

« اولین همایش ملی مدیریت منابع آب اراضی ساملی »

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، گروه مهندسی آب

17 الی 18 آذر 1389

بررسی انواع تکنیک‌های مرسوم در تخصیص و قیمت‌گذاری آب کشاورزی

صدیقه انوری تفتی

دانشجوی دکترای سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، anvari@modares.ac.ir

دکتر سعید مرید

دانشیار گروه سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، morid_sa@modares.ac.ir

دکتر علی باقری

استادیار گروه منابع آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، ali.bagheri@modares.ac.ir

چکیده

در سالهای اخیر کمیابی و محدودیت دسترسی به آب در بخش کشاورزی، بعنوان بزرگترین بخش مصرف‌کننده آب در جهان، خود را بیشتر نمایان ساخته و از اینروست که در اواخر قرن بیستم، بر لزوم مدیریت این منبع بعنوان کالایی اقتصادی، تأکید شده و در مذاکرات بین‌المللی از جمله نشست ریو، مد نظر قرار گرفته است. با توجه به اهمیت مدیریت منابع آب، آشنایی با رویکردهای مدیریتی در این زمینه می‌تواند گام مهمی در جهت عملکرد موفق‌تر آن تلقی شود. هدف مقاله حاضر، معرفی و بررسی تکنیک‌های مرسوم در تخصیص و قیمت‌گذاری آب کشاورزی است که بعنوان دو رکن مهم در مدیریت تقاضای منابع آب، مد نظر قرار می‌گیرند. در این راستا ابتدا مدیریت تقاضای منابع آب و دو رکن نامبرده، معرفی و برخی از تکنیک‌های مورد استفاده در تخصیص آب در ایران و سایر کشورها، همچنین معیارهای مربوطه بررسی می‌گردند. در ادامه، ضمن بر شمردن فواید ناشی از قیمت‌گذاری درست آب، به تبیین برخی از رویکردهای تجربی قیمت‌گذاری آب پرداخته می‌شود. بررسی تحقیقات انجام شده در زمینه تخصیص منابع آب، تکنیک‌های مدلسازی و معیارهای تخصیص نشان داد که استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی و معیار حداکثر سازی درآمد، بیشترین کاربرد را داشته است. همچنین بررسی منابع در زمینه قیمت‌گذاری آب کشاورزی نشان داد که هر چند قیمت‌گذاری درست آب می‌تواند صرفه‌جویی‌هایی را در مصرف آب بدنبال داشته باشد ولی میزان صرفه‌جویی و سایر پیامدهای قیمت‌گذاری، تا حد زیادی به شرایط سازمانی، اقتصادی و منطقه-ای بستگی دارد.

واژگان کلیدی: مدیریت تقاضا، تخصیص، قیمت‌گذاری آب.

مقدمه

آب از منابعی است که بطور گسترده در روی کره زمین وجود دارد، با این وجود تنها 2/53 در صد آن، منابع آب شیرین بوده که با کسر درصد یخچالهای طبیعی و سطوح دائمی پوشیده از برف، تنها 0/84 درصد این منابع، آب قابل دسترسی می‌باشد. قابلیت استفاده از این مقدار آب شیرین تحت تاثیر عواملی همانند آلاینده‌ها روند کاهشی داشته بطوریکه روزانه حدود 2 میلیون تن از انواع مختلف فاضلاب وارد منابع آب شیرین شده و استفاده آن را محدود می‌سازند (سمینویچ، 2009). تغییر اقلیم نیز از دیگر عواملی است که در آینده برای مناطق گرمسیری، کاهش بارندگی، جریانهای سطحی و روند نزولی تجدید پذیری منابع آب زیرزمینی را بدنبال خواهد داشت (کانزویکز و همکاران، 2007). در این میان رشد جمعیت و توسعه اقتصادی نیز باعث افزایش تقاضا برای آب شده و می‌تواند موجودیت آن را تحت تاثیر قرار دهد، بطوریکه بر اساس اولین گزارش توسعه جهانی آب، در اواسط قرن بیست و یکم، شمار انسانهایی که از کمبود منابع آبی رنج می‌برند در بدترین حالت، حدود 7 میلیارد نفر در 60 کشور جهان و در بهترین حالت حدود 2 میلیارد نفر در 48 کشور جهان است (سازمان ملل متحد- برنامه ارزیابی جهانی آب، 2003).

