

ارزیابی سیاست های آب کشاورزی از منابع آب زیرزمینی

مدل برنامه ریزی مثبت (PMP)

مطالعه موردی شهرستان اقلید

سیدنعمت اله موسوی^۱

فریبا قرقانی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۳/۱

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۳/۵

چکیده

در دهه های اخیر به علت بروز بحران آب، بیشتر کشورها به اتخاذ سیاست های جدید در مورد مدیریت تقاضای آب به جای مدیریت عرضه آب گرایش پیدا کرده اند. در مناطق خشک و نیمه خشک ایران مانند استان فارس، آب مهمترین عامل محدود کننده توسعه اقتصادی و نیز مهمترین نهاده کشاورزی است. خشکسالی در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ نمونه ای از خطر این بحران کاهش عرضه آب است، لذا مدیریت تقاضای آب با صرفه جویی از منابع آب سطحی و زیرزمینی موجود، اهمیت ویژه ای می یابد.

اقتصاد کشاورزی ارتباط تنگاتنگی با مدیریت آب دارد. از جمله روشهای کاربردی در اتخاذ سیاست، روش برنامه ریزی ریاضی مثبت استاندارد (PMP) جهت کالیبره نمودن مدل بخش کشاورزی است. در این مطالعه، نمونه گیری تصادفی دو مرحله ای و مصاحبه حضوری از زارعان دشت کشاورزی بکان شهرستان اقلید که دارای منابع فراوان آب زیرزمینی هستند، انجام شد.

دو سناریو در رابطه با قیمت و مقدار آب مصرفی جهت مدیریت تقاضای آب کشاورزی اعمال می شود که نتایج حاصل از دو سناریو با مقایسه درآمد خالص و سطح زیرکشت محصولات الگوی بهینه با الگوی مبنای نشان می دهد که با اتخاذ سیاست در سطح ۱۰ درصد کاهش در موجودی آب مصرفی و با دو برابر نمودن قیمت آب، الگوی کشت بهینه نسبت به حالت مبنای تغییر چندانی نمی کند. بنابراین، با مدیریت بهینه تقاضای آب می توان از اتلاف و هدرروی آن جلوگیری کرد زیرا؛ تلقی از آب به عنوان کالای اقتصادی و با ارزش، بهترین راه رسیدن به مصرف مناسب آب و مشوقی برای ذخیره و حفاظت از آن است.

واژگان کلیدی: آبیاری زیر زمینی، برنامه ریزی ریاضی مثبت، سیاست آب، مدیریت تقاضای آب

طبقه بندی JEL : Q25-Q15-Q18-N55-C83-C61-C21-C15-C02

۱. دکتری اقتصاد کشاورزی و عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرودشت

۲. کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مرودشت

مقدمه

بخش کشاورزی بیشترین بخش از منابع آب شیرین را داراست. مشکلات آبی در مناطق خشک و نیمه خشک در بلندمدت برای کل کشورها می‌تواند بحرانی باشد. بعضی از کشورهای خاورمیانه و آفریقا که جزء کشورهای با درآمد کم و تنش آبی زیاد هستند سریعتر از سایر کشورها در معرض بحران آب قرار خواهند گرفت. سطح آب زیرزمینی در مناطق وسیعی از دنیا به طور مستمر در حال افت است (IWMI, ۲۰۰۶).

به دلایل متعددی، دولتها به استفاده از سیاست‌های قیمتگذاری آب جهت دستیابی به مصرف کارا تر آب تمایلی نشان نمی‌داده‌اند (هی و همکاران، ۲۰۰۵). سیاستگذاران، مدیران شرکتهای مصرف آب و بسیاری دیگر در کشورهای در حال توسعه، عملکرد این سیاست را بررسی می‌کنند که به طور مستقیم یا غیر مستقیم هزینه‌ها و دسترسی آب سطحی و زیرزمینی را برای مصرف کنندگان کشاورزی تغییر خواهد داد؛ در حالی که در بسیاری از موارد، وجود چنین اقداماتی می‌تواند افزایش کارایی مصرف آب را موجب شود، با شناخت کمی در مورد اثرات احتمالی تغییرات در هزینه‌های آبیاری یا دسترسی آب بر رفتار کشاورزان، یا بر درآمد آنها در کوتاه مدت یا بلندمدت و در کل، عدم شناخت در مورد تفصیل اثرات سریع بر منابع آب که ممکن است چنین اقدامات سیاست را منجر شود (مانتا و همکاران، ۲۰۰۷).

از آنجا که آبیاری یکی از مهمترین عوامل در بهبود بهره‌وری و تولیدات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه بویژه در جنوب و جنوب شرقی آسیا و شرط لازم برای انقلاب سبز است، لذا توسعه و بسط آبیاری و مدیریت کارای آن به عنوان یکی از زمینه‌های مهم توسعه کشاورزی محسوب می‌گردد. پایین بودن میزان بارندگی سالیانه، پراکنش نامناسب آن از لحاظ زمان و مکان و راندمان پایین آبیاری در کشاورزی و عواملی از این قبیل، در مجموع سبب گردیده که آب به عنوان محدودکننده‌ترین عامل تولید در کشاورزی ایران مطرح شود. لذا موضوع مدیریت تقاضای آب و تطبیق آن با عرضه از نظر زمان و مکان ططن، برداشت در حد بهینه از منابع آبی موجود و تخصیص آب به محصولات با بازده بالا، در فرایند توسعه کشاورزی اهمیت بسزایی دارد. از طرفی، تغییرات اقلیمی می‌تواند به تغییر در توزیع زمانی بارندگی و جریان‌های سطحی، تغذیه آبهای زیرزمینی و همچنین کیفیت آب منجر شود (بارانی و همکاران، ۱۳۷۹).

کشور ما ایران در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار گرفته و میانگین بارندگی آن یک سوم میانگین بارندگی جهان است. استان فارس از جمله مناطق خشک و نیمه خشک کشور، ۷۰ درصد بیشتر از سایر استان‌ها در معرض بحران آب قرار دارد که بیش از ۹۰ درصد از آب بهره‌برداری شده در استان فارس به مصرف کشاورزی می‌رسد که از این مقدار ۱۷ درصد از منابع سطحی و ۸۳

درصد از منابع زیرزمینی تأمین می گردد. این آمار بیانگر این واقعیت است که کشاورزی فارس عمدتاً بر منابع زیرزمینی متکی می باشد و از این طریق فشار زیادی بر این منابع وارد می گردد؛ به طوری که میزان کاهش حجم سفره های آبرفتی سالانه بالغ بر ۲ میلیارد مترمکعب است که حاکی از افت وسیع و گسترده اغلب سفره های آبرفتی استان است (سازمان جهاد کشاورزی فارس، ۱۳۸۶).

