نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۸۹، ص. ۴۲۴-۴۱۵

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 24, No. 4, Winter 2011, p. 415-424

تعیین برداشت بهینه آب از رواناب محیطی حوضه آبریز رودخانه کر، سد درودزن

ندا اسد فلسفی زاده[۱]- محمود صبوحی صابونی[۲*]

تاریخ دریافت:۸۷/۸/۲۵
تاریخ پذیرش:۸۹/۱۲/۴

چکیده

در مطالعه حاضر، با بکارگیری مدل اقتصادی – زیست محیطی جامع، به بررسی آبیاری و برداشت از آب‌های سطحی در اراضی دشت رودخانه کر، سد درودزن تا دریاچه بختگان، پرداخته شد. در مدل اقتصادی– زیست‌محیطی جامع، سه جزء اقتصادی، هیدرولوژی و زراعی مدنظر قرار گرفت. در جزء اقتصادی، تخصیص بهینه آب تحت دو سناریو با و بدون محدودیت رواناب محیطی با استفاده از برنامه‌ریزی غیرخطی بررسی شد. یافته‌های مدل شبیه‌سازی شده زیست محیطی در جزء هیدرولوژی، به عنوان داده‌های اولیه در جزء اقتصادی مورد استفاده قرار گرفت. در جزء زراعی عملکرد واقعی محصول در سال‌های تر، نرمال و خشک با استفاده از رابطه بین عملکرد و مقدلر آب آبیاری تعیین گردید. نتایج نشان داد که نحوه تخصیص آبهای سطحی در بین سال‌های تر، خشک و نرمال در حوضه مورد مطالعه با مقدار بهینه آن متفاوت است. از دلایل این اختلاف عدم وجود بازار آب و تعیین قیمت آن با توجه به عرضه و تقاضا می‌تواند باشد. افزون برآن، با استفاده از مدل، الگوی کشت بهینه ای برای منطقه تعیین شد که می‌تواند در جهت حفظ منابع آب سطحی مورد توجه قرار گیرد.

واژه های کلیدی: درآمد خالص انتظاری، هیدرولوژی، مدل برنامه ریزی غیرخطی، کم آبیاری

مقدمه

آب آبیاری، یک منبع بسیار کمیاب برای بخش کشاورزی در بسیاری از مناطق دنیا از جمله ایران می باشد. در نتیجه، مدیریت منابع آب به عنوان مهم‌ترین موضوع اقتصادی و اجتماعی مطرح و ارائه راه حل‌هایی در جهت مدیریت پایدار از منابع آب ضروری به نظر می‌رسد. مدیریت ضعیف تقاضای آب در ایران منجر به افزایش تقاضا برای این نهاده حیاتی و هدر رفتن مقادیر قابل ملاحظه‌ای از آن شده و در نتیجه نه تنها آب برای آبیاری کل مناطق کافی نیست، بلکه کیفیت آن نیز رو به کاهش است (۲۰).

استفاده فزاینده از آب و کارایی پایین روش‌های بهره‌برداری آن موجب نگرانی‌های زیست محیطی شده است. انحراف گسترده آب از رودخانه و کانال به منظور آبیاری و مصارف دیگر، پدیده‌های ناخوشایند اکولوژیکی و زیست محیطی را برای مناطق پایین دست (پایین رودخانه) ایجاد کرده است. مسائل زیست محیطی، شامل کاهش آب قابل دسترس، کیفیت و افزایش شوری آب و خاک می‌باشد (۴).

مدیریت کارا و پایدار منابع آب به صورت یک سیاست هدف در دنیا تبدیل شده است. همچنین پیچیدگی مدیریت منابع آب به یک مدل اقتصادی و زیست محیطی جامع نیاز دارد که به توسعه استفاده کارا و پایدار از الگوهای مصرف آب بیانجامد.

مطالعات زیادی در زمینه تخصیص آب آبیاری و اثرات جانبی شوری در حوضه‌های آبریز دنیا انجام شده است. کوئیگین (۱۸) عکس العمل مزارع حوضه آبریز ماری دارلینگ[۳] استرالیا نسبت به تخصیص منابع و دسترسی به تکنولوژی های جدید را مورد بررسی قرار داد. فریا و همکاران (۱۴) به بررسی سیاست‌های مدیریت جامع حوضه آبریز در ایالت انتاریوی کانادا پرداختند. نتایج نشان داد که در نظرگرفتن توأم مسائل آب و خاک در سیاست‌گذاری‌ها به مدیریت مناسب تر حوضه آبریز می‌انجامد. کای (۹) با استفاده از مدل بهینه سازی اقتصادی به بررسی مدیریت حوضه آبریز میپو[۴] در شیلی پرداخت. وی در این مطالعه به بیان مشکلات کاربرد روش جامع پرداخت. نتایج نشان داد که در صورت وجود داده ها در مناطق مختلف مدل جامع پاسخ های مناسب تری ارائه می‌دهد. هینی و بل (۱۷) با ارائه مدل تحلیل شبیه سازی شوری و زمین مورد استفاده[۵]،

۱و۲- دانشجوی دکتری و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
(*- نویسنده مسئول: (Email:msabuhi39@yahoo.com

3- Murray Darling Basin (MDB)
4- Maipo
5- Salinity and Landuse Simulation Analysis (SALSA)

عکس العمل بلندمدت به محرک های بـازار آب را در جنـوب حوضـه آبریز ماری دارلینگ استرالیا اندازه گیری کردنـد. ایگنـرام (۱۲) بـرای اولین بار یک مدل تجارت آب برای بخش هـای ویکتوریـایی حوضـه آبریز ماری دارلینگ استرالیا ارائه کرد. این مدل، از یک سـری مـدل-های برنامه‌ریزی خطی تشکیل شده بود که به آن مدل سیاسـت آب[1] گفته می‌شود. انجمن تحقیقاتی حوضه آبریز ماری دارلینـگ اسـترالیا[2] (۱۰) با استفاده از مدل های شبیه سازی شوری و زمین مورد اسـتفاده و مدل سیاست آب اثرات اجتماعی و اقتصادی جریان های محیطی را مورد ارزیابی قرار داد.کیورشی و همکاران (۲۱) با ارائه مدل اقتصـادی و زیست محیطی جامع و به کـارگیری روش هـای گونـاگون، اثـرات مختلف مدیریت آب زیر زمینی را در ناحیـه کوئینلنـد[3] اسـترالیا و اثـر مستقیم آن را بر سود دهی گیاه چغندر قند مورد مطالعه و بررسی قرار دادند.