کمیابی و محدودیت دسترسی به آب در بخش کشاورزی بعنوان بزرگترین بخش مصرف کننده آب که تقریباً 70 درصد مصرف آب جهان در آن صورت می‌گیرد بیشتر خود را نمایان می‌سازد (فائو، 2003). وجود این محدودیت‌های آبی در اغلب کشورهای جهان از جمله ایران سبب گردیده توجه مدیران آب کشور به سمت مدیریت توأمان عرضه و تقاضای منابع آب جلب شود. بدین صورت که تمرکز بر روی مدیریت عرضه¹ که در آن عرضه هرچه بیشتر منابع آب، هدف است به سمت اداره کردن² تقاضا نیز تغییر مسیر یابد. تا بتوان از منابع آبی موجود در جهت تامین تقاضا استفاده کرد. لالانا و همکاران (2001) مدیریت تقاضای آب³ را اجرای سیاست‌ها یا اقداماتی دانستند که جهت کنترل یا اثر روی مقادیر آب مصرفی بکار گرفته می‌شود. با این حال بعد از اجلاس مدیریت تقاضای آب مناطق مدیترانه‌ای (2002) که در فیوگای ایتالیا برگزار شد تعریف جامع و کاربردی تری از مدیریت تقاضای آب ارائه گردید بدین مضمون که "مدیریت تقاضای آب در برگیرنده سیستم‌های سازمانی و مداخلات آنهاست که توسط جوامع و دولتهایشان جهت افزایش کارایی فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی در مدیریت منابع آب می‌تواند اجرا شود. بطور کلی هدف سیاست‌های مدیریت تقاضا، بهبود مصرف آب، استفاده بهینه از آب، فراهم آوری خدمات و ارزش بیشتر و در نهایت توسعه پایدار برای هر واحد از آبی که دریافت، استخراج یا از شوری‌زدائی بدست می‌آید (مولانا و سلمان، 2002)". بنابراین می‌توان گفت که در مدیریت تقاضای آب عمدتاً مسائل تخصیص آب، کنترل آلودگی، بهبود راندمان مصرف (چن و همکاران، 2005؛ بکیر، 2003)، استفاده از قطعات و وسایل کاهنده مصرف آب، ارتقاء راندمان آبیاری، بهبود الگوی کشت، اجرای سیاست کم آبیاری در بخش کشاورزی، جایگزین کردن محصولات با نیاز آبی کمتر و یا قطع آبیاری و کاشت محصولات دیم، سیاست قیمت‌گذاری آب⁴ (گومز لیمون و همکاران، 2004)، روشهای مناسب برای کاهش مصرف و در نتیجه مدیریت تقاضا می‌باشند.

با توجه به اینکه تخصیص منابع آب و قیمت‌گذاری آب کشاورزی، دو رکن مطرح شده در مدیریت تقاضای منابع آب است در مقاله حاضر سعی بر آنست که ابتدا برخی از تکنیک‌های مورد استفاده در تخصیص آب در ایران و سایر کشورها، همچنین معیارهای مربوطه بررسی گردند. در ادامه، ضمن بر شمردن فواید ناشی از قیمت‌گذاری درست آب، به تبیین برخی از رویکردهای تجربی قیمت‌گذاری آب پرداخته می‌شود و در نهایت به بیان بحث و نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

¹ supply management

² manipulating

³ water demand management (WDM)

⁴ Water pricing

مواد و روشها

1- تخصیص منابع آب و رویکردهای بهینه‌سازی مرتبط

در دهه‌های اخیر، از روشهای مختلفی جهت تخصیص منابع آب به نیازهای وابسته استفاده شده است. رویکردهای بهینه‌سازی، از معمول‌ترین روشهایی است که بدین منظور استفاده می‌شود. در ادامه به تعریف این رویکرد، تبیین انواع مختلف مدل‌های بهینه‌سازی و موارد استفاده آن در تحقیقات مختلف پرداخته می‌شود.

1-1- مدل‌های بهینه‌سازی

فرآیند انتخاب یک مجموعه از متغیرهای تصمیم که یک تابع هدف را در ارتباط با قیود سیستم، حداکثر سازد را بهینه‌سازی گویند (سمینویچ، 2009). هر مسئله بهینه‌سازی شامل دو بخش مدل‌سازی و برنامه‌ریزی است. مدل‌سازی شامل تشکیل تابع هدف و قیودات مربوط بر اساس روابط موجود بین متغیرها بصورت معادلات و یا نامعادلات می‌باشد. در بخش برنامه‌ریزی جستجو به منظور تعیین شرایط بهینه در رسیدن به مقدار مطلوب تابع هدف انجام می‌گیرد. روش‌های بهینه‌سازی عمدتاً به سه نوع روش عددی (برنامه‌ریزی پویا)، ریاضی (مانند روش نیوتن) و روشهای جستجوی تصادفی هدایت شده (همانند الگوریتم‌های تکاملی) طبقه‌بندی می‌شوند.

- **روش‌های عددی¹**: به طور کلی در این روشها در یک زمان تنها یک نقطه مورد جستجو قرار می‌گیرد. هرچند که پیاده‌سازی این روشها ساده است، ممکن است تعداد نقاطی که مورد جستجوی مستقیم قرار می‌گیرند، بسیار زیاد باشد (رائو، 1984).

- **روش‌های ریاضی²**: در این روشها فضای جستجو به عنوان یک تابع چند بعدی پیوسته در نظر گرفته می‌شود و با استفاده از مشتق‌گیری از تابع موردنظر، مقدار بهینه پیدا می‌شود. روش‌های ریاضی مانند نیوتن از مقادیر تابع هدف و مشتقات آن برای تخمین موقعیت نقطه اکسترمم استفاده می‌نمایند. تکنیک‌های بهینه‌سازی ریاضی زیادی برای مدیریت سیستم‌های منابع آب استفاده می‌شوند که عبارتند از:

- **برنامه‌ریزی خطی³**: ساده‌ترین تکنیک بهینه‌سازی است و برای مسائلی کاربرد دارد که توابع هدف تفکیک‌پذیر و قیود خطی موجود باشند.