با توجه به موقعیت و شرایط حساس منابع آب در این استان، به منظور دستیابی به تعادل نسبی در زمینه عرضه و مصرف آب، ایجاد یک نظام جامع مدیریت آب امری اساسی و ضروری است.

اهداف مطالعه

۱. تحلیل الگوی فعلی بهره برداران؛
۲. تعیین الگوی کشت تقریباً بهینه مبتنی بر تخصیص بهینه نهاده آب؛
۳. تحلیل اثر افزایش قیمت آب بر الگوی کشت.

مروری بر ادبیات موضوع

از بین گروه مدل‌های ریاضی برای تحلیل سیاست های کشاورزی، تنوع گسترده از مدل‌های بر مبنای نوع مدل یا سطح اجرایی مدل می تواند معرفی شود. برنامه ریزی، اجرای مدل‌های تعادل یا اقتصاد سنجی در سطح مزرعه، منطقه، ملی یا سطح بین المللی وجود دارد. این تحقیق، که با یک گروه از مدل‌های برنامه ریزی ریاضی در سطح مزرعه بررسی می شود که قادر به ایجاد داده واقعی سال مبناست، برنامه ریزی ریاضی مثبت نامیده می شود. از طریق این مدل، می توان سیاست های مدیریت آب کشاورزی را اتخاذ کرد.

در این بخش روشهای کالیبراسیون در مدل‌های برنامه ریزی ریاضی مرور می شود. بحث جامع در مطالعات این موضوع هزال و نورتن (۱۹۸۶) یا بایور و کازاناگالو (۱۹۹۰) دیده می شود. نکته مهمتر آنکه هیچکدام از روشها مطالب کاربردی را در حد رضایت بخشی اثبات نکرده اند. قبل از این محققان، دی (۱۹۶۱) تلاش کرد تا با وضع کران بالاتر و پایین تر سطوح تولید، قیدها را واقعی تر فراهم نماید. مک کارل (۱۹۸۲) تجزیه متدلوژی تطبیق برنامه های تعادل بخشی و سطح مزرعه را پیشنهاد کرد. هر دو این روشها به داده اضافی در سطح خرد نیاز دارد، و در محدودیت های کالیبره از واکنشهای سیاست نتیجه می دهد.

مدلهای برنامه ریزی ریاضی مثبت (PMP)^۱ با غلبه بر مدل‌های برنامه ریزی نرم‌تپو (NMP)^۲ بسط داده شده است. در مقابل مدل‌های نرم‌تپو، بعضی پارامترها در PMP تعدیل یافته اند که دقیقاً بتوانند حالت پایه مفروض را بازسازی نمایند. چون این نوع مدل، داده فعلی را بازسازی می کنند، روش مثبت (واقعی) نامیده می شود. هدف عمده این نوع توصیفی مدل، بیان واکنش های تولید کنندگان به تغییرات خارجی می باشد، که سیاستگذاران را به این مدلها علاقمند نموده است. بحث اصلی برای ساختن مدل‌های PMP افزایش اطمینان با اجتناب از تفاوت بین موقعیت پایه فعلی و موقعیت پایه شبیه سازی شده است، ولی بازسازی رفتار کشاورزان در محیط خاص آنها نیز براساس داده کمی که در فرایند تصمیم مزرعه (استفاده زمین و مقدار تولید) موجود هستند. در این تحقیق، کالیبراسیون MP با تعمیم روش PMP اصلی (هویت، ۱۹۹۵a) مورد نظر است. هنوز گسترده ترین روش کاربردی برای کالیبراسیون یک مدل MP می باشد، که مطالعات مختلفی در این باره در مقالات هلکی و بریتز (۲۰۰۵) و هنری دی فرهان و همکاران (Henry De Frahan et al., 2005) می توان یافت.

با توجه به مطالعات انجام شده در ایران، صبحی و همکاران (۱۳۸۶) با استفاده از الگوی برنامه ریزی ریاضی مثبت، تأثیر تغییر قیمت آب و کاهش مقدار آب در دسترس بر منافع خصوصی و اجتماعی را در استان خراسان مورد بررسی قرار داده اند. نتایج این مطالعه نشان می دهد که کشاورزان به افزایش قیمت آب آبیاری از راه تغییر الگوی کشت خود پاسخ می دهند و در نتیجه، افزایش قیمت آب آبیاری، الزاماً به کاهش مصرف آن در سطح مزرعه منجر نمی شود. محسنی و همکار (۱۳۸۸) پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا در سطح مزارع نماینده دشت نمدان با استفاده از مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت که بمنظور غلبه بر خصیصه تجویزی مدل‌های بهینه‌سازی ارتقا یافته، مورد بررسی قرار داده اند هدف اصلی مدل، این است که حتی‌الامکان تصویری حقیقی از شرایط را ارائه نموده و سپس رفتار کشاورزان را به‌عنوان پارامترهایی که هدف مداخله سیاست کشاورزی است، شبیه‌سازی کند. بر اساس نتایج این مطالعه، پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا عبارت است از کاهش سطح زیر کشت گندم و لوبیا و افزایش درآمد انتظاری مزارع نمونه، ولی چون همزمان واریانس سود نیز افزایش می‌یابد، اثر خالص این سیاست بر مطلوبیت مزارع نمونه به‌طور کامل مشخص نیست. همچنین، نتایج نشان داد که با ورود کلزا به الگوی کشت کشاورزان، مصرف سموم شیمیایی افزایش خواهد یافت، ولی اثر سیاست بر مصرف آب در مزارع نمونه متفاوت است و به سیاست جایگزینی کلزا با گندم نمی‌توان به‌عنوان یک سیاست

-
1. Positive Mathematical Programming
 2. Normative Mathematical Programming

مدیریت تقاضای آب نگاه کرد.