صبوحی و همکاران (۳)، به ارزیابی راهکارهای مدیریت منابع آب زیرزمینی، در دشت نریمانی استان خراسان پرداختند. نتایج بـه دسـت آمده از داده‌های جمع‌آوری شده و تابع تقاضا مشخص کرد که راهکار بهـره‌بـرداری از آب‌هـای زیرزمینـی و سیاسـت مالیـاتی نسـبت بـه گزینه‌های دیگر امکان رسـیدن بـه بهـره بـرداری پایـدار از آب‌هـای زیرزمینی را فراهم می‌کند و اینکه راهکار مناسب متاثر از خصوصـیات فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی بهره برداران و شرایط کلـی حـاکم بـر جامعه است. اصغری مقدم و آقازاده (۱)، به ارزیابی هیدروژئولوژیکی و مدیریت منابع آب زیرزمینی آبخوان دشت هرزندات با استفاده از مـدل ریاضی پرداختند. در این تحقیق به منظور ارزیابی هیـدروژئولوژیکی و شناخت بهتر آبخوان و در راستای آن مدیریت منـابع آب زیرزمینـی و بهره‌برداری بهینه از این منابع با استفاده از اطلاعات قبلی و مطالعـات صحرایی، مدل تفهیمی و ریاضی آبخوان تهیه گردید. پـس از صـحت سنجی مدل و کالیبراسیون داده‌ها نتـایج نشـان داد کـه از ایـن مـدل میتوان به منظور مدیریت منابع آب زیرزمینی و بهره بـرداری بهینـه از آنها در محدوده مورد مطالعه استفاده کرد. چیذری و کرامـت زاده (۲)، به بررسی مدیریت منابع آب از طریق تخصیص بهینه آب بین اراضـی زیر سدها، مطالعه سد شیروان پرداختند. در این مطالعه در جهت بهبود مدیریت منابع آب در اراضی زیر سد بـارزوی شـیروان از مـدل بهینـه سازی خطی استفاده و الگوی کشت بهینه برای هر منطقه تعیین شـد. سپس، میزان آب قابل تخصیص بـه هـر منطقـه مشـخص و درصـد تغییرات آن با شرایط فعلی مقایسه شد.

هدف مطالعـه حاضـر، ارائـه طرحـی جـامع و منطقـی در جهـت چگونگی برداشت از آب‌هـای سـطحی بـا توجـه بـه هزینـه فرصـت فعالیت‌های انجام شده از قبیل کشاورزی و دامپروری در اراضی دشت رودخانه کر، از سد درودزن تا دریاچه بختگان، می‌باشـد. توسـعه ایـن مناطق بسـتگی مسـتقیم بـه منـابع آب‌هـای سـطحی و زیرزمینـی و الگوهای برداشت از آب‌های منطقه وسیع تری به نـام "حوضـه آبریـز رودخانه کر" دارد.

منطقه مورد مطالعه

سد درودزن در ۷۵ کیلومتری شهر شـیراز بـر روی حوضـه آبریـز رودخانه کر بنا شده است. منطقه مورد مطالعه که شهرهای مرودشـت، زرقـان و خرامـه در آن قـرار دارد، دارای ۱۰۰ کیلـومتر طـول و ۳۵ کیلومتر عرض است. این منطقه دارای وسعت ناخالص حدود ۳۱۵۰۰۰ هکتار می‌باشـد و توسـط رودخانـه کـر و دو شـاخه اصـلی آن یعنـی رودخانه‌های سیوند و مائین تغذیه می‌شود (۶).

موقعیت حوضه آبریز دریاچه بختگان و شاخه های رودخانه کر تـا محل سد درودزن در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است.

منطقه مـورد مطالعـه شـامل دو شـبکه مـدرن درودزن و تلفیقـی کربال، رویهم رفتـه ۷۷ هـزار هکتـار سـطح زیـر کشـت دارد. ناحیـه رودخانه کر علاوه بر قسمت دشت، شامل مناطق مهم و کـم و بـیش زیرکشت مانند دره علیای کر و مناطق آباده و اقلید می‌باشد. مسـاحت این ناحیه حدود ۴/۵ میلیون هکتار یعنـی معـادل یـک سـوم وسـعت استان فارس است (۶).

تغییرات در مصرف آب و زمین و مدیریت آن‌هـا در حوضـه آبریـز رودخانه کر که سد درودزن بر آن واقع شده، باعـث ایجـاد نگرانـی در نحوه تخصیص و کیفیت آب و سلامت محیط زیسـت شـده اسـت. از پیامدهای تغییر در مصرف و استفاده بی رویـه از زمـین و آب در ایـن حوضه، در معرض نابودی قرار گرفتن دریاچه بختگان واقع در قسـمت انتهایی حوضه آبریز می‌باشد (۴).

با توجه به استفاده روزافزون کشـاورزان سـاکن در منـاطق قابـل کشت حوضه آبریز رودخانه کر از آب رودخانه جهت تبدیل کشـاورزی دیم به زراعت آبی، خطر کم‌آبـی در دشت‌هـای پـایین دسـت آینـده منطقه را تهدید می‌کند. به این علت انجام مطالعات جامع در رابطه بـا منابع آب سطحی و زیرزمینی و ارتباط آن‌ها در تمـامی حوضـه آبریـز رودخانه کر الزامی است تا بتوان با دانستن موقعیت و کمیـت منـابع و پراکندگی آن‌ها، طرح صحیحی برای نحوه‌ی توزیع و بهره برداری آب در تمامی منطقه تهیه کرد.