- **برنامه‌ریزی غیر خطی**: این رویکرد زمانی استفاده می‌شود که تابع هدف و قیود بصورت خطی نیستند. محدودیت عمده بکارگیری برنامه‌ریزی غیر خطی برای مسائل مدیریت منابع آب آنست که بطور کلی این رویکردها قادر نیستند که بین جواب بهینه موضعی و بهینه کلی تمایز قائل شوند (سمینویچ، 2009).

- **مدلهای برنامه‌ریزی پویا⁴**: این رویکرد برای بهینه‌سازی فرآیندهای تصمیم‌گیری چند مرحله‌ای و متوالی بکار می‌رود و در آن یک مسئله پیچیده به یک سری مسائل ساده‌تر تبدیل می‌شود که می‌تواند بطور متوالی حل شوند. این تکنیک می‌تواند خصیصه‌های احتمالاتی و غیر خطی موجود در سیستم‌های منابع آب را در مدل بهینه‌سازی بکار گیرد (انجمن مهندسين ارتش آمریکا، 1991).

¹ Numerical Techniques

² Calculus Based Methods

³ Linear Programming (Lp)

⁴ Dynamic Programming (DP)

- روش‌های جستجوی تصادفی¹، از اطلاعات در مورد روش جستجو به عنوان راهنمایی برای انتخاب احتمالی نقطه و یا نقاط مناسب بعدی، استفاده می‌نمایند. به خاطر این که این روش‌ها قابلیت حل مسائل پیچیده بسیاری را دارند، نسبت به هر دو دسته روش‌های عددی و ریاضی دارای مزیت‌های ویژه می‌باشند.

1-2- موارد استفاده از مدل‌های بهینه‌سازی جهت تخصیص منابع آب

در زمینه مدیریت تخصیص آب کشاورزی و سطح کشت تحقیقات مختلفی در خارج و داخل کشور انجام شده است. یارن و دینار (1982) با استفاده از یک روش دو مرحله‌ای بر اساس تکنیک‌های برنامه‌ریزی خطی و پویا و با هدف حداکثر نمودن درآمد، الگوی کشت و آب تخصیص یافته به محصولات مختلف را بطور بهینه برآورد کردند. موسوی (1379) مدل‌های برنامه‌ریزی پویا و برنامه‌ریزی پویای غیر قطعی² را جهت بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم‌های مخازن چند منظوره چند مکانه توسعه داد. پائول و همکاران (2000) نیز در راستای بهینه‌سازی الگو و تراکم کشت، تحقیقی را برای یکی از مزارع ایالت پنجا ب هند با هدف حداکثر سازی سود خالص انجام دادند. ایشان در تحقیقشان از دو رویکرد برنامه‌ریزی پویای غیر قطعی و برنامه‌ریزی پویا استفاده نمودند. رکا و همکاران (2001) بهینه‌سازی تخصیص آب و سطح کشت بر مبنای حداکثر سازی سود اقتصادی را برای مدیریت بخش کشاورزی شبکه بمبزار (اسپانیا) با استفاده از مدل برنامه‌ریزی پویا اجرا و نتایج را با مدل برنامه‌ریزی خطی مقایسه کردند. ژو و خان (2005) از یک تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره³ به نام برنامه‌ریزی آرمانی⁴ جهت بهینه‌سازی الگوی کشت محصولات کشاورزی در پایین دست سد برمد در استرالیا، استفاده کردند. مسائل اقتصادی و زیست محیطی دو موضوعی است که بصورت توأمان با استفاده از توابع هدف حداکثرسازی سود، حداقل کردن هزینه متغیر (شامل هزینه کود و آفت کش ها و ...) و همچنین حداقل سازی میزان آب پمپاژ شده از سفره آب زیرزمینی جهت حفظ آکیفر در این تحقیق مد نظر قرار گرفت. مرادی جلال و همکاران (2007) یک مدل ریاضی مبتنی بر LP را جهت بهینه‌سازی سطوح کشاورزی محصولات چند گانه (باغی و زراعی) که با سیاست‌های بهره‌برداری از مخزن مرتبط می‌شد توسعه دادند. ونگ و همکاران (2009) مدل بهینه‌سازی چند هدفه را برای تخصیص آب در بخش‌های کشاورزی، شرب، صنعت و زیست محیطی در حوضه رودخانه هایه در چین بکار بردند. برای بهینه‌سازی تخصیص منابع آب در این تحقیق توابع هدف اقتصادی (سود ناشی از عرضه آب)، اجتماعی (شاخص هماهنگی در برگیرنده رابطه بین مصرف آب، توسعه اقتصادی و کیفیت محیطی) و زیست محیطی (کمینه کردن میزان آلودگی خروجی از حوضه مد نظر قرار گرفت و از یک مدل ترکیبی الگوریتم ژنتیک⁵ و الگوریتم شبیه‌سازی حرارتی⁶ برای انجام بهینه‌سازی استفاده کردند. احمدی (1388) در راستای تحقق مدیریت بهم پیوسته منابع آب در حوضه رودخانه اهرچای، منابع آب و خاک را با ملاحظه اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی بطور بهینه تخصیص داد. مقدسی (1388)، در شرایط خشکسالی و با در نظر گرفتن عرضه و تقاضای موجود در شبکه کشاورزی پایین دست سد زاینده‌رود، مدیریت بهینه بهره‌برداری از مخزن این سد را انجام داد. بدین منظور یک مدل بهینه‌سازی شامل تخصیص بین شبکه‌ای آب، تخصیص بین محصولات درون هر شبکه و تخصیص بین مراحل مختلف رشد محصولات تهیه گردید نتایج حاکی از آن بود که استفاده از مدل بهینه‌سازی در دوره خشکسالی باعث صرفه‌جویی 42 درصدی در منابع آب می‌شود.

