تخصیص بهینه آب با بکارگیری منحنی شکست تقاضا و الگوریتم وراثتی در بخش زراعت در حوضه زاینده رود

سمانه نگارچی[۱]، محمدرضا زارع مهرجردی*[۲]، صدیقه نبی‌یان[۳]، رحمان خوش اخلاق[۴]،

مقاله برگرفته از پایان نامه دکترا

تاریخ ارسال:۱۳۹۶/۰۶/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۹/۰۶

چکیده

با توجه به افزایش بحران و کمیابی آب، تخصیص درست آب منابع موجود، چالش‌های بزرگ مسئولان در حوضه زاینده‌رود ا ست. ک شاورزی و بخ صوص بخش زراعت، بی شترین م صرف آب را در این حو ضه به خود اخت صاص داده‌ا ست. بنابراین باید چگونگی تخصیص آب در این بخش به دقت مورد برر سی قرار گیرد. این مطالعه بدنبال آن ا ست تا با تعیین ارزش اقتصادی و تخمین توابع اقتصادی آب در بخش زارعت با بکارگیری الگوریتم وراثتی و منحنی شکست تقاضا، به تعیین تخصیص بهینه آب بر اساس افزایش رفاه مصرف آب در حوضه زاینده رود بپردازد. جهت کاهش ریسک کشاورزی، از داده‌های چهار سال متوالی و با در نظر گرفتن دو سناریو، استفاده شده است. نتایج نشان داد که تخصیص آب در بیشتر فعالیتهای زراعی در غرب زاینده‌رود از ارزش اقتصادی آب منفی برخوردار بوده که منجر به کاهش رفاه آب در این منطقه شده است. لذا بهترین تخصیص در بخش زراعت برای مصارف این بخش در مرکز و شرق این حوضه بوده است. همچنین نمودار تابع تقاضای آب در استان اصفهان بالاتر از تابع تقا ضای آب در ا ستان چهارمحال و بختیاری قرار دارد و م صرف آب در ا ستان ا صفهان مازاد رفاهی برابر با ۶۹۴۹۰۰۲۶۸۸۸۸ ریال در بر دارد. نتایج و پی شنهادات دراین مطالعه، به ت صمیم گیرندگان و مدیران در جهت ر سیدن به استفاده بهینه از آب و برنامه ریزی پایدار در این حوضه، یاری خواهد رساند.

واژه‌های کلیدی: حوضه زاینده رود، منحنی شکست تقاضا، رفاه، الگوریتم وراثتی

[۱] . دانشجوی دکتری اقتصاد منابع طبیعی و عضو انجمن پژوهشگران جوان دانشگاه شهید باهنر کرمان، Email: negarchi@gmail.com
[۲*] . دانشیار بخش اقتصاد کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، Email: zare@mail.uk.ac.ir (نویسنده مسئول)
[۳] .استادیار بخش اقتصاد کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، Email: snabieian@gmail.com
[۴] . استاد تمام دانشکده اقتصاد دانشگاه اصفهان، Email: r.khoshakhlagh@ase.ui.ac.ir

مقدمه

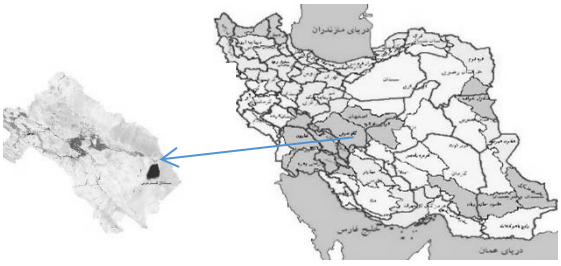
در سالهای اخیر به دلیل تحولات اقلیمی، کشور ایران دچار کاهش چشم‌گیر منابع آب در سدها، دریاچه‌ها، منابع آب زیرزمینی گشته است. حال اگر ایران نتواند در بحران کمبود آب، استراتژی مشخصی برای استفاده از منابع آبی تعریف کند، با مشکلات جدی روبرو خواهد شد. با توجه به محدودیت منابع آبی کشور، تخصیص آب بایستی با دقت بیشتری صورت بگیرد و به فعالیت‌هایی اختصاص یابد که دارای صرفه و سود اقتصادی بالاتری باشند. البته این موضوع به معنای چشم‌پوشی از سایر هدفهای اساسی و بلندمدت همچون تامین امنیت غذایی و اشتغال نمی‌باشد؛ اما در کنار این هدفها لازم است موضوع کارایی مالی و اقتصادی آب نیز برای افزایش بهره‌وری آب مورد توجه قرار بگیرد. یکی از منابع آبی مهم کشور که در سالهای اخیر با بحران شدیدی روبرو بوده است؛ حوضه رودخانه زاینده‌رود می‌باشد. این حوضه از دو استان اصفهان و چهارمحال بختیاری تشکیل شده است. ۹۳ درصد مساحت حوضه در استان اصفهان و ۷ در صد مساحت حوضه در استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد(اداره آب منطقه‌ای استان اصفهان). مصوبه غیرکارشناسی تبدیل شرکت‌های آب منطقه‌ای به شرکت‌های آب منطقه‌ای مستقل استانی در مجلس شورای اسلامی در سال ۱۳۸۴ که در دولت‌های نهم و دهم به اجرا درآمد، مدیریت حوضه زاینده رود را به مدیریت‌های دوگانه تبدیل و موجب تشدید بحران در حوضه زاینده رود شد. چنین سوء مدیریت‌هایی در رابطه با تنها منبع آبی حوضه زاینده‌رود همراه با تشدید و تداوم بی‌مهری‌های اقلیمی، بحران کم‌آبی در این حوضه را تا حد خشک شدن زاینده رود و پیامد آن، وخامت اوضاع معیشتی و سکونتگاهی جوامع روستایی پایین دست این حوضه بزرگ شدت بخشیده است. مصارف آبی متعدد و متنوع از زاینده‌رود بدون توجه به توان رودخانه در تامین این نیازها و بدون محاسبه نسبت بین مقدار آب رودخانه و مصارف موجود باعث برهم خوردن تعادل بین ورود و خروج و یا منابع و مصارف آب و ایجاد بحران در رودخانه شده است. مصارف صنعتی، شهری، افزایش سطح زیر کشت، جمعیت، مدیریت منابع آبی، نگرش غیر سیستمی به زاینده‌رود، عدم توازن در برداشت آب در نواحی مختلف، از بهترین مولفه‌های فشار کمی بر زاینده‌رود بوده‌اند. در حقیقت الگوی توسعه در مناطق بهره‌بردار از زاینده‌رود از جمله در استانهای اصفهان، یزد و چهارمحال و بختیاری ناپایدار و مبتنی بر مصرف آب است (اداره آب منطقه‌ای استان اصفهان) در حالیکه چیدمان توسعه باید بر اساس آمایش سرزمین باشد.