تحلیل آماری منطقه مورد بررسی

هدف اصلی PMP این است که حتی الامکان تصویری حقیقی از شرایط را ارائه نموده و سپس رفتار کشاورزان را به عنوان پارامترهایی که هدف مداخله سیاست کشاورزی است، شبیه سازی کند. اولین شرط برای ایجاد این مدل، تعریف صحیح مدل می باشد. تعریف مدل شامل انتخاب فرم تابعی تابع هدف و قیود و تعریف متغیرهای درونزا، برونزا و پارامترهایی که کالیبره شوند. همان طور که از مرحله اول مدل شبیه سازی نهایی بر می آید، شرایط بهینه سازی برای کالیبره مدل مشتق می شوند. هر دو شرایط لازم و کافی برای بهینه می باید اجرا شوند. برای مدل های برنامه ریزی ریاضی با تابع هدف غیرخطی و محدودیت های خطی، اصطلاحاً شرایط کان-تاکر، شرایط لازم را به وجود می آورد. علاوه بر این، این شرایط کان-تاکر نیز برای مسأله بهینه سازی کافی هستند، اگر تابع هدف نیمه مقعر با قیود نیمه محدب باشد یا برای مسأله کمینه سازی، اگر تابع هدف نیمه محدب با قیود نیمه مقعر باشد (میلز، ۱۹۸۴). بنابراین، شرایط کان-تاکر، مجموعه معادلات کالیبراسیون را تشکیل می دهند.

در این تحقیق، برای تحلیل سیاست از الگوی برنامه ریزی ریاضی مثبت استفاده شده است؛ زیرا در مدل های برنامه ریزی ریاضی مثبت برخلاف مدل های نرم تئو، بعضی پارامترها تعدیل یافته اند که دقیقاً بتوانند حالت پایه مفروض را بازسازی نمایند. چون این نوع مدلها، داده فعلی را بازسازی می کنند، روش مثبت (واقعی) نامیده می شود. هدف عمده این نوع مدلها، بیان واکنش های تولید کنندگان به تغییرات خارجی می باشد، که سیاستگذاران را به مدل های PMP علاقمند نموده است. بحث اصلی برای ساختن این مدلها افزایش اطمینان با اجتناب از تفاوت بین موقعیت پایه فعلی و موقعیت پایه شبیه سازی و نیز بازسازی رفتار کشاورزان در محیط خاص آنها براساس داده های کمی که در فرایند تصمیم مزرعه (استفاده زمین و مقدار تولید) موجود هستند. روش کالیبراسیون اتخاذ شده در این مدل بر تابع هزینه غیر خطی به هر فعالیت تولیدی مشاهده شده از تخصیص زمین در سطح منطقه ای در دوره مبنا اشاره می کند. روش در سه مرحله مطرح می شود.

در مرحله اول، قیدهای کالیبراسیون (ρ_i) به برنامه خطی سال پایه با مقید کردن حل این برنامه به فعالیت های مشاهده شده اضافه می شود که مقادیر دوگانه برای منابع قابل تخصیص (λ_i) برای هر فعالیتی بجز فعالیت نهایی به دست می آید. با انضمام هزینه های محاسبه شده فعالیت، آنها متغیر هزینه های نهایی را تعریف می کنند.

در مرحله دوم، ارزشهای دو گانه هر فعالیت همراه مجموعه داده سال پایه با مشتق گیری

پارامترهای غیر خطی کل توابع هزینه متغیر فعالیت به کار گرفته می شوند. در مرحله سوم، پارامترهای هزینه مشتق شده و مجموعه داده سال مبنا در مشخص نمودن برنامه غیرخطی PMP استفاده می شوند که قیدهای اصلی را بجز قیدهای کالیبراسیون را شامل می شود.

این مدل غیرخطی کالیبره شده با انتخاب تابع هزینه فعالیت غیرخطی مشتق شده در مرحله دوم سازگار هستند و دقیقاً مطابق حل سال پایه، کالیبره می کند و این مدل کالیبره می تواند برای شبیه سازی تغییر سیاست استفاده شود. قیمت‌های نهاده و ستاده بافرض عرضه کشاورزی کوچک منطقه، برونزا در نظر گرفته می شود.

از مدل PMP استاندارد برای محاسبه سیاست های اعمال شده برای کشاورزان، دشت بکان شهرستان اقلید که با آب چاه آبیاری می کنند، در نظر گرفته شده است. داده های مربوط به مدل برنامه ریزی در سال زراعی ۱۳۷۶-۱۳۷۷ با مراجعه حضوری به مزارع و مصاحبه با کشاورزان، جمع آوری شده است. با استفاده از داده های پرسشنامه و روش نمونه گیری تصادفی ساده، یک مزرعه به عنوان مزرعه میانگین انتخاب شده است.

محاسبه این مدل برنامه ریزی با استفاده از نرم افزار GAMS^۱ (سیستم مدل سازی جبری تعمیم یافته) می باشد. مقادیر به دست آمده با اتخاذ سیاست های آبیاری به روش برنامه ریزی ریاضی مثبت مبتنی است. بنابراین، PMP روش بهینه سازی است که مقدار هدف کل تابع درآمد خالص را حداکثر می کند. اصولاً، مراحل کالیبراسیون بر طبق مدل هویت (a1۹۹۵) در زیر ارائه شده است. در این مدل، نهاده زمین در مرحله اول (برنامه ریزی خطی) کالیبره می شود و از نتایج کالیبره در مراحل بعد استفاده می شود.

روش PMP:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= \sum_{j=1}^n (R_j - C_j) \cdot X_j = \sum_{j=1}^n (MR_j - AC_j) \\ \text{S.T: } \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j &\leq b_i \quad [\lambda_i] \\ X_j &\leq X_o + \varepsilon \quad [\rho_i] \end{aligned} \quad (1)$$

ارزشهای سایه ای حاصل از مرحله بالا در محاسبه تابع هزینه مرحله سوم استفاده می شود، طبق رابطه ذیل:

1. Generalized Algebraic Modeling System, GAMS/MINOS (Brooke et al., 1988)

$$\begin{aligned}
 \text{Max } Z &= \sum_{j=1}^n (R_j - C_j) \cdot X_j - \sum_{j=1}^n ac_j x_j - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^n bc_j x_j^2 - C_{ew} \\
 \text{S.T. : } &\sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq b_i \quad [\lambda_i] \\
 &X_j \geq 0 \quad [\gamma_i]
 \end{aligned} \tag{۲}$$

تعریف متغیرهای مدل:

Z: درآمد خالص مزرعه

X: متغیر تصمیم

b_i: موجودی نهاده

a_{ij}: ماتریس ضرایب فنی

MR: درآمد های ستاده از حاصل ضرب قیمت هر محصول در عملکرد آن به دست می آید.