¹ Random search methods

² Stochastic Dynamic Programming (SDP)

³ Multi Criteria Decision Making (MCDM)

⁴ Goal Programming (GP)

⁵ Genetic Algorithm (GA)

⁶ Simulated Annealing (SA)

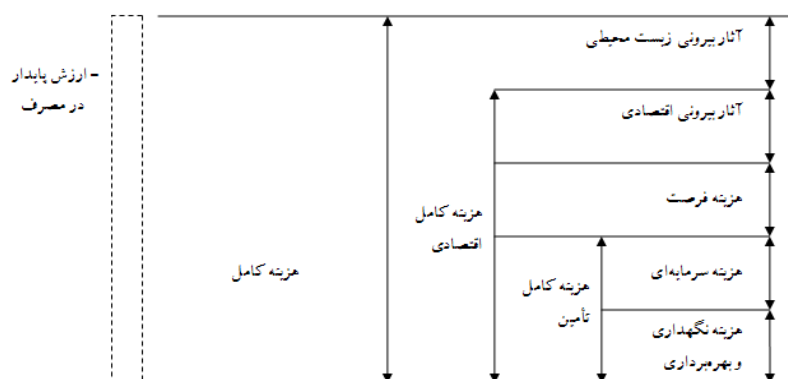
2- قیمت گذاری آب و اثرات آن

در این بخش مقاله به مبحث قیمت گذاری آب بعنوان رکن دیگری از مدیریت تقاضا و همچنین تبیین اثرات آن پرداخته می-شود. رگرس و همکاران (2002) کاهش تقاضا، تخصیص موثر منابع و افزایش عرضه آب را سه مورد از اثرات سیاست قیمت گذاری صحیح آب دانستند که مورد پذیرش عموم واقع شده است. همچنین این افراد در تحقیقشان نشان دادند که اگر منابع به شیوه‌ای مدیریت شوند که مولفه‌های اقتصادی، محیطی و حقوقی بطور جامع دیده شود افزایش قیمت منبع باعث ارتقاء عدالت، کارایی و پایداری منبع خواهد شد.

2-1- نکات قابل توجه در قیمت گذاری آب

کمیسیون جهانی آب در سال 2000 به شدت از نیاز به قیمت گذاری هزینه‌های کامل خدمات آب حمایت کرده است. اعضای این کمیسیون توافق کرده اند که مهمترین و سریع ترین اقدامی که در زمینه منابع آب می‌توان توصیه کرد اتخاذ سیستماتیک قیمت گذاری هزینه کامل¹ خدمات آب است. رگرس و همکاران (1998) بیان کردند که قیمت گذاری برپایه هزینه کامل شامل هزینه کامل تأمین، هزینه کامل اقتصادی و هزینه کامل است. علاوه بر هزینه و ارزش، پارامتر سومی که برای پیاده سازی سیاست قیمت آب مطرح است تعرفه یا قیمتی است که لازم است برای خدمات آب پرداخته شود. لذا لازم است که در آنالیزهای اقتصادی قیمت گذاری این سه مولفه به روشنی از هم تمییز داده شوند.

- هزینه²: نمودار شماره (1) ترکیب و اجزای مختلف هزینه‌هایی را که مجموعاً هزینه کامل را تشکیل می‌دهند را نشان می‌دهد.



شکل (1): اصول کلی هزینه آب منبع (سازمان آموزشی، علمی و فرهنگی ملل متحد، 2006)

مطابق شکل 1 اجزای مختلف هزینه عبارتند از:

- **هزینه کامل تأمین³**: این مفهوم شامل هزینه‌های مرتبط با تأمین آب برای یک مصرف کننده است که شامل هزینه نگهداری و بهره‌برداری و هزینه سرمایه‌ای (شامل مصرف سالانه از انبار سرمایه و سود انتظاری مربوط به احداث مخازن، تصفیه‌خانه‌ها، شبکه انتقال و توزیع) است.