تاکنون مطالعات زیادی در مورد حوضه زاینده‌رود انجام گرفته است که از مهمترین آنها می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد از آن جمله می‌توان به امینی و میرزایی (۱۳۹۳)، خوش اخلاق و همکاران (۱۳۹۱)، حیات غیبی و همکاران(۱۳۹۱) اشاره کرد. مطالعاتی که در حوضه رودخانه زاینده رود انجام گرفته مربوط به استان اصفهان بوده و در مورد مصرف آب در غرب حوضه مطالعات تخصصی انجام نگرفته است

در این مطالعه قصد آن داریم تا با بهره‌گیری از الگوریتم‌های ابتکاری در تخمین توابع مورد نظر به تخمین توابع دقیق‌تری دست یابیم. با توجه به جستجوهای صورت گرفته و مطالعات انجام شده، عمده پژوهش‌های مرتبط با تخمین توابع اقتصادی آب از روشهای کلاسیک اقتصاد سنجی استفاده شده است. با توجه به گسترش روزافزون روشهای نوین و ابتکاری ، در راستای بهینه‌یابی توابع مورد نظر از این روشها استفاده خواهد است. تاکنون همه مطالعات انجام شده نشان داده است که الگوریتم های ابتکاری در زمینه بهینه یابی در مقایسه با روشهای موجود از عملکرد بسیار خوبی برخوردار بوده اند و نتایج دقیقتری به همراه داشته اند. از مهم ترین مطالعاتی که در سالهای اخیر در حیطه تعیین ارزش اقتصادی آب صورت گرفته می‌توان مقدسی و همکاران(۱۳۹۴)، نجفی و همکاران(۱۳۹۳)، دهقانپور و شیخ زین الدین(۱۳۹۲)، اسلامی و همکاران (۱۳۹۲)، Dai& Li (2013)، Modellin-Azuaran et.al(2010). و Raj et al.(2017) نام برد. در این مطالعات، در ارزیابی اقتصادی

و تخ صیص بهینه آب بین بخ شی از تخ صیص آب با ا ستفاده از موقعیت قرار گرفتن توابع تقا ضا در این تحقیق استفاده شده است که شاید در مطالعات مربوط به تخصیص بهینه آب کمتر به آن توجه شده است.

با توجه به م شکلات و اختلاف نظرهای متعددی که در زمینه تقسیم بندی آب رودخانه زاینده رود بین شهرها و ا ستان های مختلف بوجود آ مده، ارز یابی دقیق و کارشناسانه در مورد نحوه و میزان آب تخصیص داده شده به بخ شها و مناطق مختلف تو سط کار شنا سان و صاحب نظران در این حیطه، کمک شایانی به مدیریت هرچه بهتر این حو ضه خواهد نمود و نتایج این ارزیابی‌ها در تخصیص درست و بهینه این حوضه از اهمیت بسیار زیادی برخوردار ا ست. با توجه به مطالب ذکر شده، این پژوهش بدنبال پاسخ به این سوال بوده است که باتوجه به اهمیت آب در حوضه زاینده رود،کدام تخصیص آب در این حوضه جهت ک شاورزی، رفاه م صرف آب را افزایش می‌دهد؟ . هدف ا صلی این مطالعه، ارزیابی تاثیرات مدیریت دوگانه آب در حوضه زاینده رود است.



شکل(۱): موقعیت حوضه زاینده رود در ایران

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، حو ضه رودخانه زاینده رود با م ساحت حدود ۴۱ هزار کیلومتر مربع با مخت صات جغرافیایی ′۱۱ ، °۳۳ تا ′۴۲ ، °۳۳ عرض شمالی و′۲ ، °۵۰ تا ′۲۴ ، °۵۳ طول شرقی در منطقه مرکزی ایران قرار گرفته است. این حوضه در دو استان اصفهان و چهارمحال و بختیاری قرار گرفته ا ست که ۹۳ در صد از م ساحت این حو ضه در ا ستان ا صفهان قرار گرفته شده و ۷ در صد در ا ستان چهارمحال و بختیاری واقع شده ا ست. موقعیت حوضه زاینده رود در شکل (۱) نشان داده شده است.

شاخه ا صلی این حو ضه، رودخانه زاینده رود ا ست که دیگر شاخه ها به این شاخه ورود پیدا می‌کند. رودخانه زاینده رود از کوههای زاگرس(کوهرنگ) در شرق این حو ضه سرچشمه می‌گیرد و بعد از پیمودن ۳۵۰ کیلومتر در غرب زاینده رود به باتلاق گاوخونی می‌ریزد. متو سط بارندگی در این حوضه ۱۰۵mm است. این در حالی است که بی شترین م قدار بارندگی در کوهرنگ ۱۳۶۵mm بصورت سالانه ثبت شده است.

داده‌ها و ابزار تحقیق

یکی از م شکلات ا سا سی و مهم در انجام این مطالعه، نبود اطلاعات و داده های کافیدر هر منطقه بصورت سالانه جهت تخمین تابع تقاضای آب در این حوضه، بدلیل بزرگ و گ سترده بودن این منطقه ا ست؛ لذا در بع ضی موارد مجبور به استفاده از داده‌های سالانه استانی بجای داده‌های منطقه‌ای بوده‌ایم. داده‌های مورد نیاز شامل میزان سطح زیر ک شت برایهر مح صول در هر منطقه، آب خالص مورد نیاز گیاه برای هر مح صول در هر منطقه، هزینه تولید هر محصول در هر منطقه و درآمد حاصل از تولید هر محصول در هر منطقه بصورت سالانه است. هزینه ها شامل هزینه آماده سازی زمین، بذر، کود، آبیاری، شخم، خدمات ک شاورزی، آفت کش، بردا شت، حمل و نقل، اجاره زمین، سود سرمایه، بیمه و دیگر هزینه‌های غیر قابل پیش بینی

بوده است. داده‌ها به‌صورت متوسط سالانه برای یک دوره چهار ساله از سال ۱۳۹۱ تا ۱۳۹۴ در نظر گرفته شده است و از وزارت کشاورزی، آمارنامه های کشاورزیو شرکت آب منطقه ای استان اصفهان تامین شده است.

در این مطالعه ۱۵ شهرستان که از آب زاینده‌رود برای فعالیتهای کشاورزی خود استفاده می‌کنند، درنظر گرفته شده است. ۱۲ شهرستان در استان اصفهان (اصفهان، شاهین شهر، مبارکه، چادگان، نجف آباد، تیران، برخوار، لنجان، فریدن، فریدون شهر، شهرضا و خمینی شهر) و ۳ شهرستان در استان چهارمحال و بختیاری(بن، سامان، کوهرنگ) واقع شده است. محصولات زارعی اصلی که در این مقاله بررسی شده‌است شامل برنج، سیب زمینی، گوجه، پیاز، بادمجان، خیار، گندم، سورگوم، چغندر قند، پنبه، آفتابگردان، لوبیا، جو، عدس، ماش، نخود، هندوانه، خربزه، طالبی و گرمک، کلزا، یونجه، شبدر، ذرت، کلرنگ، و سایر علوفه ها است.