AC: هزینه های نهاده از حاصل ضرب قیمت هر نهاده در مقدار آن به دست می آید.

هزینه کل تولید کشاورزی در مرحله سوم شامل دو بخش است: هزینه نهاده های ثابت (هزینه تجهیزات آبیاری جهت انتقال آب) و هزینه نهاده های متغیر (کود، سم، بذر، نیروی کار، آب مصرفی، زمین)

هزینه ثابت: هزینه هر واحد آب استفاده شده C_{aw} علاوه بر هزینه انتقال آب:

$$C_{ew} = C_{aw} + c_{ilb} \sum_i lb_i + C_{ik} + c_{ie} \sum_i ie_i \tag{۳}$$

C_{aw}: هزینه آب آبیاری (هزینه آب سطحی C_{sw} یا آب زیرزمینی C_{gw}).

c_{ilb}: دستمزد کارگر آبیاری و lb_i مقدار کارگر مورد نیاز برای i امین آبیاری.

C_{ik}: هزینه های آبیاری مربوط به سرمایه و تجهیزات آبیاری.

c_{ie}: قیمت هر واحد انرژی جهت استحصال آب. i_{ei}: مقدار مصرف انرژی در آبیاری.

$$C_{sw} = p_{sw} \cdot sw \tag{۴}$$

$$C_{gw} = \alpha + \beta * gw * depth$$

p_{sw} بهای هر واحد آب سطحی مصرف شده با میزان آب مصرفی sw (که در بیشتر موارد صفر خواهد بود).

α: هزینه ثابت مربوط به احداث چاه آبیاری در مزرعه.

β: انرژی نیروی برق و سایر هزینه های نهایی مربوط به استخراج آب از یک چاه.

gw: میزان آب زیرزمینی پمپ شده.

depth: عمق چاه (فاصله از سطح به بیلان آب در چاه).

قیمت پرداختی هر واحد آب مصرفی توسط کشاورزان می تواند متوسط وزنی قیمت های آب

سطحی و هزینه نهایی مربوط به استخراج آب زیرزمینی باشد.

$$p_{aw} = p_{sw} * \frac{sw}{aw} + C'_{gw} * \frac{gw}{aw} \quad (5)$$

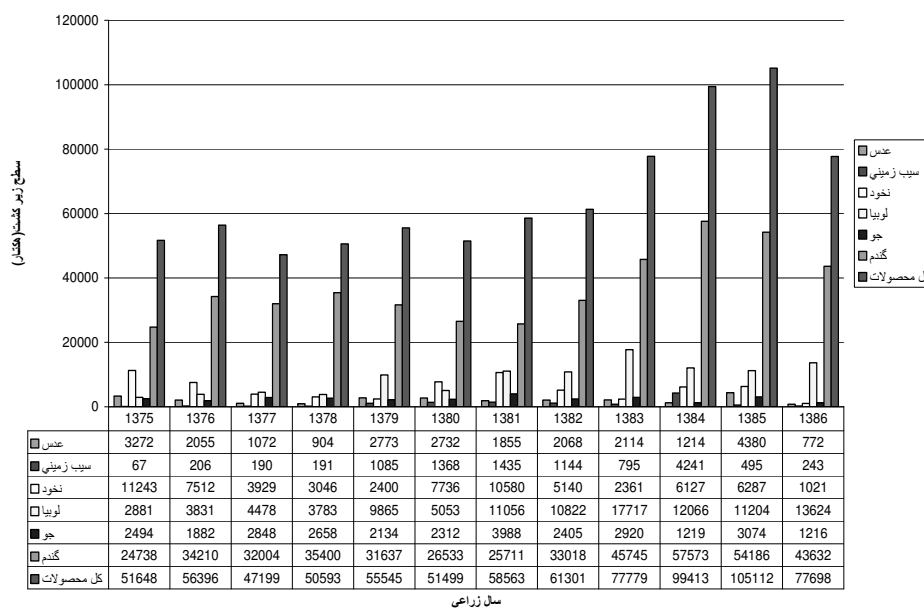
C'_{gw} : هزینه نهایی آب زیرزمینی.

aw : مقدار کل آب مصرفی (مجموع کل آب سطحی و آب زیر زمینی مصرفی توسط کشاورز).

P_{sw} برونزا (در اینجا صفر منظور می شود) و p_{aw} قیمت کل آب مصرفی درونزا می باشد.

تحلیل نتایج

با افزایش سطح زیر کشت محصولات در این شهرستان طی سالهای اخیر و اهمیت کشاورزی در آن که در نمودار (۱) نشان داده شده است، و کاهش بارشهای جوی در این سالها همانند خشکسالی بی سابقه سال زراعی ۱۳۸۶-۱۳۸۷، توجه بیشتر به نحوه استفاده از آب مصرفی و اتخاذ شیوه های مناسب آبیاری را می طلبد. میزان بارندگی در این شهرستان در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ معادل ۴۱۰/۴ میلیمتر بوده که این میزان در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ به ۸۳/۵ میلیمتر کاهش پیدا کرده؛ خشکسالی شدیدی که در ۵۰ سال اخیر بی سابقه بوده و خسارات قابل توجهی را به کشاورزان وارد کرده است که در فصول پاییز و زمستان به دلیل عدم بارش، مجبور به آبیاری محصولات خود می شدند.



نمودار ۱. روند سطح زیر کشت محصولات (هکتار) شهرستان اقلید از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۶

سطح برداشت محصولات سالانه (زراعی) شهرستان اقلید ۷۷۶۹۸ هکتار با تولید ۵۶۶۲۴۲ تن در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ می باشد که نسبت به سالهای قبل به علت خشکسالی کاهش یافته است. در ترکیب کشت محصولات سالانه شهرستان، غلات جایگاه ویژه ای دارد، به طوری که ۴۴۸۴۸ هکتار سطح برداشت را در بر می گیرد و منحصر به گندم و جو می باشد. حبوبات، محصولات صنعتی و سبزیجات پس از غلات، بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده اند. در گروه حبوبات از لوبیا، نخود و عدس با تولید ۳۶۳۰۱ تن و در گروه محصولات صنعتی چغندر قند و کلزا با تولید ۳۲۲۱۸۲ تن و در گروه سبزیجات، سیب زمینی با تولید ۵۵۱۵ تن، سطح برداشت محصولات عمده به شمار می آیند.