¹ Full cost

² Cost

³ The full supply cost

- **هزینه کامل اقتصادی¹**: برابر است با مجموع هزینه کامل تأمین و هزینه فرصت مرتبط با استفاده بدیل از همان منبع و آثار بیرونی اقتصادی وارد شده به دیگران بدلیل مصرف آب در یک بخش یا گروه خاص.
- **هزینه کامل**: این هزینه عبارتست از هزینه کامل اقتصادی، بعلاوه آثار بیرونی زیست محیطی. این هزینه‌ها در صورتیکه داده‌هایی وجود داشته باشند، باید براساس خسارت‌های ایجاد شده یا هزینه‌هایی اضافی پالایش برای برگرداندن آب به کیفیت اولیه تعیین شوند.

- ارزش

برای تعادل اقتصادی، ارزش آب، که ما آنرا براساس ارزش مصرف تخمین می‌زنیم باید فقط برابر با هزینه کامل آب باشد. در این نقطه چنانکه مدل کلاسیک اقتصادی نشان می‌دهد رفاه اجتماعی حداکثر می‌شود. مولفه ارزش آب شامل دو بخش ذیل است:

- **ارزش اقتصادی**: اجزای تشکیل دهنده ارزش اقتصادی عبارتند از: ارزش از دیدگاه مصرف‌کنندگان آب، فایده‌های خالص حاصل از جریان‌های برگشتی، فایده‌های خالص حاصل از مصرف غیرمستقیم و تعدیلات مربوط به هدف‌های مرتبط با جامعه.

- **ارزش ذاتی**: شامل مواردی چون مسئولیت رعایت حقوق دیگران و ارزش پاسداری از میراث آیندگان است که در مفهوم ارزش اقتصادی، بهائی برای آن تعیین نمی‌شود.

- **قیمت**: مقداری که توسط سیستم اجتماعی و سیاسی تنظیم می‌شود برای اینکه اطمینان از بازگشت هزینه، عدالت و پایداری حاصل شود.

2-2- انواع تکنیک‌های تجربی قیمت‌گذاری آب و دریافت آب‌بها

برای قیمت‌گذاری آب روشهای مختلفی بسته به شرایط و محدودیت‌های هر منطقه، خصوصیات سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و طبیعی مناطق، روشهای آبیاری، ابزار و تاسیسات کنترل و اندازه‌گیری مقدار آب تحویلی، وجود دارند. این روش‌ها را می‌توان به سه دسته عمده تقسیم‌بندی کرد که عبارتند از قیمت‌گذاری حجمی، قیمت‌گذاری غیر حجمی و روشهای مبتنی بر بازار (جانسون و همکاران، 2000).

قیمت‌گذاری حجمی²: این روش به دو دسته ذیل تقسیم بندی می‌شود.

- **قیمت‌گذاری حجمی تک نرخه**: در این روش بر اساس مقدار و حجم آب مصرفی توسط کشاورز، قیمت آب مشخص می‌گردد، بنابراین دستیابی به آمار حجم آب مصرفی توسط کشاورز، یکی از ملزومات عمده این روش است که نیازمند بکارگیری امکانات و تجهیزات دقیق حجم آب می‌باشد (جانسون و همکاران، 2000).
- **روش حجمی چند نرخه³**: برای مناطقی که تکنولوژیهای خیره را دارا هستند روشهای قیمت‌گذاری حجمی چند نرخه لازم است در این روش، نرخهای آب در مواقعی که حجم آب کشاورزی مصرف شده از یک حد آستانه تجاوز نماید، تغییر

¹ The full economic cost

² Volumetric Methods

³ Tiered Pricing and Two-tariff Pricing

می‌کند. در این روش علاوه بر اخذ آب‌بها بر اساس حجم مصرف شده و به منظور پوشش هزینه‌های ثابت سرمایه‌گذاری در بلند مدت مبلغ ثابتی نیز سالانه از هر بهره‌بردار بعنوان حق اشتراک دریافت می‌شود (ایستر و همکاران، 1997). قیمت‌گذاری چند نرخی برای آب کشاورزی در ایالت کالیفرنیا، اسرائیل متداول است (جانسون و همکاران، 2002).

قیمت‌گذاری غیر حجمی¹: در این روش، عوامل متعددی برای قیمت‌گذاری آب کشاورزی موجودند که عبارتند از: قیمت‌گذاری بر مبنای ستانده‌ها، مصرف نهاده‌ها، قیمت‌گذاری بر مبنای سطح زیر کشت و دریافت براساس حق مرغوبیت.

- **قیمت‌گذاری بر اساس ستانده‌ها:** در این روش قیمت آب بر اساس هر واحد خروجی تولید شده توسط کشاورز به دو شکل ثابت یا درصدی تعیین و دریافت می‌شود.

- **قیمت‌گذاری بر اساس سطح زیر کشت:** در این روش کشاورزان مبلغ ثابتی را برای هر هکتار زمین زیر کشت، به ازای حجم مشخص آب تحویلی توسط سازمان توزیع کننده آب می‌پردازند. و حقایق‌های دریافتی با توجه به نوع محصول آبی کشت شده، روش آبیاری، فصل رشد گیاه و عوامل دیگر تعیین می‌شود.