بر اساس مطالعاتی که تاکنون در این منطقه انجام شده، رودخانـه کر پتانسیل آبیاری مؤثر حدود ۱۵۰۰۰۰ هکتـار از اراضـی را دارد کـه این پتانسیل با اعمال روش‌هـای نـوین کشـاورزی و آبیـاری محقـق خواهد شد (۷).

1- Water Policy Model (WPM)
2- Murray Darling Basin Commission (MDBC)
3- Queenland

مواد و روش‌ها

مدل ساخته شده دارای سه جزء هیدرولوژی، زراعی و اقتصادی می‌باشد که در ادامه به تشریح آنها پرداخته شده است:

جزء هیدرولوژی

رواناب تصادفی محیطی

روش علمی به کار برده شده در این مطالعه، مدل رواناب محیطی تصادفی بر اساس داده‌های تاریخی ایستگاه هواشناسی می باشد. یکی از روش‌های پیش‌بینی داده‌های تصادفی روش شبیه سازی مونت کارلو است. روش مونت کارلو بر اساس تابع توزیع احتمال تجمعی[1] می باشد. تابع توزیع احتمال $F(x)$، تابعی است که با احتمال P متغیر X را طوری انتخاب می کند که کوچکتر و یا مساوی x باشد و به صورت زیر تعریف می‌شود (۱۶):

$$F(x)= P(X \le x) \quad (۱)$$

که در آن $F(x)$ عددی بین صفر و یک است.

در نمونه گیری مونت کارلو عکس تابع فوق به صورت زیر استفاده می‌شود تا عدد x حاصل شود. این رابطه در شکل ۳ نشان داده شده است (۱۶).

$$x = G(F\{x\}) \quad (۲)$$

بر اساس داده‌های هواشناسی به دست آمده، رواناب محیطی در طی فصول مختلف به صورت چشمگیری تغییر می‌کنند. این موضوع بیانگر این است که حد مشخصی از رواناب در بعضی فصل‌ها برای سلامت زمین‌های مورد آبیاری نیاز است. همانطور که در بعضی سال‌ها به علت پر باران بودن، مقدار رواناب اضافه دارای ارزش کمتری می‌باشد. آب اضافی موجود درسال تر، توانایی ایجاد سیل‌های قوی در جلگه را دارد و بالعکس در سال‌های خشک حتی با مقادیر زیاد آب هم نمی‌توان رواناب مورد نیاز را ایجاد کرد.

یافته‌های به دست آمده از مدل شبیه سازی شده در تابع توزیع احتمال تجمعی، به عنوان مقادیر رواناب محیطی سال‌های خشک، نرمال و تر در سمت راست محدودیت‌های جزء اقتصادی مورد استفاده قرار گرفت.

جزء زراعی

نیاز آبی گیاهان به عوامل زیست محیطی و فیزیولوژیکی از جمله آب وهوا، خاک و گیاه کاشته شده بستگی دارد. در شرایطی که آب کمی در اختیار گیاه باشد، با هر واحد اضافی آب عملکرد گیاه افزایش می یابد. اما، اگر آب بیش از نیاز طبیعی گیاه وجود داشته باشد عملکرد گیاه به واسطه کمبود هوا در منطقه ریشه تحت تاثیر قرار گرفته و کاهش می یابد. در نتیجه تولید نهایی آب کاهش پیدا می‌کند (۱۹).

در این مطالعه، نیاز آبی گیاه با استفاده از روش پنمن مانتیث محاسبه شده است. کل نیاز آبی گیاه در طول ماه t با استفاده از معادله زیر می توان محاسبه کرد (۱۳):

$$REQ_t = ET_o * k_{ct} \quad (۳)$$

که در این معادله REQ_t نشان دهنده ی کل نیازآبی گیاه در طول ماه t، ET_o نشان دهنده ی تبخیر وتعرق مرجع در ماه t و k_{ct} نشان دهنده ی ضریب گیاه در طول دوره های رشد می باشد. نیاز آبی ناخالص گیاه j از معادله زیر به دست می‌آید (۱۳):

$$w_j = \frac{REQ_t - EP_t}{IE} \quad (۴)$$

که در آن EP_t نشان دهنده ی باران مؤثر در ماه t و IE مقدار کارایی آب مورد استفاده در سطح مزرعه می‌باشد (۷). در مطالعه حاضر، براساس اطلاعات جمع آوری شده از مسئولین جهاد کشاورزی و آب منطقه‌ای استان فارس سطح کارایی آب مورد استفاده ۰/۴۵ در نظر گرفته شد.

میزان استفاده از نهاده‌ها و عملکرد گیاهان تحت تأثیر سیاست-های قیمت‌گذاری به خصوص بر دو نهاده‌ی آب آبیاری و کود می-باشد. بنابراین برای به دست آوردن عملکرد واقعی به رابطه‌ای نیاز است که تحت تأثیر این موارد قرار نگیرد و تنها تابعی از آب، خاک وگیاه باشد. برای تعیین تابع عملکرد واقعی آب گیاه از معادله زیر استفاده شده است (۱۱):

$$y_a = y_p * \prod_{i=1}^{n} \left[1 - ky_i \left(1 - \frac{AET_i}{PET_i} \right) \right] \quad (۵)$$

که در این معادله n مراحل مختلف رشد گیاه، y_a و y_p به ترتیب عملکرد واقعی و پتانسیل گیاه، AET_i و PET_i به ترتیب تبخیر و تعرق واقعی و پتانسیل گیاه طی مراحل مختلف رشد و ky_i نشان دهنده‌ی فاکتور پاسخ عملکرد گیاه طی مراحل مختلف رشد می‌باشد (۱۳).

جزء اقتصادی

اساس روش مطالعه، مدل عکس العمل آبیاری، هزینه‌ها و درآمد انتظاری تحت سناریوهای مختلف عرضه و تقاضای آب است که با استفاده از برنامه‌ریزی غیرخطی انجام شده است. علی‌رغم محدودیت‌هایی که در مدل وجود دارد، مدل برای تحلیل جزئی تولید کشاورزی و میزان استفاده از منابع مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این تحقیق زمین و سرمایه به صورت ثابت فرض شده لذا،

1- Cumulative Distribution Function (CDF)

مدل اثرات کوتاه مدت و فصلی بر آب تخصیصی را تخمین می‌زند.