توزیع ریسک

کشاورزی فعالیتی پر ریسک محسوب شده و کشاورزان با شرایط غیر قابل اطمینانی روبرو هستند که باعث می شود نتوانند درآمد و میزان تولیدات خود را پیش بینی کنند. شرایطی همچون تغییرات اقلیمی، تغییرات قیمت، سیاست‌های دولت بخصوص تصمیمات لحظه ای آنها در زمینه کشاورزی و ... . در این مطالعه برای به حداقل رساندن ریسک در محاسبات و کاهش تاثیر آن در نتایج، از آمار و اطلاعات چهار سال به صورت پی در پی استفاده شده است؛ لذا دو سناریو در این پژوهش در نظر گرفته شده است. در سناریو اول تنها از متوسط چهار ساله عملکرد محصولات مختلف در هر منطقه استفاده شده است و در سناریو دوم همه اطلاعات و داده های مورد نیاز بصورت متوسط چهار سال در نظر گرفته شده است. برای این کار ارزش حال قیمتها و هزینه های سالهای قبل، با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردیده است:

$$P = A(1+i)^n \qquad (۱)$$

که P ارزش آتی، A ارزش جاری، i نرخ بهره و n تعداد سالهاست.

تابع تقاضای آب

تابع تقاضای آب معرف همان ارزش تولید نهایی آب (ارزش اقتصادی آب) است. تابع تقاضای آب بیان می‌کند که واحدهای تولیدی باید میزان مصرف آب را تا جایی ادامه دهند که مصرف هزینه واحد از آب (یک متر مکعب آب) حداقل به میزان قیمت آب ارزش تولید نهایی را افزایش دهد. به تعبیر دیگر نتیجه فوق آن است که میزان مصرف بهینه آب جایی است که ارزش تولید نهایی آب با قیمت آب برابر باشد. در یک منحنی تقاضا با شیب نزولی، مصرف کنندگانی وجود دارند که برای به دست آوردن کالا قیمتی بالاتر از قیمت جاری بازار می‌پردازند. به عبارتی مصرف کنندگان برای کالای مورد نظر مقدار کمتری نسبت به آنچه که برای از دست ندادن کالا حاضر به پرداخت است، می‌پردازند.

استفاده از مدلهای اقتصادسنجی برای بیان ویژگی های تابع تقاضای کشاورزی با مشکلات مخصوص به خود مواجه است. واکنش کشاورزان به قیمت‌های آب می‌تواند خیلی متغیر باشد زیرا آنها تعداد زیادی استراتژی قابل دسترس دارند. برای یافتن اینکه کدام استراتژی توسط کشاورزان در واکنش به تغییرات قیمت آب بکاربرده می‌شود، یک سوال تجربی است که توسط مدلهای اقتصاد سنجی مشکل بتوان به آن پاسخ داد. بعلاوه مدلهای اقتصاد سنجی تنها یک مقدار منحصر به فرد برای کشش تقاضای آب می‌دهند، که با واقعیت اینکه کشش تقاضا ممکن است در طول تابع تقاضا تغییر بکند، تناقض دارد.

هدف اصلی این پژوهش به دست آوردن ارزش اقتصادی آب و تخمین تابع تقاضای آن می‌باشد تا بدین وسیله به رابطه بین قیمت واقعی آب و مقدار تقاضای آن پی برده شود. اکثر تحقیقات گذشته برای بدست آوردن قیمت آب بدین گونه عمل کردند که یا از قیمت‌های رایج پرداختی کشاورزان برای تخمین تابع تقاضا استفاده

نموده‌اند یا از قیمتهای سایه‌ای، به این صورت که با استفاده از برنامه‌ریزی خطی و یا استفاده از یک تابع سود، تراز سلوگ، با تغییر مقدار آب و اثر آن روی تابع هدف، که تابع سود می‌باشد، قیمتهای سایه‌ای را استخراج کرده و از آن برای استخراج توابع تقاضا استفاده کرده‌اند. اشکالی که به روش آنان وارد است این می‌باشد که در روشهای ایشان برای تخمین قیمت آب، برای نمونه در روش برنامه‌ریزی خطی محدودیت‌هایی را بر تابع تولید وارد می‌کردند، که چه بسا ممکن است در عالم واقع این نوع تابع تولید و تکنولوژی منتسب به آن مورد استفاده کشاورزان نبوده است، یا محدودیت‌هایی که خود روش برنامه‌ریزی خطی دارد. در این تحقیق سعی شده که در به دست آوردن قیمت واقعی آب کمترین محدودیت را بر عملکرد کشاورزان اعمال نماید. روش انتخابی در این مطالعه روش باقیمانده است. قیمت آبی که با این روش بدست می‌آید ناشی از رفتارهای خود کشاورزان در پی حداکثر کردن سود شان می‌باشد. در روش باقیمانده هیچ گونه فروض نظم پذیری درباره تکنولوژی ضروری نیست. در این روش کل محصول مابین هر یک از نهاده‌های مورد استفاده در تولید توزیع می‌گردد. اگر قیمتهای منتسب برای هر نهاده بجز یکی از آنها بتولند در بازار تعیین شود، آنچه که از ارزش کل محصول تولید شده باقی می‌ماند به نهاده مورد نظر (که قیمت آن در بازار نمی‌تواند تعیین شود) نسبت داده می شود. این روش زمانی خیلی مناسب به نظر می‌رسد که نهاده مورد ادعای ما (که در این تحقیق آب می‌باشد) سهم زیادی در ارزش کلی محصول تولید شده داشته باشند(Young and Gray, 1985). این روش برای تعیین قیمت آب یا ارزش اقتصادی آب، کمترین محدودیت را بر فعالیت و عملکرد کشاورزی اعمال می‌نماید و لذا نتایج واقع بینانه تری ارائه می‌کند.

برای بیان ریاضی این روش تابع تولیدی را در نظر داریم که بطور مثال از ۴ عامل تولیدی به نام‌های K(سرمایه)، L(نیروی کار)،R (منابع طبیعی)، W(آب)، برای تولید یک نوع محصول Y استفاده می‌کند. تابع تولید می‌تواند به صورت زیر نوشته شود(Young,2005).

$$Y=f(K,L,R,W) \quad (۲)$$

اگر فرض شود که بازار محصولات و نهاده‌ها یک بازار رقابت کامل می‌باشند و قیمت ها ثابت در نظر گرفته شود و علاوه بر این اگر ارزش کل محصول تولید شده در سهم های مختلف بین نهاده های تولیدی توزیع شود به طوریکه به هر نهاده تولیدی بر طبق ارزش تولید نهایی آن پرداخته شود و بدین طریق ارزش کل محصول کاملا بین تمام نهاده‌ها تقسیم شود، بنا بر این اصل می‌توان نوشت:

$$TVP\ Y = (VMPK.\ QK) + (VMPL.\ QL) + (VMPR.\ QR) + (VMPW.\ QW) \quad (۳)$$

که TVP نشاندهنده ارزش نهایی محصول و VMPi ارزش تولید نهایی نهاده i را نشان می‌دهد و Qi مقدار منبع i می باشد.