- **قیمت‌گذاری بر اساس حق مرغوبیت²:** این روش یک رهیافت کیفی در قیمت‌گذاری آب آبیاری می‌باشد. در این روش برآوردی از ارزش ضمنی آب آبیاری بر اساس افزایش ارزش زمین بخاطر وجود آب بدست می‌آید و معادل آن بعنوان ارزش آب یا آب‌بها منظور می‌گردد (جانسون و همکاران، 2002).

2-3- پیشینه مطالعات در مورد قیمت‌گذاری آب

وارلا ارتگا و همکاران (1998) اثر سیاست‌های مختلف قیمت‌گذاری آب را بر روی تقاضا، درآمد کشاورزان و سود حاصله از آن برای چندین منطقه کشاورزی در اسپانیا بررسی کردند. نتایج نشان داد که اثرات گزینه‌های مختلف قیمت آب برای آبیاری شدیداً به شرایط سازمانی، ساختاری و منطقه‌ای بستگی دارد. گومز لیمون و همکاران (2004)، یک متدولوژی که می‌توانست اثرات اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی قیمت‌گذاری آب را بر روی رفتار کشاورزان حوضه دوترو واقع در مرکز اسپانیا بررسی نماید توسعه دادند. برای این منظور از یک تکنیک شبیه‌سازی تحت پارادایم تصمیم‌گیری چند معیاره استفاده گردید. برای اجرای مدل، کشاورزان به خوشه‌های همگنی تقسیم‌بندی و با استفاده از نظر سنجی اهداف مورد نظر آنها شناسایی شد. سپس با ماتریس نتیجه³، مقادیر بهینه هر یک از اهداف محاسبه گردید. در مرحله بعد، وزن هر یک از اهداف با بکارگیری تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره، محاسبه و تئوری تابع مطلوبیت چند خصیصه‌ای⁴، برای هر یک از خوشه‌ها تعیین گردید. ایشان به ازای مقادیر مختلف تعرفه‌های آب کشاورزی، سطح زیر کشت محصولات و در نهایت میزان آب مصرفی را محاسبه نمودند و از روی آن، منحنی‌های تقاضا در مقابل قیمت آب برای هر یک از خوشه‌ها استخراج شد. بررسی اثرات قیمت‌گذاری، نشان داد که اثرات قیمت-گذاری آب بطور قابل توجهی بستگی به گروه‌های دارد که کشاورزان در آنها قرار می‌گیرند. هونگ یانل و لیانجی (2007) اثر سیاست قیمت‌گذاری آب را بر روی محیط زیست با انجام آنالیزهایی در سه منطقه کشاورزی در شمال چین بررسی نمودند. بدین صورت که با استفاده از یک برنامه‌ریزی خطی و هدف‌گذاری حداکثر نمودن سود، الگوی بهینه کشت را برای قیمت کنونی آب و همچنین سایر مقادیر افزایش یافته قیمت، تعیین نمودند و نتایج را با الگوی کشت کنونی رایج در منطقه مقایسه کردند. یافته‌های

¹ Volumetric Methods

² Betterment levy pricing

³ Payoff matrix

⁴ Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)

تحقیق این افراد نشان داد که با افزایش قیمت آب سطحی برای کشاورزان، با تغییر الگوی کشت انجام شده توسط آنها درآمد کشاورزی افزایش خواهد یافت. بواسطه این افزایش قیمت کشاورزان مجبورند که برداشت خود را از منابع آب سطحی کاهش و آن را با آب زیرزمینی جانشین کنند که این در بلند مدت منجر به تخریب سفره آب زیرزمینی می‌شود. بارتولینی و همکاران (2007) در تحقیقی اثرات سناریوی مختلف سیاستی بخش کشاورزی و آب را بر روی سیستم‌های زراعی آبی در ایتالیا مورد بررسی قرار داده است. در این تحقیق از مدل تئوری مطلوبیت چند خاصیتی استفاده شد. تابع هدف بکار رفته در این تحقیق شامل درآمد مزرعه، تنوع محصول و مدیریت نیروی کار می‌باشد. زومیدز و زاچاریادیس (2009) اثرات سیاست گذاری آب کشاورزی را در کشورهای جنوب اروپا و قبرس بررسی کردند. در این تحقیق موضوعاتی همانند راندمان اقتصادی، پایداری زیست محیطی و عدالت اجتماعی و همچنین محدودیت‌های عملی مد نظر قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که اگر چه قیمت گذاری آب از منظر اقتصادی ابزاری موثر است تضمینی در مورد اثرات زیست محیطی آن وجود ندارد. شجری و ترکمانی (1386) به بررسی تاثیر قیمت گذاری آب آبیاری بر میزان تقاضای آب کشاورزان در حوضه آبریز درودزن پرداختند. در این مطالعه فرض شد که سطح مطلوبیت کشاورزان صرفاً از طریق سود تعیین نمی‌شود، بلکه عوامل دیگری مانند ریسک و عدم دسترسی بموقع به نیروی کار نیز در فرآیند تصمیم‌گیری بهره‌برداران دخالت دارند. در این تحقیق از تئوری مطلوبیت چند خاصیتی استفاده و توابع هدفی همانند حداکثر کردن کل بازده برنامه‌ای، حداقل کردن ریسک و حداقل کردن نیروی کار بکار گرفته شد. شجری و همکاران (2008) یک مدل شبیه‌سازی بر مبنای تئوری تابع مطلوبیت و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره را برای آنالیز اثرات قیمت گذاری آب کشاورزی را در پایین دست سد درودزن (استان فارس) بررسی کردند. نتایج تحقیق این افراد حاکی از آن بود که در نتیجه افزایش قیمت آب کشاورزی، الگوهای مصرف در امتداد منحنی تقاضا تغییر می‌کند. بدین صورت که در بخش‌های غیر الاستیک از منحنی‌های تقاضای آب، با افزایش قیمت حساسیتی از جانب کشاورزان برای تغییر در تقاضای آب مشاهده نمی‌شود بدین معنی که آنها الگوی کشت معمول خود را حفظ می‌کنند. همچنین در بخش‌های الاستیک منحنی تقاضا با افزایش قیمت آب، تقاضا برای مصرف نیز کاهش می‌یابد که این با تعرفه‌هایی از آب همراه است که کشاورزان را به کاشت محصولات با نیاز آبی کمتر است رهنمون می‌کند.