تابع هدف در مدل برنامه‌ریزی ریاضی درآمد خالص انتظاری برای حوضه آبریز ($ExpR$) می‌باشد که از حاصل جمع متوسط احتمال وزنی درآمد خالص سال‌های خشک، نرمال و تر به دست می‌آید. مدل ریاضی مورد استفاده به صورت زیر می‌باشد:

Maximize:

$$ExpR = \sum_{s} \Pr ob_s * \left(\sum_{r}\sum_{j} P_{rj} Yld_{rj} A_{srj} - \sum_{r}\sum_{j} OC_{rj} A_{srj} - WCh \sum_{r}\sum_{j} A_{srj} w_{srj} \right) \quad (۶)$$

Subject to:

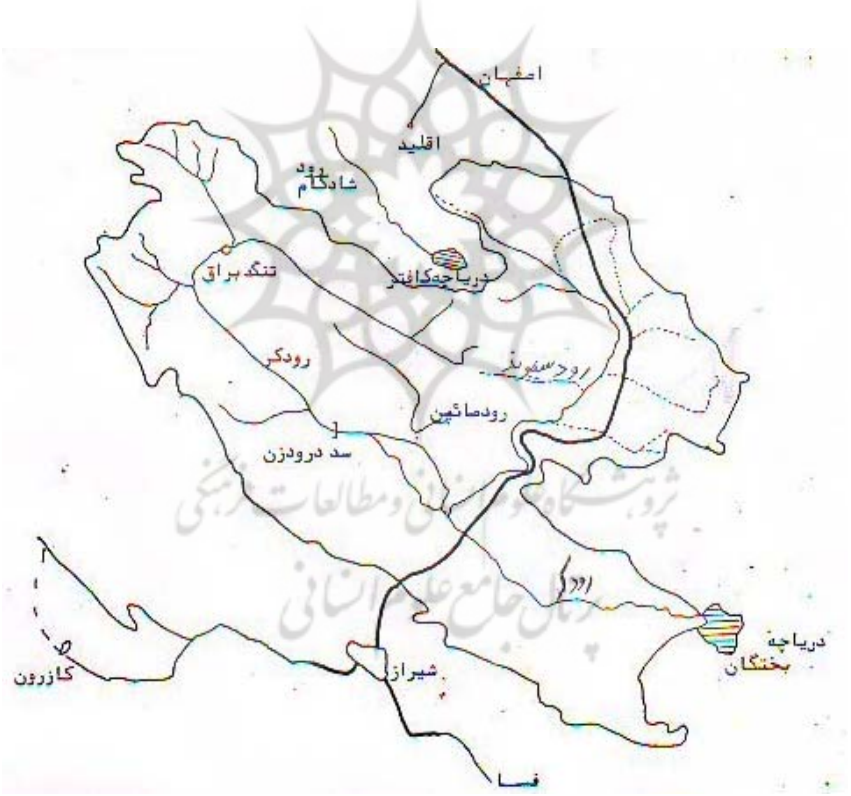
$$\sum_{j} w_{srj} A_{srj} \le (1 - CLoss_r) * TotWat_{sr} - Env_{sr} \qquad \forall r, s \quad (۷)$$

$$\sum_{j} A_{srj} \le TotLand_r \qquad \forall s, r \quad (۸)$$

$$Dryland_{sr} = LandR_r - \sum_{j} A_{srj} \qquad \forall s, r \quad (۹)$$

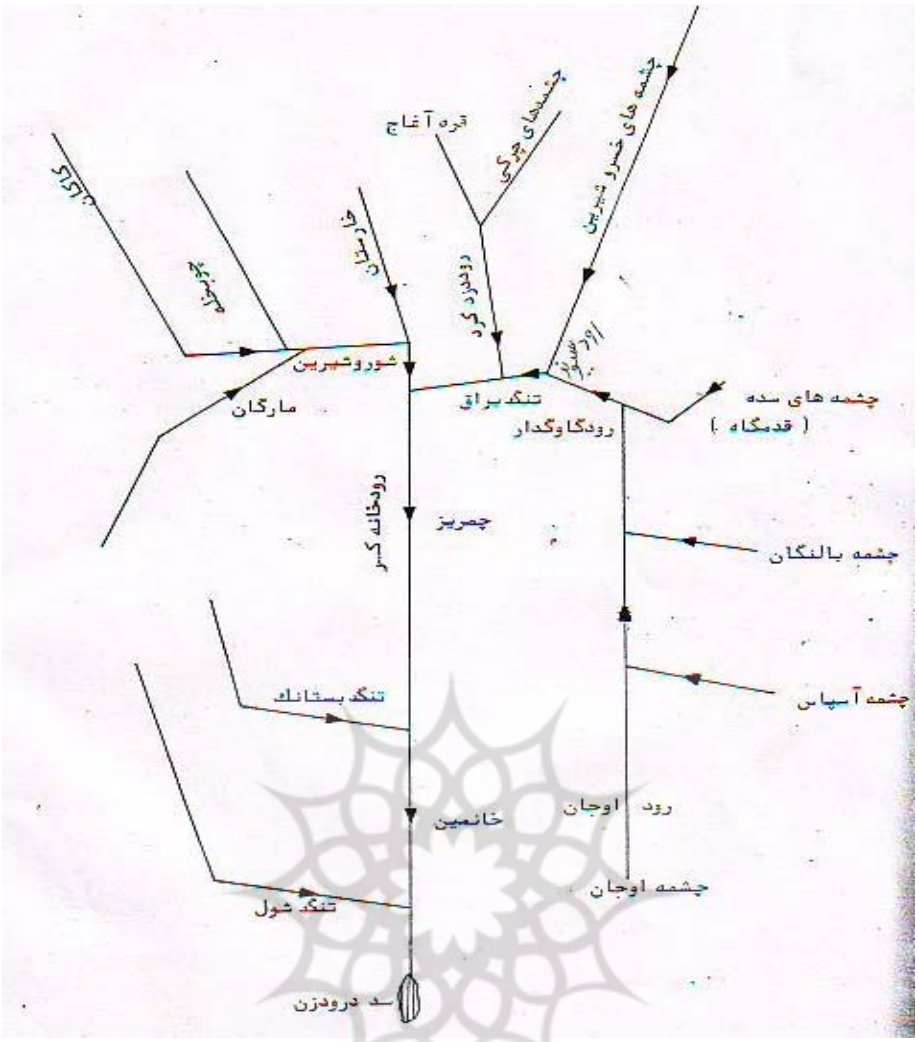
$$A_{srj} = Area_{rj} \quad \text{if} \quad jp \qquad \forall s, r, j$$

$$\sum_{j} A_{srj} \le \sum_{j} Area_{rj} \quad \text{if} \quad jt \qquad \forall s, r \quad (۱۰)$$