با توجه به اهمیت این نهاده کشاورزی در مراحل تولید، در قالب دو سناریو، مقدار و قیمت آن را با اتخاذ سیاست های مختلف نسبت به مقدار واقعی آن تغییر می دهیم. سناریوی اول، کاهش موجودی آب مصرفی یعنی کل آبی است که یک گیاه در طول دوره رشد خود به آن نیاز دارد. سناریوی دوم، افزایش قیمت هر متر مکعب آب است و یادآوری می گردد کشاورزانی که دارای آب چاه هستند، برای استحصال آب با انرژی برقی یا دیزلی به ازای هر مترمکعب آب، هزینه ای را متحمل می شوند.

در جدول (۱) محصولات واقع در این جدول از عمده محصولات زراعی است که در حوزه آب زیرمینی واقع در دشت بکان کشت می شود. این منطقه، به علت شرایط آب و هوایی، زمستان های سرد و خشک، از محصولات زراعی پاییزه مقاوم به سرما (گندم و کلزا) و همچنین محصولات بهاره با نیاز آبی کم (عدس، نخود و هلر) و نیاز آبی بالا (لوبیا) و چغندر قند استفاده می شود. میزان درآمد نهایی که از حاصل ضرب عملکرد و قیمت محصول به ازای یک هکتار محاسبه شده است. همچنین متوسط هزینه های متغیر محصول اعم از کود، سم، بذر، هزینه ماشین آلات (شخم، دیسک، تسطیح، بذرپاشی ماشینی، سم پاشی ماشینی و کودپاشی ماشینی) و هزینه نیروی کار می شود که برای یک هکتار محصول محاسبه شده است.

آب مصرفی این محصولات با استفاده از چاه (با عمق ۵۰ متر) می باشد که هزینه استحصال آب از چاه طی چندین سال شامل احداث، تعمیر و نگهداری است، به صورت یک هزینه ثابت در سالهای مفید سرشکن می شود که در مرحله سوم، از تابع هدف کسر می شود. و روش عمده آبیاری به صورت کرتی و آب استحصال شده از چاه توسط موتور دیزلی با سوخت گازوئیل است؛ اگرچه چاه های با موتورهای برقی نیز در این مناطق وجود دارد ولی تعداد آنها از چاه های با موتورهای دیزلی کمتر است.

جدول ۱. میزان درآمد نهایی محصولات و هزینه نهاده‌های الگوی کشت با آب زیرزمینی

محصول	متوسط هزینه (تومان / هکتار)	درآمد نهایی (تومان / هکتار)	سطح زیرکشت (هکتار)
کلزا	۴۵۸۰۲۹	۲۱۰۰۰۰۰	۴
گندم	۵۱۴۰۲۹	۱۷۱۰۰۰۰	۷
عدس	۴۷۷۰۲۹	۴۰۰۰۰۰	۱
لوبیا	۱۸۳۲۰۲۹	۴۲۰۰۰۰۰	۳
هله	۴۰۷۰۰۲۹	۵۰۰۰۰۰۰	۱
چغندر قند	۸۸۵۰۲۹	۱۸۰۰۰۰۰	۲

مأخذ: یافته‌های تحقیق

محصولاتی همچون کلزا، گندم و چغندر قند از جمله محصولات استراتژیکی که دارای قیمت‌های تضمینی هستند و هر ساله از طرف دولت اعلام می‌شود. گندم و کلزا از محبوبیت خاصی در بین کشاورزان برخوردار است؛ زیرا با هزینه کمتر کاشت و داشت محصول و نیز در مرحله برداشت که توسط کمباین انجام می‌شود. امسال قیمت این محصولات به علت خشکسالی افزایش یافت؛ به طوری که قیمت آنها تقریباً به دو برابر رسید. بنابراین، درآمد خوبی عاید کشاورزان کرد. با وجود اینکه محصول چغندر قند، یک محصول استراتژیکی است و به علت عدم پرداخت به موقع، درآمد آن به کشاورزان، در سالهای اخیر آنها تمایل زیادی به کشت آن نشان نمی‌دهند.

در محدودیت‌های مدل از چهار منبع نیروی کار، سرمایه، زمین و آب مصرفی استفاده شده است که میزان به کارگیری هر یک از این نهاده‌ها، به ازای یک هکتار تولید محصول محاسبه شده و منظور از سرمایه نهاده‌های کود، سم و بذر می‌باشد که برای سادگی محاسبه در قالب یک نهاده ضروری، استفاده شده که در جدول (۲) آمده است.

جدول ۲. محاسبه مقادیر ضرایب فنی ماتریس نهاده - ستاده در محدودیت مدل PMP

محصول	زمین (هکتار)	آب مصرفی (مترمکعب/ ثانیه)	نیروی کار (روز- نفر)	سرمایه* (کیلوگرم/هکتار)
کلزا	۱	۴۷۵۲۰	۱۵	۱۲۱۳
گندم	۱	۴۳۲۰۰	۱۴	۱۵۰۲
عدس	۱	۱۷۲۸۰	۳۰	۱۲۰
لوبیا	۱	۸۶۴۰۰	۳۰	۱۴۶۶
هله	۱	۱۲۹۶۰	۲۰	۴۰۰
چغندر قند	۱	۴۳۲۰۰	۴۰	۸۶۲
موجودی منابع	۱۸	۸۶۳۲۰	۳۷۸	۲۲۰۰۸

مأخذ: یافته های تحقیق

* منظور از سرمایه، همان نهاده های سم، کود و بذر می باشد که مقدار آنها بر حسب کیلوگرم و ارزش آنها بر حسب تومان به ازای هر محصول در یک هکتار زمین جمع و محاسبه گردیده است.