بر طبق اصل VMPi=Pi و با جایگذاری خواهیم داشت:

$$P_w =[TVP_Y-((P_K\ .\ Q_K) + (P_L.\ Q_L) + (P_R.\ Q_R))]/\ Q_W \quad (۴)$$

برای موارد عمومی که n نهاده و m محصول داشته باشیم، محاسبه دقت نهاده مورد نظر به صورت زیر بیان می‌شود:

$$X_n\ P_{xn}= \sum^{m} (Y_j\ P_{Yj})- \sum^{n-1} (X_i\ P_{Xi}) \quad (۵)$$

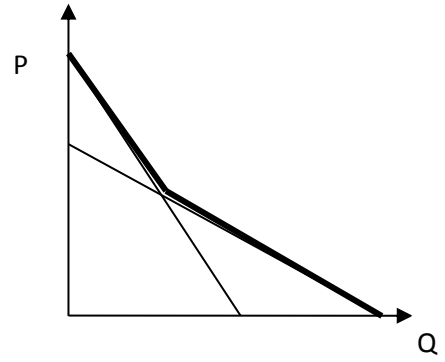
که در آن Xi دلالت بر مقادیر نهاده i دارد، Yj دلالت بر مقادیر محصول j دارد. PXi و PYj به ترتیب قیمت محصولات و نهاده ها می‌باشد. Xn دلالت بر مقدار نهاده آب دارد.

اگر از کل درآمد سالانه کشاورز همه هزینه ها غیر از آب کسر شود، مقداری می‌ماند که این باقیمانده به آب

ن سبت داده می شود و این مقدار ن شاندهنده حداکثر مقداری است که کشاورز می‌تواند برای آب بپردازد و هنوز هم تمام هزینه‌هایش را پو شش بدهد. در این مطالعه انتقال آب بصورت فیزیکی نمی باشد بلکه انتقال آب صرفا بین بخشی و با انتقال حق آبه از پایین دست به بالا دست انجام گرفته است. لذا در تابع عرضه اب تغییر چشمگیری ایجاد نشده است و تنها بررسی تابع تقاضا و منفعت حاصل از مصرف اب در این دو منطقه برای تصمیم گیری در این زمینه کافی است. با استفاده از این روش به تعیین ارزش نهایی آب برای محصولات مختلف در منطقه مورد نظر پرداخته و با توجه به نقاط بدست آمده به تخمین تابع تقاضا در این منطقه خواهیم پرداخت. تابع تقاضای آب بیان می‌کند که واحدهای تولیدی باید میزان مصرف آب را تا جایی ادامه دهند که مصرف هزینه واحد آب (یک متر مکعب آب) حداقل به میزان قیمت آب، ارزش تولید نهایی را افزایش دهد. به عبارت دیگر میزان مصرف بهینه نهاده آب جایی است که ارزش تولید نهایی آب با قیمت آب برابر شود.

شکست تقاضا

تابع تقاضا بدست آمده رسم شده و در مقایسه با تابع تقاضای آب مصرفی در استان اصفهان به تعیین میزان بهینه و اقتصادی آب برای دو استان اصفهان و چهارمحال بختیاری در بخش کشاورزی خواهیم پرداخت. به بیان دیگر با توجه به اینکه سطح زیر منحنی تقاضا نشاندهنده میزان منافع کل حاصل از مصرف آب می باشد، به مقایسه میزان منافع کل حاصل از دو تابع تقاضا در دو بخش حوضه زاینده رود پرداخته و بیشترین میزان منافع برای قیمتها و مقادیر مختلف انتخاب خواهد شد. در شکل زیر بعنوان مثال به رسم دو تابع تقاضا در دو منطقه مختلف دست یافته و رسم شده است که در نهایت خطوط تیره تر نشاندهنده تخصیص میزان آب تا نقطه برخورد دو تابع به ناحیه اول با تابع تقاضای بالاتر و بعد از نقطه برخورد به ناحیه دوم اختصاص می‌یابد. پس در نهایت تابع تقاضای ما به صورت شکسته برای کل آن منطقه خواهد بود. دراین مطالعه در درجه اول باید شکل و نحوه قرار کرفتن توابع تقاضا مشخص شده و در ادامه نسبت به تخصیص اقتصادی آب مصرفی بین مناطق مورد نظر اقدام شود.



شکل (۲): تابع تقاضای حوضه زاینده رود.

الگوریتم وراثتی

با توجه به اهمیت تابع تقا ضا در این مطالعه جهت اتخاذ تصمیم در را ستای تخصیص آب حو ضه زاینده رود بین مناطق مختلف، تخمین در ست و رگرس کردن دقیق تابع تقا ضا، از اهمیت ویژه ای برخوردار خواهد بود. در تخمین تابع تقا ضا از الگوریتم‌های ابتکاری بهره خواهیم جست چرا که در مطالعات گوناگون که از روشهای تخمین توابع با الگوریتمهای ابتکاری ا ستفاده شده ا ست نتایج حاصل از این روشها در مقایسه با روشهای اقتصاد سنجی، حاکی از عملکرد بهتر و دقیقتر این رو شها در تخمین و بهینه یابی ضرایب توابع بوده‌است. یکی از الگوریتم های پر کاربرد در مطالعات بهینه یابی الگوریتم وراثتی (ژنتیک) است.