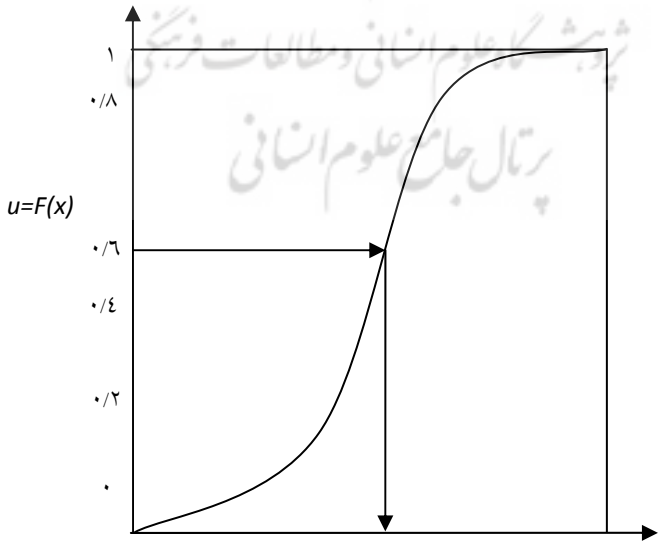
شکل۱ - موقعیت حوضه آبریز دریاچه بختگان

مأخذ: سازمان آب منطقه‌ای استان فارس



شکل ۲- موقعیت شاخه های رودخانه کر تا محل سد درودزن

مأخذ: سازمان آب منطقه‌ای استان فارس



شکل ۳ – قاعده اصلی روش مونت کارلو با استفاده از CDF

در رابطه ۶ $ExpR$، درآمد خالص انتظاری در حوضه مورد مطالعه می‌باشد. $\Pr ob_s$ احتمال سال‌های تر، خشک و نرمال[1] می‌باشد که نحوه به دست آوردن آن در ادامه اشاره شده است. P_{rj} قیمت محصول j در منطقه r، Yld_{rj} عملکرد واقعی محصول j در منطقه r بر حسب تن بر هکتار و A_{srj} سطح زیر کشت آبیاری محصول j در منطقه r در سال s بر حسب هکتار می‌باشد. OC_{rj} شامل هزینه‌های متغیر و ثابت تولید محصول j در منطقه r بر حسب ریال بر هکتار، WCh آب بها بر حسب ریال بر متر مکعب و w_{srj}، آب مورد استفاده محصول j در منطقه r در سال s را بر حسب مترمکعب بر هکتار نشان می‌دهد.

رابطه شماره (۷) محدودیت آب قابل دسترس در حوضه آبریز می‌باشد. این محدودیت نشان می‌دهد که کل آب مورد نیاز محصول j در منطقه r طی سال‌های تر، خشک و نرمال از تفاضل کل مقدار آب قابل دسترس ($TotWat_{sr}$) و هدر رفت آب از طریق انتقال $CLoss_r$ و رواناب محیطی Env_{sr}، بیشتر نخواهد شد. محدودیت آب قابل دسترس در قالب شش معادله برای دو منطقه مرودشت و کربال خرامه و زرقان که اراضی زیر کشت در حوضه آبریز سد درودزن می‌باشند و در سه حالت سال‌های تر، نرمال و خشک آورده شده است.

رابطه شماره (۸) محدودیت زمین آبی قابل دسترس می‌باشد. محدودیت زمین نشان می دهد که $TotLand_r$ کل اراضی موجود در منطقه r، برای هرحالت احتمالی s، از کل اراضی موجود برای کشت تمام محصولات بیشتر نمی‌باشد. در مطالعه حاضر، محدودیت زمین قابل دسترس در قالب شش محدودیت برای دو منطقه و در سه حالت احتمال وقوع سال تر، خشک و نرمال آورده شده است.

رابطه شماره (۹) محدودیت زمین‌های آبی و دیم قابل دسترس در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. با استفاده از این رابطه، در صورتی که استفاده از زمین‌های کشاورزی به صورت آبی توجیه اقتصادی نداشته باشند، به صورت دیم زیرکشت می‌روند. در رابطه ۹، $LandR_r$ کل زمین‌های آبی قابل دسترس در منطقه r می‌باشد. این محدودیت نشان می‌دهد که برای هر حالت احتمالی s، مجموع زمین‌هایی که به علت اقتصادی نبودن فعالیت آبی در آن ها به زمین دیم تبدیل شده اند و زمین های آبی برابر با کل زمین‌های در دسترس برای منطقه می‌باشد. در واقع این معادله امکان انتخاب فعالیت‌ها با سود بیشتر را با توجه به نحوه‌ی تخصیص آب و شرایط بازار ایجاد می‌کند. محدودیت زمین های آبی و دیم قابل دسترس در قالب شش محدودیت برای دو منطقه و در سه حالت احتمال وقوع سال تر، خشک و نرمال آورده شده اند.

رابطه ۱۰a محدودیت زمین‌های مورد استفاده فعالیت‌های دائمی منطقه (jp) شامل انگور و فعالیت‌های دامی می‌باشد. محدودیت گفته شده در مطالعه حاضر به صورت ۲۴ محدودیت آورده شده است.