با توجه به هزینه های تولید، سم مصرفی کشاورزان به صورت آزاد تهیه شده و کاربرد زیادی به دلیل آفات زیاد منطقه دارد و هزینه بالایی به خود اختصاص می دهد. کود مصرفی شامل کود فسفاته، ازته و کودهای مایع می باشند که قسمتی از کود شیمیایی توسط تعاونی روستایی تهیه و در اختیار کشاورزان قرار داده می شود. کشاورزان به دلیل رشد علفهای هرز در محصول و استفاده از سموم بیشتر علف کش، کمتر مایل به استفاده از کودهای حیوانی هستند. در رابطه با نهاده بذر، عده ای از کشاورزان از بذر حاصل از سال قبل استفاده می کنند (خود مصرفی) و عده ای دیگر بذر اصلاح شده از خدمات روستایی تهیه می کنند که استفاده این نهاده به هزینه های کشت کشاورزان می افزاید. نهاده نیروی کار دستمزد کارگر برای امور آبیاری یا غیر آبیاری حدود ۱۲ هزار تومان به ازای هر روز- نفر می باشد. تعداد زیاد نیروی کار در محصولاتی مثل لوبیا و چغندر قند، هزینه بالایی را در هر هکتار به خود اختصاص می دهد.

منظور از هزینه های نهاده زمین، همان هزینه هایی است که ماشین آلات و یا سایر مواردی که برای کاشت یک هکتار محصول انجام می دهند.

آب مصرفی بر حسب مترمکعب بر ثانیه، میزان کل آبی است که کشاورز با توجه به تعداد دفعات آبیاری محصول، تعداد ساعات آبیاری در هر بار و میزان دبی آب، یک هکتار محصول را آبیاری

می‌کند. منظور از نهاده آب برای هر محصول، آبی است که از چاه، استحصال و برای محصول مصرف می‌شود. در رابطه با تعداد دفعات آبیاری محصولات گندم و کلزا که از جمله محصولات پاییزه هستند که نسبت به محصولات بهاره مثل لوبیا و چغندر قند آب کمتری را استفاده می‌کند. محصولات عدس و هلر از جمله محصولات بهاره است که نیاز آبی کمی دارد. در ردیف پایین جدول (۲) موجودی هریک از منابع عبارت است از کل منبع اعم از زمین، آب، سرمایه و نیروی کار مورد استفاده که به ازای کل سطح زیر کشت محصولات به کار رفته است.

در جدول (۳) بهای هر واحد آب مصرفی چاه با استفاده از روش کاربردی (هویت و همکاران، ۲۰۰۷) که در فصل پیشین گفته شد، معادل ۲۹ تومان به ازای یک هکتار آب مصرفی می‌باشد.

$$P_{gw} = \frac{\beta \cdot depth \cdot gw}{X \cdot aw} = \frac{50 \times 900000 \times 16}{868320 \times 18} \cong 29 \quad (1)$$

β : هزینه های استحصال آب از چاه که در این تحقیق، مصرف گازوئیل برای موتور دیزلی حدود ۹۰۰ هزار تومان در یک سال زارعی است.

Depth: عمق چاه می‌باشد که ۵۰ متر در نظر گرفته شده است.

gw: میزان آب پمپ شده از چاه که حدود ۴ اینچ و معادل ۱۶ مترمکعب بر ثانیه است.

X: کل سطح زیر کشت محصولاتی است که از آب چاه استفاده می‌کنند.

aw: کل آب مصرفی یا موجودی آبی است که همه محصولات آبیاری می‌شوند.

جدول ۳. محاسبه قیمت نهاده به کار رفته در یک هکتار در آب زیرزمینی مزرعه نمونه

(بر حسب تومان)

محصول	زمین (هکتار)	آب مصرفی (مترمکعب/ثانیه)	نیروی کار (روز-نفر)	سرمایه (کیلوگرم/هکتار)
کلزا	۱۰۰۰۰۰	۲۹	۱۸۰۰۰۰	۱۷۸۰۰۰
گندم	۱۰۰۰۰	۲۹	۱۶۸۰۰۰	۲۴۶۰۰۰
عدس	۸۵۰۰۰	۲۹	۳۶۰۰۰۰	۳۲۰۰۰
لوبیا	۸۵۰۰۰	۲۹	۳۶۰۰۰۰	۱۳۸۴۰۰۰
هلر	۷۵۰۰۰	۲۹	۲۴۰۰۰۰	۹۲۰۰۰
چغندر قند	۱۰۰۰۰۰	۲۹	۴۸۰۰۰۰	۳۰۵۰۰۰

مأخذ: یافته ای تحقیق

هزینه هر واحد آب مصرفی C_{ew} که از چاه استحصال می شود که به سرمایه به کار رفته و هزینه های جانبی بستگی دارد، معادل ۲۷۵ هزار تومان می باشد که کشاورز به طور متوسط سالانه آن را بایستی پرداخت کند که به صورت یک هزینه ثابت در مرحله سوم از تابع هدف غیر خطی کسر می شود که در زیر آمده است:

$$C_{ew} = C_{aw} + C_{ik} + c_{ie} \sum_i i e_i \quad (2)$$

C_{aw} : هزینه آب آبیاری مربوط به پروانه احداث چاه می باشد که سالانه می باید پرداخت شود و برای چاه با حجم ۴ اینچ استحصال آب، معادل ۸۰ هزار تومان می باشد.
 C_{ik} : هزینه های آبیاری مربوط به سرمایه آبیاری.

هزینه های مربوط سرمایه عبارت است از تاسیسات چاه که شامل پمپ آب، تانکر گازوئیل، موتور پمپ و لوله می باشد که کشاورز مذکور در سال ۱۳۸۲ لوازم آن را خریداری کرده است که ارزش فعلی آن با استفاده از فرمول زیر محاسبه می شود.

$$P = (1+i)^n \cdot V \quad (3)$$

n : تعداد سالهای بین سال پایه و سال مبدا (سال ۱۳۸۲-۱۳۸۷).

i : نرخ تنزیل (۰/۲) به علاوه نرخ تورم (۰/۱۵).

$$i = 0/2 + 0/15 = 0/37$$

برای هر یک از تجهیزات آبیاری، مقدار p را به تعداد سالهای عمر مفید هر یک از آنها تقسیم نموده و بدین وسیله هزینه ها را سرشکن می نماییم، سپس حاصل جمع آنها به عنوان هزینه سالانه تجهیزات آبیاری در مرحله سوم از درآمدخالص کسر می شود، که به صورت زیر می باشد:

$$P_{\text{capital}} = 1770000$$

c_{ie} : قیمت هر واحد انرژی مصرفی.

$i e_i$: مقدار مصرف انرژی در آبیاری \Leftarrow مجموعاً ۹۰۰ هزار تومان.