بحث و نتیجه‌گیری

کمبود منابع آب، یکی از مسائلی است که در سالهای اخیر دغدغه اصلی اکثر کشورهای جهان قرار گرفته است. توجه به مسئله مدیریت این منابع شامل مدیریت توأمان عرضه و تقاضا، می‌تواند اثرات مثبتی را در پیاده‌سازی موفق‌تر رویکردهای مدیریتی این منابع داشته باشد. با توجه به گستردگی اقدامات سازه‌ای انجام شده در زمینه مدیریت عرضه، اخیراً توجه به مدیریت مصرف این منابع در راستای افزایش کارایی فنی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی که از آن بعنوان مدیریت تقاضا یاد می‌شود، مسأله ایست که در بیشتر محافل و کنفرانس‌های منابع آب در سطح جهان مورد تأکید قرار گرفته است. با توجه به اهمیت موضوع، در این مقاله، برخی از تکنیک‌های مورد استفاده در تخصیص آب در ایران و سایر کشورها معرفی و معیارهای در نظر گرفته شده در اینباره بررسی گردید. بررسی‌ها نشان داد که استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی در راستای نیل به حداکثر سود اقتصادی، بیشترین کاربرد را در تحقیقات مختلف داشته است. روند تاریخی استفاده از تکنیک‌های بهینه‌سازی نشان داد که با توجه به اهمیت مسائل زیست محیطی در سالهای اخیر، علاوه بر سود اقتصادی، توابع هدفی همانند حداقل‌سازی آلودگی منابع آب نیز جدیداً در کانون توجه محققین مختلف قرار گرفته است. همچنین بررسی منابع در زمینه قیمت‌گذاری آب کشاورزی نشان داد که هر چند قیمت‌گذاری درست آب می‌تواند صرفه‌جویی‌هایی را در مصرف آب بدنال داشته باشد ولی میزان صرفه‌جویی و سایر پیامدهای قیمت‌گذاری، تا حد زیادی به شرایط سازمانی، اقتصادی، خصوصیات کشاورزان، الگوی کشت منطقه و بطور کلی شرایط منطقه‌ای بستگی دارد. از میان شیوه‌های قیمت-گذاری منابع آب، در ایران بیشتر از روشهای قیمت‌گذاری تجربی (شیوه‌های غیرحجمی) استفاده می‌شود. همچنین بررسی

تحقیقات مختلف نشان داد که در زمینه قیمت‌گذاری منابع آب، بیشتر تحقیقات افزایش چند درصدی تعرفه‌های کنونی آب را بر روی میزان تقاضا بررسی نمودند.

منابع

- احمدی، آ. 1388. برنامه‌ریزی سیستم رودخانه- مخزن در مدیریت جامع منابع آب. پایان‌نامه دکتری عمران آب، دانشکده فنی، دانشگاه تهران. 273 ص.
- شجری، شاهرخ؛ ترکمانی، جواد. 1386. تناسب شبیه‌سازیهای تصمیم‌گیری چند معیاری به منظور بررسی تقاضای آب آبیاری، مطالعه موردی حوضه آبریز درودزن در استان فارس. مجله اقتصاد و کشاورزی، جلد 1 شماره 1، ص 301-319.
- مقدسی، م. 1388. راهبردهای بهره‌برداری از مخازن سدها با تأکید بر مدیریت بهینه عرضه و تقاضای آب در دوره‌های خشکسالی. پایان‌نامه دکتری سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. 181 ص.
- موسوی، س. ج. (1389). بهره‌برداری از سیستم چند مخزنی چند منظوره، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، 240 ص.

Bakir, H. 2003. Water demand management: Concept, applications and innovations in the Middle East and North Africa. Proceedings of the Sixth Gulf Water Conference, Riyadh, Kingdom of Saudi Arabia, 8-12 March 2003.

Bartolini, F., Bazzani, G. M., Gallerani, V., Raggi, M. & Viaggi, D. 2007. The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: An analysis based on farm level multi-attribute linear programming models. *Agricultural Systems* 93(1-3): 90-114.