کا شفان الگوریتم ژنتیک سعی کردند با بد ست آوردن مدلی شبیه به وراثت طبیعی، به الگوریتمی دست یابند که تو سط آن بتوانند به جواب های بهینه‌ی مورد نظر در مسائل خود بر سند. در وراثت طبیعی ابتدا به یک جمعیت اولیه[1] نیاز ا ست. جمعیت در حقیقیت مجموعه‌ای از کروموزوم‌ها با خصو صیت متفاوت هستند. در این جا نیز، تعدادی کروموزوم را به عنوان جمع یت اول یه در نظر می‌گیریم؛ که در ا صل هر کدام نقطه ای در ف ضای جواب‌های مسئله است. پس یک جمعیت اولیه معادل یک د سته جواب‌های اولیه در ف ضای ج ستجوی جواب‌های مسئله می‌با شد. هر جواب اولیه یک کروموزوم هستند که تعدادی ژن دارد و معرف خ صو صیات کروموزوم ا ست. هریک از ژن‌ها نیز یکی از متغیرهای مسئله می‌باشد. حال باید مقدار این متغیرها به گونه‌ای به‌د ست آید که جواب مسئله بهینه با شد یعنی خصو صیات این افراد به گونه‌ای شود، که توانایی آن برای این شرایط م سئله خوب و شایسته ا ست. اما این شایستگی چگونه ارزیابی می شود؟ برای این منظور به یک تابع برازندگی[2](شای ستگی) نیاز است که میزان شایستگی هر فرد را محاسبه کند. این تابع باید در را ستای تابع هدفی با شد که می‌خواهد بهینه شود(Chan et al., 2015). حال یک جمع یت با شای ستگی‌های متفاوت وجود دارد که باید از میان آن‌ها والدین[3] به گونه‌ای انتخاب[4] شوند تا افرادی شایسته برای تولید ن سلی شای سته انتخاب گردند. یعنی از بین جواب‌های اولیه، جواب‌هایی که به جواب بهینه مورد نظر نزدیک‌ترند؛ شانس بقای بی شتری دا شته با شند. پس یک عملگر انتخاب نیز نیاز ا ست. سپس از بین والدین انتخاب شده، زوج والدین با هم همبری[5] کرده و فرزندانی[6] تولید می‌کنند. یعنی دو جوابی که برای ازدواج، شایسته شناخته و انتخاب شده‌اند؛ با هم ترکیب شده و جواب‌های جدیدی برای ج ستجو در ف ضای جواب های م سئله تولید می‌کنند(نظام آبادی پور، ۱۳۸۹و Chun et al., 2005). پس عملگربعدی، عملگر همبری ا ست. در نهایت نیز روی فرزندان جهش ایجاد می شود و نسل بعد ساخته می شود. تو سط این عمل نیز مقادیر بع ضی از ژن‌ها تغییر یافته و نقاط جدید برای ج ستجو در ف ضای جواب‌های م سئله تولید می شود. پس آخرین عملگر، عملگر جهش خواهد شد. بدین ترتیب بعد از یک مرحله اجرای الگوریتم، یک نسل جدید از جمعیت یا همان د سته جواب‌های جدید در فضای جواب‌های مسئله تولید می شود. حال اگر این روند تکرار شود؛ چون به جواب‌های بهتر شانس بیش‌تری برای حفظ و تکثیر خصوصیات خوب آنها داده می‌شود؛ می‌توان امیدوار بود که پس از طی چند ن سل به ن سلی بهینه‌تر د ست یافت. یعنی ر سیدن به د سته جواب‌هایی نزدیک‌تر به جواب بهینه‌ی مورد نظر که می‌تواند شامل خود نقطه‌ی بهینه نیز با شد (Amjadi et al., 2010, Zheng et al., 2009).

ما در این تحقیق به دنبال بدست آوردن ضرایب بهینه برای تابع تقاضا هستیم و در راستای این هدف، تابع هدف و تابع شای ستگی ما به صورت زیر تعریف می شود(Negarchi et al., 2016).

[1] . Initial Generation
[2].Fitness Function.
[3]. Parent.
[4] . Selection.
[5] . Cross Over.
[6] .Offsprings.

$$Z= Q-F(Xi) \quad (۶)$$

$$Fitness=1/(1/n*(sum(z^2))) \quad (۷)$$

در تابع بالا F(Xi) ، تابع تقا ضا آب مورد نظر ا ست و Q مقادیر واقعی تقا ضا و n تعداد م شاهدات مورد نظر ا ست. الگوریتم ژنتیک با ا ستفاده از تابع شای ستگی به دنبال انتخاب بهترین ضریب برای تابع تقاضا آب مورد نظر است.

نتایج و بحث

در این مطالعه به تعیین ارزش اقتصادی آب برای ۲۳۳ مح صول در ۱۵ شهر ستان در حو ضه زاینده رود پرداخته شده ا ست. برای اینکار، بعد از محا سبه هزینه و درآمد حا صل از تولید هر مح صول، با ا ستفاده از روش باقیمانده، ارزش اقتصادی آب برای هر محصول در هر منطقه بدست آمده است. در سناریو اول، بررسی ارزشهای اقتصادی آب برای محصولات زراعی، نشان داده است که بیشترین ارزش اقت صادی مربوط به مح صول پیاز در ا ستان ا صفهان و در حدود ۵۱۵۹۱ ریال بر متر مکعب و مح صول خیار در ا ستان چهارمحال و بختیاری در حدود ۳۳۴۱۵ ریال بر متر مکعب محاسبه شده است. این درحالی است که بعضی از محصولات از ارزش اقتصادی منفی برخوردار بوده است. کمترین مقدار در ا ستان چهار محال و بختیاری مربوط به مح صول گوجه با ارزش۱۳۷۲۵- ریال بر متر مکعب و در ا ستان ا صفهان مح صول ماش با ارزش۴۵۵۳- ریال بر متر مکعب بوده ا ست. نتایج ن شان می‌دهد که در حدود ۳۰ درصد از محصولات زراعی در استان چهارمحال و بختیاری در حوضه زاینده رود دارای ارزش اقتصادی آب منفی است. در حالی که در ا ستان ا صفهان تنها ۹ درصد از محصولات از ارزش منفی برخوردارند.

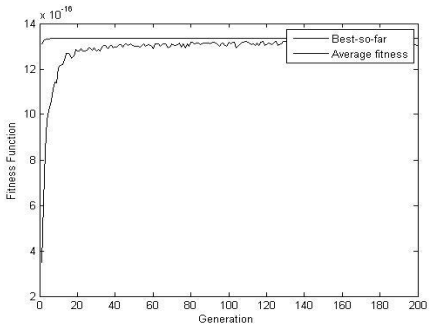
همچنین در سناریو دوم، ارزش اقت صادی آب برای مح صولات مختلف زراعی محا سبه و نتایج برر سی شده ا ست. نتایج نشان داد که بیشترین ارزش اقتصادی آب در ا ستان ا صفهان مربوط به مح صول پیاز با ارز شی در حدود ۶۵۷۸۰ ریال بر متر مکعب و در ا ستان چهار محال و بختیاری مح صول خیار با ارزش ۳۵۷۲۹ ریال بر متر مکعب بوده است. از طرفی در حدود ۳۳درصد از محصولات زراعی در ا ستان چهارمحال و بختیاری از ارزش اقت صادی آب منفی برخوردار ا ست در صورتی که در ا ستان ا صفهان تنها ۷ در صد از مح صولات دارای ارزش منفی ا ست. کمترین مقدار مربوط به مح صول کلزا با ارز شی در حدود ۳۱۰۴- برای ا ستان ا صفهان و مح صول گوجه با ارزش ۱۱۷۲۱- ریال بر متر مکعب در ا ستان چهارمحال و بختیاری بوده است.

در ادامه با ا ستفاده از ارز شهای اقت صادی آب بد ست آمده برای مح صولات مختلف در شهرهای مختلف در حوضه زاینده رود و همچنین در نظر گرفتن مقدار نیاز آبی خالص هرگیاه برای هر شهر و بعد از مرتب سازی ارزشهای اقتصادی آب برای هر استان بر اساس بیشترین ب کمترین ارزش و سپس تعیین مقدار آب مورد نیاز ب صورت مجموع آب به ازای هر ارزش اقت صادی با مقادیر بالاتر، تابع تقا ضا آب برای هر ا ستان تخمین زده شده ا ست. این تخمین با استفاده از الگوریتم ژنتیک انجام شده است که در مقایسه با روشهای اقتصاد سنجی از R2 بالاتر و RMSE پایینتری برخورداراست.

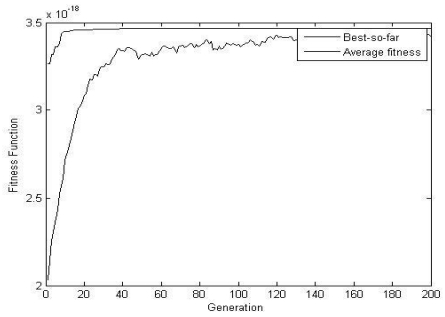
گام نخ ست در حل م سائل بهینه یابی تو سط GA تعیین پارامترهای اولیه برای این الگوریتم ا ست. در مدل مورد نظر ۳ وزن وجود دارد. ب نابراین GA در مدل لگاریتمی ۳ ژن دارد. جمعیت اولیه یا تعداد کروموزوم‌ها ابتدا به صورت اعداد صفر و یک تولید و سپس به اعداد صحیح تبدیل می شوند. همه اع ضای جمعیت در تابع برازش امتحان می شود و کمترین مقادیر که بهترین‌ها نیز ه ستند تعیین می شوند. در ادامه ن سل جدید ت شکیل می شود. با توجه به ا صل داروین، کروموزوم‌هایی که جزء بهترین‌ها ه ستند شانس بی شتری برای تولید فرزندان بیشتر دارند. در این تحقیق برای تولید نسل جدید از روش

ترکیب و جهش ا ستفاده شده ا ست. این فرآیند تکرار می‌شود تا الگوریتم به بهترین جواب برسد.

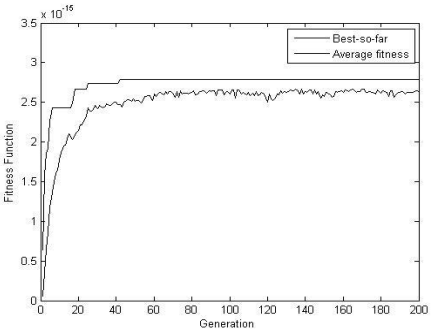
ه مان طوری که در م بانی نظری الگوریتم ژنت یک گفته شد، با رفتن از یک ن سل به ن سل دیگر مقدار تابع هدف بهبود می‌یابد با توجه به این که در مدل پیشنهادی هدف، حداقل کردن تابع هدف ا ست، انتظار می‌رفت که با افزایش نسل، نمودار روند نزولی را طی کند، اما با توجه به این که تابع شای ستگی در داخل الگوریتم، حداکثر سازی معکوس تابع هدف در نظر گرفته شده ا ست، در نتیجه نمودار سیر صعودی را طی کرده ، که ن شان دهنده‌ی عملکرد در ست عملگرهای الگوریتم می‌با شد. شکل(۳) روند هم گرایی به جواب بهینه را به خوبی نشان می دهد، زیرا در آخرین ن سل به یکدیگر نزدیک شده‌اند، نمودار بالایی بهترین جواب تا آن ن سل و نمودار پایینی متو سط بهترین جواب تا آن نسل را نشان می‌دهد.



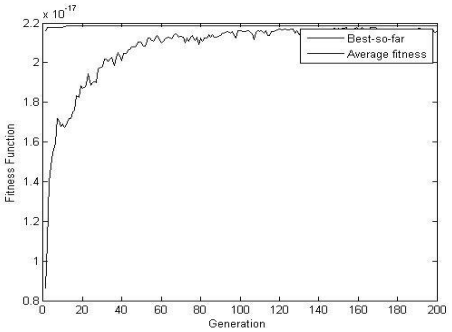
الف(۱)



الف(۲)



ب(۱)



ب(۲)

شکل(۳): روند هم گرایی الگوریتم در یافتن جواب بهینه در دو سناریو برای دو استان اصفهان (الف) و استان چهارمحال و بختیاری (ب)

در الگوریتم ژنتیک با ا ستفاده از تابع شای ستگی معرفی شده و با ا ستفاده از پارامترهای در نظر گرفته که در جدول(۱) نشان داده شده است؛ به انتخاب بهترین ضریب برای تابع تولید دست یافته‌ایم

جدول(۱): پارامترهای استفاده شده در الگوریتم ژنتیک

جمعیت اولیه	۱۰۰
احتمال عملگر همبری(تقاطعی)(p_c)	۰/۹
احتمال عملگر جهشی(p_m)	۰/۰۰۵

توابع تقاضا آب در سناریو اول بصورت زیر است:

$$q = -۱۳۱۵۲\ p + ۵۰۲۹۳۲۵۵۱ \qquad (۸)$$

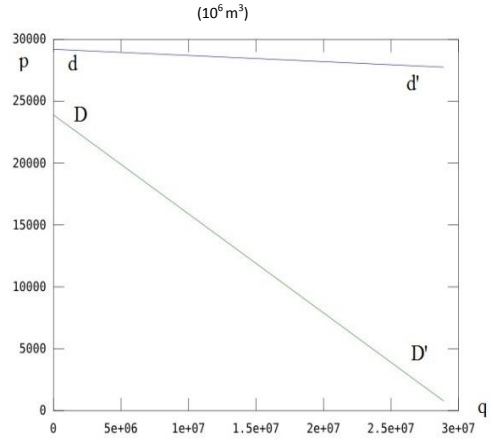
$$q = -۱۱۹۴\ p + ۲۶۵۱۰۲۶۳ \qquad (۹)$$

رابطه (۸) تابع تقا ضا آب مح صولات زراعی در ا ستان ا صفهان و رابطه (۹) تابع تقا ضا آب مح صولات زراعی در ا ستان چهارمحال و بختیاری در حو ضه زاینده رود ا ست. همچنین توابع تقا ضا تخمین زده شده با الگوریتم ژنتیک در سناریو دوم به صورت زیر میباشد:

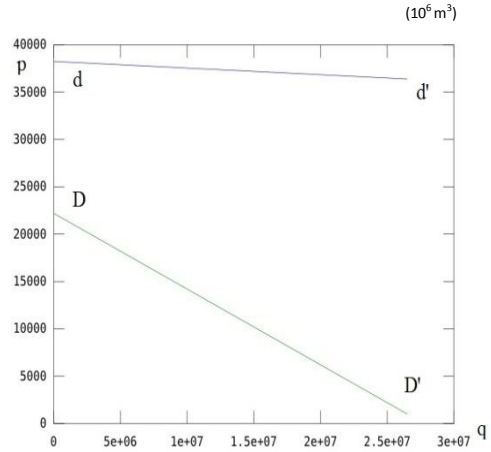
$$q = -۱۸۷۴۷\ p + ۵۴۷۴۰۹۵۸۰ \qquad (۱۰)$$

$$q = -۱۲۱۰\ p + ۲۸۹۳۴۵۰ \qquad (۱۱)$$

رابطه (۱۰) تابع تقاضا آب محصولات زراعی در استان اصفهان و رابطه (۱۱) تابع تقاضا آب محصولات زراعی در استان چهارمحال و بختیاری در حوضه زاینده رود است. با در اختیار داشتن توابع تقاضا و رسم آنها در یک نمودار بر اساس مدل منحنی شکست تقاضا، به تخصیص بهینه آب در این حو ضه پرداخته شده ا ست. در شکل(۴)، 'dd ، منحنی تقا ضا آب م صرفی در ا ستان ا صفهان و 'DD، منحنی تقا ضای آب در ا ستان چهارمحال و بختیاری در حوضه زاینده رود در بخش زراعت را نشان می‌دهد.