در رابطه ۱۰b محدودیت حداقل زمین مورد استفاده فعالیت‌های زراعی jt نیز اعمال شده است تا از حذف فعالیت‌هایی با سود اقتصادی کم جلوگیری شود. فعالیت‌های زراعی منطقه مورد مطالعه شامل کشت غلات، چغندرقند، دانه‌های روغنی و سبزیجات می‌باشد. فعالیت‌های زراعی در صورتی که دارای توجیه اقتصادی باشند، طبق رابطه ۵b می‌توانند زمین مورد استفاده در فعالیت‌های زراعی دیگر را در اختیار بگیرند.

دلیل وارد کردن محدودیت حداقل زمین آبی در مطالعه این است که طبق تحقیقات انجام شده در منطقه، فعالیت‌های زراعی حتی در سال‌هایی که دارای توجیه اقتصادی نیستند انجام می‌شوند. از دلایل این امر می توان به عدم تحرک پذیری منابع و یا عدم توجه صاحبان فعالیت به شرایط حاکم در بازار از جمله تغییرات قیمت اشاره کرد.

برای به دست آوردن احتمال آب تخصیصی بر حسب نوع جریان آب (جریان کم (سال خشک)، متوسط (سال نرمال) ویا زیاد (سال تر)) از داده‌های بارندگی ۲۶ سال گذشته ایستگاه هواشناسی و شاخصی به نام شاخص بارندگی استاندارد[2]، استفاده شد. شاخص بارندگی استاندارد از رابطه (۱۱) قابل محاسبه است (۵):

$$SPI = \frac{(P_i - P)}{S} \qquad (۱۱)$$

در این معادله P_i بارندگی سال مورد نظر، P میانگین بارندگی بلند مدت و S انحراف معیار بلند مدت بارندگی می‌باشد. اگر شاخص مذکور بیشتر از ۱ ترسالی و اگر کمتر از ۱- باشد خشکسالی وجود دارد. اعداد بین ۱ و ۱- نشان دهنده ی سالی با بارندگی نرمال است (۵).

داده‌های مورد نیاز

در این مطالعه، با توجه به گستردگی اراضی دشت رودخانه کر در استان فارس و با تاکید بر بحرانی بودن موقعیت زیست محیطی دریاچه بختگان، به بررسی و مطالعه اراضی زیر کشت سد درودزن تا دریاچه بختگان پرداخته شد. اطلاعات ۲۵ ساله زراعی، دامی و هیدرولوژیکی از سال ۱۳۸۶-۱۳۶۱ مربوط به منطقه مورد مطالعه از سازمان‌هایی که در زیر توضیح داده شده، گردآوری شد.

اطلاعات زراعی و دامی از سازمان جهاد کشاورزی شهرستان‌های شیراز، مرودشت، زرقان و خرامه، اطلاعات هیدرولوژیکی مربوطه از

1- State of nature

2- Standard Perspiration Index (SPI)

سازمان آب منطقه‌ای استان فارس، اداره امور آبیاری شهرستان مرودشت و ایستگاه‌های هواشناسی احمدآباد و دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز جمع‌آوری شد. اطلاعات مربوط به ضریب پاسخ گیاه در طول دوران رشد جهت به دست آوردن عملکرد واقعی از مجله سازمان غذا و کشاورزی، شماره ۲۵۶ به دست آورده شد.

بر اساس اطلاعات به دست آمده از سازمان آب منطقه‌ای استان فارس، منطقه مورد مطالعه به هشت بخش[1] تقسیم بندی شده است. در این مطالعه، سیزده فعالیت کشاورزی- دامی که بطور عمده در اراضی زیر کشت سد درودزن تا دریاچه بختگان انجام می شوند مورد بررسی قرار گرفت. فعالیت‌های زراعی مورد بررسی شامل کشت گندم بهاره، گندم زمستانه، جو، چغندرقند، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، یونجه، ذرت دانه‌ای و کلزا می‌باشند. فعالیت باغی عمده، کشت انگور و فعالیت‌های دامی مورد بررسی در منطقه، دو فعالیت دامی و مرغداری می‌باشند.

نتایج وبحث

در این مطالعه، یک مدل جامع اقتصادی زیست محیطی در اراضی زیر کشت سد درودزن تا دریاچه بختگان طراحی شد تا بر اساس آن به بررسی و تحلیل نحوه‌ی آبیاری و برداشت از آب‌های سطحی با توجه به هزینه فرصت‌های موجود در منطقه مورد مطالعه، پرداخته شود.

با اجرای شبیه سازی مونت کارلو بر داده‌های تاریخی حوضه آبریز و با توجه به اصل "آب بیشتر در سال‌های تر و آب کمتر در سال‌های خشک"، مقادیر شبیه سازی شده رواناب با استفاده از تابع توزیع تجمعی در سه سطح ۲۵ درصد، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد در جدول شماره ۱ آمده است.

توزیع به دست آمده، بر اساس اندازه‌گیری نسبی رواناب محیطی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد و اصل اشاره شده نیز در آن صدق می‌کند. بنابراین مقادیر به دست آمده در سطوح احتمال تجمعی ۲۵ درصد، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد به ترتیب به عنوان مقادیر سمت راست محدودیت جزء اقتصادی طی سال‌های خشک، نرمال و تر مورد استفاده قرار گرفت. همچنین مقدار متوسط رواناب محیطی به صورتی که نیاز آبی فعالیت‌های منطقه را برطرف کند، ۱۱۲۹ میلیون متر مکعب می‌باشد و همانطور که مشاهده می‌شود به مقدار رواناب سال نرمال (سطح احتمال تجمعی۵۰ درصد) نزدیک است.

فرض اولیه که کشاورزان به علت باران‌های مؤثر کمتر و تبخیر وتعرق بالاتر در سال‌های خشک، آب بیشتری را برای تولیدات خود تقاضا می‌کنند، در تخصیص واقعی آب نمود پیدا می‌کند. بنابراین انتظار می‌رود که قیمت سایه‌ای آب در سال‌های خشک بالاتر و بالعکس در سال‌های تر به علت فرصت بیشتر برداشت آب از رواناب محیطی، قیمت سایه‌ای آب پایین‌تر باشد.