در نهایت، هزینه های ثابتی که سالانه به چاه اختصاص داده می شود و کشاورز می باید آن را پرداخت کند، مجموعاً معادل است با:

$$C_{ew} = 800000 + 900000 + 1770000 = \quad (4)$$

$$2750000$$

مدل مذکور، الگوی بهینه در حالت پایه را نشان می دهد که همان سطح زیر کشت واقعی محصول است که در حل بهینه حاصل از مرحله سوم همان مقدار معرفی می شود. این از مزایای PMP در ارزیابی سیاست های کشاورزی است که به تحلیل در مقادیر سال پایه می پردازد.

جدول ۴. سیاست‌های اعمال شده با کاهش موجودی آب زیرزمینی و افزایش قیمت آب

در الگوی PMP

سطح زیرکشت	سال مبنا	۱۰ درصد	۲۰ درصد	۳۰ درصد	۵۰ درصد	۶۰ (تومان)
کلزا	۴/۰۰۰	۳/۷۸۲	۳/۴۴۷	۳/۱۱۱	۲/۴۴۰	۴/۰۰۴
گندم	۷/۰۰۰	۶/۵۲۲	۵/۷۹۰	۵/۰۵۷	۳/۵۹۱	۷/۰۰۷
لوبیا	۳/۰۰۰	۲/۷۹۳	۲/۴۷۶	۲/۱۵۹	۱/۵۲۴	۳/۰۰۳
چغندر قند	۲/۰۰۰	۱/۸۲۱	۱/۵۴۷	۱/۲۷۴	۰/۷۲۶	۲/۰۰۲
ارزش تابع هدف	۲۱۱۴۷۴۰۹	۲۱۰۳۷۴۳۵	۲۰۴۵۳۴۸۰	۱۹۳۶۶۷۱۸	۱۵۶۸۴۷۷۶	۲۱۱۴۶۹۱۳

مأخذ: یافته‌ای تحقیق

نتایج حاصل از حل مدل نشان می‌دهد که عدس و هلو در مدل بهینه قرار نگرفته‌اند. بر اساس ویژگی PMP در تولید مجدد داده‌های سال پایه، می‌توانیم با اتخاذ سیاست (۱۰ درصد تا ۵۰ درصد) میزان موجودی آب مصرفی را کاهش دهیم (یا استفاده بهینه از ۵۰ درصد تا ۹۰ درصد آب). نتایج حاصل از اتخاذ این سیاست نشان می‌دهد که از مقدار سطح زیر کشت محصولات کاسته شده و همچنین درآمد خالص که همان مقدار ارزش تابع هدف می‌باشد، کاهش می‌یابد. در سیاست کاهش موجودی آب به میزان ۵۰ درصد سطح زیر کشت، محصولات به نصف کاهش یافته است.

سیاست بعدی، افزایش قیمت آب استحصالی است که با افزایش قیمت هریک متر مکعب آب زیرزمینی از ۲۹ به ۶۰ تومان به ازای هر مترمکعب آب (دو برابر) که بر میزان هزینه متوسط افزوده می‌شود، سطح زیر کشت محصولات تغییری نکرده است ولی از میزان ارزش تابع هدف کاسته شده و درآمد کشاورزانی که آب چاه را برای مزارع استحصال می‌کنند، به علت هزینه احداث و نگهداری از تجهیزات و لوازم آن، کمتر از میزان واقعی آن است.

نتیجه گیری و پیشنهادات

در این تحقیق، به لحاظ اهمیت خاص منابع آب زیرزمینی و سطحی و همچنین کشاورزی در حوزه شهرستان اقلید، با کمیاب تر شدن آب در این مناطق، ضرورت استفاده از مکانیزم‌های کاراتر از مکانیزم‌های موجود جهت تخصیص و بهره برداری از منابع آب بیشتر می‌باشد. یکی از عواملی که مشکل کم آبی در این مناطق را بیشتر نموده است، بهره برداری بیش از حد از منابع آب زیر زمینی

با احداث چاه‌های عمیق و نیمه عمیق و در بعضی مناطق و چاه‌های غیر مجاز می‌باشد. با توجه به هدف تحقیق که مدیریت تقاضای آب مصرفی کشاورز می‌باشد، به اعمال دو سناریو در رابطه با ارزیابی سیاست‌های آب کشاورزی پرداخته شده است. به علاوه، یافته‌ها نشان می‌دهد در تعیین قیمت آب آبیاری، باید در عامل کارایی مصرف آب آبیاری در سطح مزرعه و منافع خالص اجتماعی در نظر گرفته شود. توجه به اینکه از بعد منافع اجتماعی، در افزایش قیمت آب آبیاری، محدودیت وجود دارد.

نظر به اینکه یکی از نهاده‌های اساسی در فرایند تولید محصولات زراعی، آب آبیاری است و با توجه به نبود تعادل در عرضه و تقاضای آن، مدل تنها با فرض محدودیت آب آبیاری طراحی شده است و به بیان دیگر، فرض گردیده سایر عوامل به مقدار کافی وجود دارد. در سطح حوضه آبریز، تعیین الگوی بهینه کشت از دید سیاستگذار و نه کشاورز مطرح است و لذا فرض حداکثرسازی منافع اجتماعی با توجه به محدودیت‌های موجود، یکی از اهدافی به شمار می‌آید که می‌توان گفت سیاستگذار به دنبال آن است.

این موضوع را با استفاده از نهاده آب می‌توان توضیح داد. در سطح مزرعه، کشاورز در استفاده از آب موجود به دلیل توسعه نیافتگی بازار آب با گزینه مصرف و یا عدم مصرف رو به روست. از طرف دیگر، امکان ذخیره آب برای کشاورز و استفاده از آن در آینده، به دلیل ویژگی دسترسی آزاد به منابع آب، وجود ندارد و در نتیجه، تمایلی در وی جهت صرفه جویی در مصرف آب مشاهده نمی‌شود. در این شرایط دولتها می‌کوشند با برگزیدن سیاست‌هایی همچون قیمتگذاری آب، انگیزه صرفه جویی و بهره برداری بهینه از منابع آب را در کشاورزان ایجاد و تقویت کنند.

در رابطه با صرفه جویی در میزان آب مصرفی، به کارگیری سیستم‌های آبیاری تحت فشار از طریق افزایش عملکرد محصولات، افزایش سطح زیرکشت، کاهش استرس گیاهی، بهبود توزیع آب، افزایش کیفیت محصولات، کاهش هزینه‌های عملیات زراعی کاشت، داشت و برداشت، صرفه جویی در مصرف آب، صرفه جویی در مصرف کود و سم و ایجاد پتانسیل‌های آتی برای افزایش درآمد مزارع، باعث کاهش ریسک و ایجاد ثبات درآمدی برای کشاورزان می‌گردد.

نتایج به دست آمده از داده‌های جمع آوری شده و تابع تقاضا، مشخص کرد که راهکار بهره برداری از آبهای زیرزمینی و سیاست مالیاتی نسبت به گزینه‌های دیگر، امکان رسیدن به بهره برداری پایدار از آب‌های زیرزمینی را فراهم می‌کند. همچنین، راهکار مناسب متأثر از خصوصیات فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی بهره برداران و شرایط کلی حاکم بر جامعه می‌باشد. از طرف دیگر، دنبال کردن هر راهکار، الزامات خود را می‌طلبد. برای راهکار پیشنهادی مطالعه حاضر، نظام کارای مالیاتی ضروری می‌باشد. بر اساس نتایج این مطالعه، دولت می‌تواند از طریق اتخاذ سیاست

مناسب مالیاتی، هزینه های جنبی بهره برداری بی رویه از منابع آب زیرزمینی را به خود بهره برداران منطقه منتقل نماید.

در این خصوص، پیشنهادهای در استفاده بهینه، با تغییر در قیمت و مقدار آب موجود و اثرات اقتصادی، اجتماعی و محیطی پایان بخش مقاله است.

۱. اتخاذ سیاست های مناسب قیمتگذاری آب از جمله مالیات بر هر واحد نهاده و به کارگیری عواید آن در پیاده نمودن روشهای جدید آبیاری با راندمان بالا در مزرعه و در کنار آن، توجه به منافع کشاورز.

۲. پیاده نمودن روشهای کاهش آب مصرفی با به کارگیری تکنولوژی های نوین آبیاری به منظور بالابردن راندمان آبیاری از ۳۷ درصد به ۹۰ درصد به جای روشهای آبیاری ثقلی(کرتی و غرقابی).

۳. اجرای هر چه سریعتر سیاست های مربوط به صرفه جویی در میزان آب مصرفی با توجه به بحران کم آبی در سالهای اخیر در جهت افزایش درآمد زارع و کاهش فقر.

منابع و مأخذ

- بارانی، غ؛ م. رهنما و ب، صفا (۱۳۷۹) بررسی اثرات زیست محیطی انتقال آلودگی در سفره های آب زیرزمینی؛ مجموعه مقالات سومین همایش بهداشت محیط، کرمان، ۱۲-۱۰ آبان: ۴۹۰-۴۸۳. سازمان جهاد کشاورزی فارس، ۱۳۸۶.
- صبحی م؛ سلطانی غ و زیبایی م. (۱۳۸۶) بررسی اثر تغییر قیمت آب آبیاری بر منافع خصوصی و اجتماعی با استفاده از الگوی برنامه ریزی ریاضی مثبت؛ مجله علوم و صنایع کشاورزی، ۱-۲۱: ۷۱-۵۳.
- محسنی الف و زیبایی م. (۱۳۸۸) تحلیل پیامدهای افزایش سطح زیر کشت کلزا در دشت نمدان استان فارس: کاربرد مدل برنامه ریزی ریاضی مثبت؛ مجله علوم آب و خاک دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳-۱: ۷۸۴-۷۷۳-۷۸۴.
- Bauer, S., and H. Kasnakoglu. (1990) Non Linear Programming Models for Sector Policy Analysis; Econ Model: 275-90.
- Day, R.H. (1961) Recursive Programming and the Production of Supply. Agricultural Supply Functions. Heady et al., eds. Iowa State University Press.
- Hazell, p. b. R. and R. D. Norton (1986) Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture; New york: Macmillan.
- He L; Tyner W., Doukkali, R. and Siam G. (2005) Strategic policy options to improve irrigation water allocation efficiency: Analysis of Egypt and Morocco; Selected paper prepared for presenting at the American Agricultural Economics Association Annual Meeting. July 24-27.
- Heckelei T., Britz W. (2005) Models Based on Positive Mathematical Programming: State of the Art and Further Extensions; Plenary paper presented at the 89th EAAE Seminar – 3-5 February, Parma.
- Henry de Frahan B., Buysse J., Polomé P., Fernagut B., Harmignie O., Lauwers L., Van Huylenbroeck G. and Van Meensel J. (2005) Positive Mathematical Programming for Agricultural and Environmental Policy Analysis: Review and Practice; in A. Weintraub, T. Bjorndal, R. Epstein and C. Romero (Editors) Management of Natural Resources: A Handbook of Operations Research Models, Algorithms, and Implementations.
- Howitt, R.E (1995a) A Calibration Method for Agricultural Economic Production Model; Journal of Agricultural Economic, 46: 147-159.
- Howitt, R.E (1995b) Positive Mathematical Programming; American Journal of Agricultural Economics 77: 329-342.
- Howitt, R.E (2005a) Agricultural & Environmental Policy Model: Calibration; Estimation and Optimization.
- Howitt. R. E. (2005b) PMP Based Production Models- Development and Integration; EAAE, the Future of Rural Europe in the Global Agri-Food

- System. Denmark, August 23-27.
- IWMI (International Water management Institute (2006) Water for food, Water for life from the comprehensive Assessment of water management in agriculture; Stockholm World Water week.
- Judez, L., Chaya, C., Martinez, S., and Gonzalez, A. (2001) Effects of the Measures Envisaged; in 'Agenda 2000' on Arable Crop Producers and Beef and Veal Producers: an Application of Positive Mathematical Programming to Representative Farms of a Spanish Region; *Agricultural Systems*, 67: 121-138.
- Maneta M ,Torres M; Vosti S; H.Basso L., Howitt R; Bennett L. and Rodrigues L. (2007) A Demonstration Economic Model for the Buriti Vermelhc sub-Catchment of the Sao Francisco River Baisin: Specification, calibration and Preliminary Simulations; Selected Paper prepared for the American Agricultural Economics Association, Annual Meeting, Portland, Oregon, and July 29 - August 1.
- Mills, G. (1984) *Optimization in economic analysis*; George Allen & Uwin Ltd, London, UK, 193 p.
- McCarl, B.A. (1982) Cropping Activities in Agricultural Sector Models: A Methodological Proposal; *Amer. J. Agr. Econ.* 64(November 1982):768-71.