سناریو اول



سناریو دوم

شکل(۴):توابع تقاضای آب در بخش زراعت در دو استان اصفهان و چهارمحال و بختیاری در حوضه زاینده رود

در هر دو سناریو، تابع تقاضای آب بخش زراعت در استان اصفهان بالاتر از تابع تقاضای آب استان چهارمحال و بختیاری در این حوضه قرار دارد. این بدان معناست که تخصیص آب به استان اصفهان یک تخصیص بهینه از رفاه اقتصادی و ارزش اقتصادی برای آب در حوضه زاینده‌رود در بخش زراعت است و تخصیص آب به استان اصفهان رفاه بیشتری را برای مصرف‌کنندگان آب به همراه دارد. همان‌گونه که در نمودار بالا پیداست، این دو تابع تقاضا با فاصله زیادی از یکدیگر قرارگرفته است که این اختلاف نشان‌دهنده مازاد و تفاوت بسیار زیاد و فاحش در عملکرد پایین اقتصادی آب در تولید محصولات زارعی در استان چهارمحال و بختیاری در این حوضه است. رفاه حاصل از مصرف آب در بخش زراعت در حوضه زاینده‌رود در استان اصفهان برابر با ۹۸۹۱۵۰۹۳۳۰۵۶ ریال است در حالی که رفاه حاصل از مصرف همان مقدار آب در استان چهارمحال و بختیاریبرابر با ۲۹۴۲۵۰۶۶۴۱۶۸ ریال است و این بدان معنی است که مصرف آب در استان اصفهان مازاد رفاهی برابر با ۶۹۴۹۰۰۲۶۸۸۸۸ ریال در بر دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با تعیین ارزش تولید نهایی یک واحد آب به کار رفته در بخش کشاورزی برای محصولات عمده زراعی مشخص می‌گردد که این محصولات، در هر منطقه دارای چه مقدار ارزش اقتصادی برای آب می‌باشد. از این طریق مسئولان می‌توانند جهت اخذ آب بها تصمیمات صحیح و لازم را اعمال نمایند. با مشخص کردن ارزش اقتصادی آب و ارائه آن به مسئولین منطقه، آن‌ها می‌توانند تفاوت قیمت پرداختی و واقعی را ملاحظه نموده و تصمیمات جدی در مورد آب بها و نحوه و مقدار تخصیص یارانه اتخاذ نمایند.

نتایج تحقیق نشان داد که قیمت واقعی آب کشاورزی به مراتب بیشتر از آب بهای رایج آن است. تفاوت در ارزش تولید نهایی آب با قیمت پرداختی کشاورزان بابت آن، باعث از بین رفتن انگیزه کشاورزان برای سرمایه گذاری جهت افزایش بازده آبیاری و استفاده از فناوریهای نوین آبیاری شده است که نتیجه آن استفاده از روشهای سنتی آبیاری و هدر رفت بیش از حد آب در مزرعه می‌باشد. بنابراین توصیه می شود به منظور بهبود و پایداری نظام تولید کشاورزی، با تعدیل آب بها براساس ارزش اقتصادی آب،

شرایط استفاده صحیح از آب و صرفه جویی در مصرف این نهاده فراهم آید . این سیاست با توجه به شکاف بسیار زیاد بین قیمت حقیقی و آب بهای کشاورزی در کوتاه مدت ممکن است موجب نارضایتی کشاورزان شود و تأثیر منفی درانگیزه تولید آنها بگذارد؛ اما در بلندمدت می تواند انگیزه لازم را برای استفاده از فناوریهای آب اندوز و حذف روشهای کم بازده آبیاری و انتقال آب - که مقدار قابل توجهی از آب را هدر می‌دهد- ایجاد کند . این سیاست باید به گونه‌ای اعمال شود که اولا باعث ایجاد عدم انگیزه در کشاورزان برای تولید نشود و ثانیا از مشارکت کشاورزان در اجرای آن استفاده شود. بخاطر وجود ارزشهای اقتصادی منفی برای آب، بهره‌وری آب در بخش کشاورزی باید افزایش یابد و به دنبال آن شاهد کاهش مصرف آب در این بخش باشیم. در این حوضه، بسیاری از بهره‌برداران از روشهای قدیمی و سنتی جهت آبیاری مزارع خود استفاده می‌کنند. بنابراین تشویق کشاورزان و همچنین اعطای تسهیلات ویژه برای استفاده از تجهیزات مدرن و روشهای نوین، باید در دستور کار مسئولان و مدیران در این بخش باشد. همچنین ایجاد بازار آب یکی از راههای موثری است که باعث افزایش کارایی آب و تخصیص بهینه آن می شود. برای انجام و اجرایی کردن آن در ابتدا باید حق آبه بهره‌برداران بخصوص کشاورزان به رسمیت شناخته شود. متاسفانه در چند سال اخیر بدون توجه به سهم و حق آبه کشاورزان در شرق زاینده رود، به واگذاری آب به بهره برداران جدید پرداخته شده است. اگر بازار آب ایجاد شود، مصرف کنندگان جدید باید آب مورد نیاز خود را از حق آبه داران قدیمی خریداری و تامین کنند. این انتقال حتی می‌تواند در بین بخشهای مختلف اقتصادی صورت گیرد. اجرایی شدن تجارت حق آبه، می‌تواند در ذخیره آب، افزایش بهره‌وری آب، کاهش مصرف آب، بهبود مدیریت آب و کاهش بحران آب در این منطقه موثر باشد.

نتایج این پژوهش می‌تواند در جهت آگاهی به سرمایه گذاری در این نوع فعالیت ها و نیز در جریان برنامه‌ریزی و سیاستگذاریهای اقتصادی کلان کشور در این بخش مورد استفاده قرار گیرد. سیاستگزاران و مدیران در این حوضه بخصوص در وزارت نیرو، می‌توانند تصمیمات خود را بر اساس اطلاعات دقیق تر و جامع تری و همچنین برپایه مستندات علمی اتخاذ نمایند. با توجه به محدودیت و بحران آب و اهمیت مدیریت تقاضا در حوضه زاینده رود، باید در تخصیص این نهاده ارزشمند به فعالیتهای گوناگون دقت عمل زیادی به خرج داد و فعالیت‌ها و طرحهایی که از صرفه اقتصادی بالاتری برخوردارند در اولویت قرار گیرند و تخصیص آب بصورت بهینه و بر اساس طرحهای پایدار صورت گیرد.

تقدیر و سپاس

جا دارد از زحمات از اعضای هیت علمی دانشگاه پلی تکنیک دانشگاه کارتاخنا اسپانیا که دلسوزانه در این مطالعه یاری رسلنده‌لند، و همچنین مدیر عامل محترم اداره آب منطقه‌ای استان اصفهان جناب آقای دکتر مسعود میرمحمد صادقی که این مطالعه را مورد حمایت قرار داده‌اند سپاسگزاری و قدردانی نمود.

منابع

اسلامی، ا.، مهرابی، ع.ا.، زهتابیان، غ. و قربانی، م.، ۱۳۹۲. برآورد تابع تقاضای آب کشاورزی باغات انار روستای چرخاب یزد. نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، ۶۶(۱)، ۲۶-۱۷.

امینی فسخودی، ع. ، میرزایی، م.، ۱۳۹۳،پیامدهای بحران کم آبی و خشک شدن زاینده رود در مناطق روستایی(مطالعه موردی: جلگه براآن در شرق اصفهان)، توسعه روستایی، ۵(۲)، ۱۸۰-۱۵۸.

حیات غیبی، ف.، شاهنو شی، ن.، زیبایی، م. داد شور، م. و اکبری، ن.ا.، ۱۳۹۱، برآورد سهم آب زاینده رود ا ستان اصفهان، اقتصاد کشاورزی، ۶،۴، ۲۴-۱.

خوش اخلاق، ر.، سجادی، م.س.، رجبی، م. و م. خا شعی، ۱۳۹۱، ارزیابی تابع تقا ضای کلی آب(مطالعه موردی استان اصفهان)، مجله اقتصاد منابع طبیعی، سال اول، ۱، ۱-۲۰ .

دهقانپور، ح. ، شیخ زین الدین، آ.، ۱۳۹۲، تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی در د شت یزد- اردکان ا ستان یزد، اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۱، ۸۲، ۴۵-۶۸.

مقدسی، م.، مرید، س.، دلاور، م. و ف.، عرب‌پور،۱۳۹۴، "رویکرد مدیریت مصرف آب بخش کشاورزی در راستای احیای دریاچه ارومیه"،مجله تحقیقات منابع آب ایران ، سال یازدهم، شماره ۱ (پیاپی ۳۲)، ۱۳-۱.

نجفی علمدارلو، ح.، احمدیان، م. و خلیلیان، ص. ۱۳۹۳، ارزیابی اقتصادی تخصیص بهینه آب کشاورزی در د شت ورامین(مطالعه موردی سد لیتان)، فصلنامه مطالعات اقتصادی کاربردی ایران، ۳،۹، ۱۶۷-۱۵۱.

نظام‌آبادی‌پور، ح. ۱۳۸۹، الگوریتم وراثتی(مفاهیم پایه و مباحث پیشرفته). انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان.

H. and M. M. Farsangi. 2010. Estimation of Electricity Nezamabadi-pour,.Amjadi, M.H Demand of Iran Using Two Heuristic Algorithms. Energy Conversion and Management. 51: 493-497.

Dai, Z.Y., Li, Y.P. (2013);" A multistage irrigation water allocation model for agricultural land-use planning under uncertainty". Agricultural Water Management 129: 69-79.

Chan, F. T. S., Tibrewal, R. K., Prakash, A., & Tiwari, M. K. (2015). A biased random key genetic algorithm approach for inventory-based multi-item lot-sizing problem. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 229(1), 157-171.

Chan, T. M., Man, K. F., Tang, K. S., & Kwong, S. (2005). A jumping gene algorithm for multiobjective resource management in wideband CDMA systems. The Computer Journal, 48(6), 749-768.

Modellin-Azuaran,J., Harou,J.J, & Howitt, R.E., 2010, Estimating economic value of agricultural water under changing conditions and the effects of spatial aggregation, Journal of Science of the Total Enviormental, 408: 5639-5648.

Negarchi, S., Zare Mehrjerdi, M., Mehrabi Boshrabadi, H., & Nezamabadi Pour, H. (2016). A comparison of genetic algorithm and auto-regressive distributed lag model in determination of total factors productivity growth in the agricultural sector of iran. Iran Agricultural Research, *34*(2), 101-107.

Raj, R., Kumar, A., Solanki, I. S., Dhar, S., Dass, A., Gupta, A. K., ... & Pandey, U. C. (2017). Influence of crop establishment methods on yield, economics and water productivity of rice cultivars under upland and lowland production ecologies of Eastern Indo-Gangetic Plains. Paddy and Water Environment, 15(4), 861-877.

Zheng, S. Y., Yeung, S. H., Chan, W. S., Man, K. F., & Tang, K. S. (2009). Design of broadband hybrid coupler with tight coupling using jumping gene evolutionary algorithm. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 56(8), 2987-2991.

Optimal Allocation of Water Using Kinked Demand Curve and Genetic Algorithm in Cultivation Sector in Zayanderud Basin.

Samane Negarchy[1] , M.R. zare Mehrjerdy[2], Sedighe Nabieian[3], Rahman Khosh Aghlaqh[4]

Abstract

Due to the increasing crisis and scarcity of water, the proper allocation of available water resources is a major challenge for authorities in the Zayandehrood Basin. Agriculture, especially cultivation, has the highest water use in the basin. Therefore, how to allocate water in this section should be carefully considered. This study seeks to determine optimal water allocation based on increasing the welfare of consumption by estimating the economic value and functions of water in the cultivation sector using the Genetic algorithm method and the Kinked demand curve model in the Zayandehrood basin. In order to reduce agricultural risk, four years of data were considered and for this, two scenarios were considered. The results showed that the water allocation in most of the agricultural activities in the west of Zayandehrud has a negative economic value, which has led to a decrease in water welfare in this area. So, the best allocation in the agriculture sector was in the center and east of the basin. Also, the water demand function graph in Isfahan province is higher than the water demand function in Chaharmahal and Bakhtiari province and welfare surplus due to water consumption in Isfahan province is about 694900268888 Rials. The results and suggestions in this study will help decision makers and managers to achieve optimal water use and sustainable planning in this basin.

Keywords: **Zayanderud basin, Kinked demand curve, Genetic algorithm, Welfare**

[1] PH.D in Agricultural economics of shahid bahonar kerman university
[2] Associat prof, Dept. of Agricultural Economics , Faculty of Shahid Bahonar Kerman university (Corresponding auther)
[3] Assistant prof, Dept. of Agricultural Economics , Faculty of Shahid Bahonar Kerman university
[4] Prof, Dept. of Economics , Esfahan university