جدول ۱- مقادیر تخصیص رواناب محیطی بر اساس CDF حاصل از شبیه سازی

سطح تخصیص	٪۲۵	٪۵۰	٪۷۵	مقدار متوسط
تخصیص رواناب (م.م.م*)	۷۲۴/۶۷	۱۰۱۷/۹۲	۱۵۵۹	۱۱۲۹

مأخذ: یافته‌های تحقیق

*- میلیون متر مکعب

نتایج به دست آمده، از اجرای دو سناریو حاصل شده است. سناریوی اول، حالت بدون محدودیت رواناب محیطی و سناریوی دوم با محدودیت رواناب محیطی در نظرگرفته شده است. آب در دسترس، مورد استفاده، درآمد خالص و الگوی کشت محصولات در مناطق مورد مطالعه در جدول شماره ۲ آورده شده است. الگوی کشت پیشنهادی در این جدول نتیجه حاصل از اجرای سناریوی دوم می باشد.

با توجه به جدول شماره ۲ ملاحظه می شود که در منطقه مرودشت سطح زیرکشت چغندرقند و جو به ترتیب با ۴۹/۲ و ۲۳/۰۱- درصد بیشترین تغییرات را نسبت به الگوی کشت فعلی نشان می دهند. در منطقه کربال زرقان و خرامه بیشترین تغییرات نسبت به الگوی کشت فعلی مربوط به چغندرقند و ذرت دانه‌ای به ترتیب با ۳۰/۶۲ و ۵/۴- درصد می باشد. این تغییرات نشان می‌دهند که الگوی کشت پیشنهادی منجر به استفاده بهینه از آب موجود در منطقه می شود.

نتایج به دست آمده از اجرای دو سناریو با و بدون محدودیت رواناب محیطی در جدول شماره ۳ آورده شده است. با توجه به جدول ملاحظه می شود که درآمد خالص فعلی منطقه برابر ۳۱۴۶/۲۹ هزار ریال در هکتار است که در مقایسه با درآمد حاصل از اجرای دو سناریو رقم کمتری می باشد. نظر به اینکه شرایط ایجاد شده در سناریوی دوم، استفاده بهتری از رواناب محیطی را در بر دارد و با توجه به درآمد بالاتر از شرایط فعلی، سناریوی دوم به عنوان سناریوی بهتر مورد توجه است. همچنین، با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان گفت به علت عدم وجود بازار آب و عدم تعیین قیمت آب با توجه به نیرو های عرضه و تقاضای، قیمت آب به صورت ناکارآمدی تعیین می‌شود و در نتیجه باعث برداشت بی رویه از منابع آب در حوضه آبریز رودخانه کر شده است.

1- Catchment

جدول ۲- آب در دسترس، مورد استفاده، درآمد خالص و الگوی کشت محصولات در منطقه مرودشت و کربال

منطقه	آب دردسترس (م.م.م)	آب مورد استفاده (م.م.م)	درآمدخالص (هزارریال در هکتار)
مرودشت	۸۲۳/۴۷	۷۰۸/۱۹	۱۹۰۱/۴
کربال زرقان و خرامه	۵۴۸/۹۸	۴۲۸/۲۱	۱۲۶۷/۶
منطقه مرودشت			
محصول	الگوی کشت فعلی	الگوی کشت پیشنهادی	درصد تغییر
گندم بهاره	۱۱۵۲۰	۱۲۹۵۶	۱۲/۴
گندم زمستانه	۷۶۸۰	۷۲۹۴	-۵/۰۲
جو	۳۷۸۰	۲۹۱۰	-۲۳/۰۱
چغندرقند	۵۸۶/۷	۸۷۵/۴	۴۹/۲
سیب زمینی	۱۹۲۸	۲۱۲۵	۱۰/۲۱
گوجه فرنگی	۱۵۰۰	۱۶۵۷	۱۰/۴۷
یونجه	۷۱	۱۰۴	۴۶/۴۷
ذرت دانه ای	۴۱۴۰	۳۴۹۶	۱۵/۵۶
کلزا	۶۷۵	۵۴۶	۱۹/۱۱
انگور	۵۰۰۰	۵۰۸۹	۱/۷۸
منطقه کربال زرقان وخرامه			
محصول	الگوی کشت فعلی	الگوی کشت پیشنهادی	درصد تغییر
گندم بهاره	۹۰۰۰	۱۰۲۱۵	۱۳/۵
گندم زمستانه	۶۰۰۰	۶۲۸۳	۴/۷۲
جو	۳۵۰۰	۳۶۴۴	۴/۱۱
چغندرقند	۱۰۲۱/۲۵	۱۳۳۴	۳۰/۶۲
سیب زمینی	۹۶۴/۰۵	۱۰۶۲	۱۲/۲۶
گوجه فرنگی	۶۵۰	۶۹۵	۶/۹۲
یونجه	۲۸۰	۳۵۲	۲۵/۷۲
ذرت دانه‌ای	۲۵۰۰	۲۳۶۵	-۵/۴
کلزا	۳۵۰	۳۸۷	۱۰/۵۷
انگور	۱۵۰۰	۱۶۹۴	۱۲/۹۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۳- آب مورد استفاده انتظاری و در آمد خالص بعد از اجرای سناریوی ۱ و ۲

سناریو	سناریوی اول	سناریوی دوم
	بدون در نظر گرفتن محدودیت رواناب محیطی	با در نظر گرفتن محدودیت رواناب محیطی
آب مورد استفاده (م.م.م)	۱۳۷۲/۴۶	۹۱۳/۳۷
درآمد خالص(هزارریال در هکتار)	۴۹۵۷/۶۰	۳۳۶۹/۸۰
قیمت سایه‌ای آب(ریال/ م.م)	۴۸۲/۰۰	۵۱۸/۰۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه گیری