Chen, Y., Zhang, D., Sun, Y., Liu, X., Wang, N. and H.G. Savenije H., 2005. Water demand management: A case study of the Heihe River Basin in China. *Physics and Chemistry of the Earth* 30: 408-419.

Easter, K.W., N. Becker, and Y. Tsur. 1997. Economic Mechanisms for Managing Water Resources: Pricing, Permits, and Markets, in A. K. Biswas. *Water Resources: Environmental Planning, Management and Development*, McGraw-Hill, New York.

FAO. 2003. FAO's Information System on Water and Agricultur. Available online at <http://www.fao.org>.

Gómez-Limón, J. A. and Riesgo, L. 2004. Irrigation water pricing: differential impacts on irrigated farms. *Agricultural Economics* 31 (1): 47-66

Hong-yunl, H. and Lian-ge, Z., 2007. The Impact of Water Pricing Policy on Local Environment - An Analysis of Three Irrigation Districts in China. *Agricultural Sciences in China*, 6(12): 1472-1478.

Johansson, R.C., 2000. Pricing irrigation water: A literature survey. The World Bank, Washington, D.C.

Johansson, R. C., Tsur, Y., Roe, T. L., Doukkali, R. and Dinar, A. 2002. Pricing irrigation water: a review of theory and practice. *Water Policy* 4: 173-199.

Kundzewicz, Z. W., L.J. Mata, N.W. Arnell, P. Döll, P. Kabat, B. Jiménez, K.A. Miller, T. and Z. S. a. I. A. S. Oki 2007. Freshwater resources and their management', *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge,

Lallana, C., Krinner, W., Estrela, T., Nixon, S., Leonard, J., and Berland, J.M. 2001. Sustainable water use in Europe - Part 2: Demand management. Environmental Issue Report Number 19, European Environment Agency (EEA), Copenhagen, Sweden

- Mualla, W., Salman, M. 2002. Progress in water demand management in Syria. Fiuggi Forum on Water Demand Management in the Mediterranean Region. Fiuggi, Italy.
- Moradi-Jalal, M., Bozorch Haddad, O., W. Karney, B. and A. Marino, M. 2007. Reservoir operation in assigning optimal multi-crop irrigation areas. *Agricultural Water Management*, 90: 149–159.
- Paul, S., Sudhindra, N.P. and Kumar, D.N. 2000. Optimal irrigation allocation: A multilevel approach, *ASCE: Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 126: 149-154.
- Rao, S. S. 1984. *Optimization Theory and Application*. second edition, Altalsted Press Book, John Wiley and Sons, pp: 1247.
- Reca, J., Roldan, J., Alcaide, M., Lopez, R. And Camacho, E., 2001. Optimisation model for water allocation in deficit irrigation systems, I. Description of the model. *Agricultural water Management* 48: 103-116.
- Rogers, P., de Silvab, R. and Bhatiac, R., 2002. Water is an economic good: How to use prices to promote equity, efficiency, and sustainability. *Water Policy* 4: 1–17.
- Shajari, S., Bakhshoode, M. and Soltani, G.R., 2008. Suitability of Multiple – Criteria Decision Making Simulation to Study Irrigation Water Demand: A case Study in the Doroudzan River Basin, Iran. *American- Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science* 2: 25-35.
- Simonovic, S. P., 2009. *Managing Water Resources: Methods and Tools for a systems Approach*. Published jointly by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), United Kingdom in 2009.
- UNCED .1992. Agenda 21 - Report of the United Nations Conference on Environment and Development in Rio de Janeiro', Chapter 18.
- UNESCO. 2006. 'Water: a Shared Responsibility', United Nations 2nd World Water Development Report, United Nations Educational: New York.
- UN WWAP. 2003. United Nations World Water Assessment Programme. The World Water Development Report 1: Water for People, Water for Life. UNESCO: Paris, France.
- U.S. Army Corps of Engineers, 1991. *Optimization of Multiple-Purpose Reservoir System Operations: A Review of Modeling and Analysis Approaches*. Hydrologic Engineering Center, January 1991.
- Varela-Ortega, C., Sumpsi, J. M., Garrido, A., Blanco, M. and Iglesias, E., 1998. Water pricing policies, public decision making and farmers' response: implications for water policy. *Agricultural Economics*, 19: 193-202.
- Wang, X., Sun, Y., Song, L. and Mei, C., (2009). An eco-environmental water demand based model for optimizing water resources using hybrid genetic simulated annealing algorithms, Part I. Model development. *Journal of Environmental Management* 90: 2628–2635.
- Xevi. E. and Khan. S., 2005. A multi-objective optimization approach to water management. *Journal of Environmental Management* 77 269–277.
- Yaron, D. and Dinar, A. 1982. Optimal allocation of water on a farm during feed season. *Journal of Agricultural Economics*, 64: 452-458.
- Zoumides, C. and Zachariadis, T. 2009. Irrigation Water Pricing in Southern Europe and Cyprus: The effects of the EU Common Agricultural Policy. *Cyprus Economic Policy Review*, 3: 1, pp. 99-122 .