ضوابط اداری و سیاسی، ضوابط فنی و اصول اقتصادی می‌باشد که در ایران بیشتر بر مبنای اولی و دومی تخصیص تعیین می‌شود. بدیهی است که بهترین نظام نظامی است که بر مبنای ترکیب این سه باشد. روش انتخابی در این تحقیق برنامه ریزی خطی بود که از مفهوم توانایی پرداخت زارعین استفاده شده است و بر مبنای ارزش اقتصادی (ارزش بازده نهایی) محاسبات انجام می‌شود. بعد از ساخت الگوی برنامه ریزی، الگوی بهینه تخصیص آب، تابع تقاضای آب و قیمت سایه‌ای تعیین شدند و مقایسه‌ای انجام شد که نتایج نشان داد که با تغییر قیمت، تقاضای آب کاهش می‌یابد اما برای زارعین مختلف متفاوت خواهد بود. همچنین قیمت سایه‌ای به دست آمده بسیار بیشتر از آب‌بهای دریافتی بوده و باید راهکارهایی را در نظر گرفت که با افزایش قیمت مصرف آب کاهش یافته و به حالت بهینه برسد. با مقایسه الگوی کشت فعلی با الگوی بهینه مشخص شد که با تغییر الگو سود حاصله به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد به عنوان مثال در یکی از گروه‌های مورد بررسی سود به اندازه ۱۴/۳۴ درصد افزایش یافت. در پایان نیز نقش بهبود راندمان آبیاری در افزایش تولید و درآمد بررسی شد که محاسبات نشان داد با افزایش ۱۰ درصدی راندمان، درآمد کشاورزان به اندازه ۵۰ درصد افزایش پیدا می‌کند. ارزش نهایی به دست آمده از این مطالعه بین ۲۰ تا ۱۰۸ ریال برای گروه‌های مصرفی مختلف به دست آمده است. [۸].

میرزایی و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعه موردی در دشت تجن استان مازندران به بررسی اثر استراتژی قیمتی آب بر تخصیص آب آبیاری پرداختند. در این تحقیق سعی شد تخصیص بهینه آب و الگوی کشت در دشت تجن با توجه به تغییر درآمدهای انتظاری محصولات کشاورزی و افزایش قیمت‌های آب برآورد شود. برای حداکثر سازی سود از مدل برنامه ریزی خطی استفاده شده است و در قالب دو مدل بیان شد. مدل اول حداکثر سازی سود ناخالص کل تولید در نواحی آبیاری شده می‌باشد که از مدل برنامه ریزی خطی استفاده شد و دومین مدل حداکثر سازی سود ناخالص

کل تولید در منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش تخصیص آب کشاورزی به صورت فصلی (SAWAS)^۱ است. روش SAWAS یک سیستم تخصیص منطقه‌ای آب کشاورزی است که منابع کمیاب آب را در میان فعالیت‌های مصرفی آب تخصیص می‌دهد. این روش با طرح ایده کمکی به برنامه ریزان پیشنهاد می‌کند تا در شرایط گوناگون و سیاست‌های متفاوت آب الگوی کشت بهینه را فراهم آورند. نتایج نشان می‌دهد که در مدل اول با تخصیص بهینه آب میزان سود از ۵۳۱۹۱/۶ در حالت فعلی به ۵۹۷۵۱/۱ میلیون ریال تغییر کرده و مصرف آب از ۸۲/۶ به ۷۵/۷ میلیون متر مکعب کاهش یافته است در الگوی دوم میزان سود و مقدار مصرف آب هر دو افزایش یافته است که به ترتیب ۶۸۳۰۴/۵ میلیون ریال و ۸۲/۶ میلیون متر مکعب می‌باشند. همچنین مقدار قیمت سایه‌ای برای دو حالت اول و دوم به ترتیب ۲۲۴ و ۲۱۹ ریال به دست آمد [۹].

اسدی و همکاران (۱۳۸۶) به یک مطالعه موردی بر روی اراضی زیر سد طالقان پرداختند و هدف آنها تعیین قیمت آب کشاورزی بود. در کنار این هدف، اهداف دیگری مثل تعیین ارزش نهایی آب آبیاری، محاسبه هزینه تمام شده آب کشاورزی، برآورد متوسط هزینه تولید یک هکتار محصولات گروه‌های مختلف بهره بردار و همچنین تعیین کشش قیمتی تقاضای آب کشاورزی که برای تعیین قیمت آب نیز مورد نیاز بودند، در نظر گرفته شد. در این مقاله بیان شده که یکی از ابزارهای مهم در مدیریت آب، نرخ‌گذاری آب است. البته باید قیمت تمام شده آب و قدرت خرید مصرف‌کننده‌ها در نظر گرفته شود.

تئوری اصلی در این مطالعه بیان می‌کند که حداکثر بازده اقتصادی هنگامی حاصل می‌شود که هزینه نهایی آخرین واحد آب برابر قیمت یعنی تمایل به پرداخت کشاورزان باشد. شرط حداکثر کردن مطلوبیت حاصل از مصرف آب در کشاورزی ایجاب می‌کند که مصرف‌کننده تا حدی آب مصرف کند که ارزش نهایی (ارزش اقتصادی) آب با بهای پرداختی آب برابر شود. در ادامه با روابط ریاضی این حالت نشان داده شده است:

$$Y = F(W_i / A_i, F_i) \quad (1-2)$$

که در رابطه بالا Y میزان تولید محصول (ton/ha)، W حجم آب مصرفی (m^3)، A سطح زیر کشت (ha) و F نهاده‌هایی به غیر از آب است. برای محاسبه میزان سود می‌توان از رابطه زیر محاسبه کرد:

$$\Pi = (P_Y \times Y) - (TVC + TFC) = (P_Y \times Y) - (P_W \times W + TFC) \quad (2-2)$$

که در رابطه بالا P_Y قیمت محصول برای هر کیلو، P_W قیمت آب در حجم واحد مصرفی، TVC هزینه‌های متغیر و TFC هزینه‌های ثابت است.

حال اگر از رابطه بالا مشتق نسبت به نهاده آب بگیریم داریم:

$$\frac{d\Pi}{dW} = P_Y \times \frac{dY}{dW} - P_W \quad (3-2)$$

سود هنگامی ماکزیمم می‌شود که قیمت آب با قیمت سایه‌ای آب (ارزش نهایی) برابر باشد:

$$P_Y \times \frac{dY}{dW} = P_W \Rightarrow VMP_W = P_W \quad (4-2)$$

¹ Seasonal Agricultural Water Allocation System