در این مطالعه از طریق رویکرد جامع که دربردارنده سه جزء هیدرولوژی، زراعی و اقتصادی است، به تعیین برداشت بهینه از آب‌های سطحی رودخانه کر پرداخته شد. نتایج به دست آمده نشان داد که نحوه برداشت از آب‌های سطحی در این حوضه آبریز به صورت بهینه نبوده و منجر به برداشت بی‌رویه از منابع آب گردیده است. همچنین درآمدهای ناشی از الگوی برداشت آب در منطقه با حالت در نظر گرفتن محدودیت رواناب محیطی مقایسه شد. نتایج

نشان داد که مقدار درآمد منطقه کمتر از درآمد در حالت با محدودیت می‌باشد. با توجه به کمیابی نهاده حیاتی آب برداشت بهینه و منطقی از منابع امری بسیار ضروری است. به نظر می‌رسد رعایت محدودیت‌های زیست محیطی در استفاده از رواناب، از یک طرف به ایجاد درآمد خالص بالاتر در منطقه (وجود صرفه های اقتصادی) و از طرف دیگر موجب تداوم حیات زیست محیطی در مناطق پایین دست رودخانه (دریاچه بختگان) خواهد شد. تعیین قیمت آب با توجه به عرضه و تقاضا، برقراری، اجرای قوانین برداشت از آب‌های سطحی یا به عبارتی به وجود آمدن بازار آب توسط دولت و اعمال پرداخت جریمه‌های زیست محیطی به عنوان راهکاری در جهت بهینه کردن مصرف منابع آب پیشنهاد می‌شود.

منابع

۱- اصغری مقدم ا. و آقازاده ن. ۱۳۸۵. ارزیابی هیدرولوژیکی و مدیریت منابع آب زیرزمینی آبخوان دشت هرزندات با استفاده از مدل ریاضی. دانش کشاورزی، ۱۶(۱): ۸۲-۷۳.

۲- چیذری ا. و کرامت زاده ع. ۱۳۸۴. مدیریت منابع آبی از طریق تخصیص بهینه آب بین اراضی زیر سدها: مطالعه موردی سد بارزو شیروان. پژوهش و سازندگی، ۱۸(۴): ۵۲-۴۰.

۳- صبوحی م.، سلطانی غ. و زیبایی م. ۱۳۸۶. ارزیابی راهکارهای مدیریت منابع آب زیر زمینی: مطالعه موردی دشت نریمانی در استان خراسان. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره۱۱(۱): ۴۸۴-۴۷۵.

۴- عبدالهی م.، بخشوده م.، گیلانپور ا.، حسین زاد ج. و کیانی راد ع. ۱۳۸۶. سیاست‌ها و راهکارهای پیشنهادی. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران. ششمین کنفرانس اقتصاد کشاورزی. ۹-۸ آبان، مشهد.

۵- نجفی حاجیور م.، کوهپیما ا. و طهماسبی ا. ۱۳۸۵. بررسی شاخص‌های تعیین خشکسالی در استان چهارمحال و بختیاری. اولین همایش منطقه ای بهره برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده رود. دانشگاه شهرکرد.

۶- وزارت نیرو، سازمان آب منطقه‌ای استان فارس، گزارش نهایی سد درودزن. ۱۳۵۴. جلد چهارم وپنجم، فصل اول، صفحه ۶-۴.

۷- وزارت نیرو، سازمان آب منطقه‌ای استان فارس، گزارش نهایی سد درودزن. ۱۳۵۴. جلد چهارم وپنجم، فصل دوم، صفحه ۱۴-۶.

8- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M.S. 1998. Crop evapotranspiration. Irrigation and Drainage Paper, FAO, Rome, 56: 300.

9- Cai X. 2008. Implementation of holistic water resources-economic optimization models for river basin management – Reflective experiences. Environmental Modeling and Software, 23: 2-18.

10- Council of Australian Governments (COAG). 2004. Intergovernmental Agreement on a National Water Initiative. Council of Australian Governments, Canberra.

11- Doorenbos J., and Kassam A.H. 1979. Yield Response to Water: FAO 256. Food and Agriculture Organization.

12- Eigenraam M., Crean J., Wimalasuriya R., and Jayasuria R. 2003. Economic Analysis of Environmental Flow Scenarios in the Murray River System, Staege 1. Final Report prepared for SERP "The Living Murray", Economics and Policy Research Branch Publications, Department of Primary Industries, Victoria.

13- Evans E.M., Lee D.R., Boisvert R.N., B., Steenhuis T.S., Prano M., and Poats S.V. 2003. Achieving efficiency and equity in irrigation management: an optimization model of the EL Angel watershed, Carchi, Ecuador. Agriculture Systems. 77: 1-22.

14- Ferreryra C., Loe R.C., and Kreutzwiser D. 2008. Imagined communities, contested watersheds: challenges to integrated water resources management in agricultural areas. Journal of Rural Studies, 24: 304-321.

15- Hall N., Poulter D., and Curtotti R. 1994. ABARE Model of Irrigation Farming in the Southern Murray-Darling Basin. ABARE Research Report 94.4. Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics, Canberra.

16- Hardaker J.B., Huirne B.M., Anderson R., and Lien G. 2004. Copying with Risk in Agriculture. CABI publishing.

17- Heaney A., Bear S., and Bell R. 2001. Targeting Land and Water Use Options for Salinity management in the Murray-Darling Basin. ABARE report to the Murray-Darling Basin Commission, Canberra.

18- Quiggin J. 1988. Murray River salinity: an illustrative model, American Journal of Agricultural Economics. 70: 635-645.

19- Qureshi M.E., Connor J., Kirby M., and Mainuddin M. 2004 .Economic assessment of acquiring water for environmental flows in the Murray Basin. The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 51: 283-303.
20- Qureshi M.E., Kirby M., and Mainuddin M. 2004. Integrated water resources in the Murray Darling Basin, Australia. CSIRO Land and Water, Acton ACT 2601. International Conference on Water Resources and Arid Environment.
21- Qureshi M.E., Qureshi S.E., Bajracharya K., and Kirby M. 2007. Integrated Biophysical and Economic Modeling Framework to Assess Impacts of Alternative Groundwater Management Options. Springer science.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی