مجله آبیاری و زهکشی ایران
شماره ۱، جلد۴، بهار ۱۳۸۹، ص. ۱۵۵-۱۴۳

Iranian Journal of Irrigation and drainage
No. 1, Vol. 4, Spring 2010, p. 143-155

مدیریت مصرف آب در سطوح متفاوت شوری در راستای تحقق اهداف چندگانه‌ی کشاورزان حوضهٔ زاینده رود

علیرضا نیکوئی[1*]، جواد ترکمانی[2] و علیرضا مامن پوش[3]

چکیده

هدف تصمیم‌گیرنده‌گان در انتخاب فعالیت‌های زراعی مختلف معمولاً به یک هدف ویژه ختم نشده و بایستی تعادلی بین نتایج اهداف متضاد و رقیب را برقرار کنند. این مطالعه روشی برای تدوین الگوی بهینه زراعی مبتنی بر اهداف چندگانه در راستای مدیریت منابع آب حوضه آبریز زاینده‌رود در مقیاس مزرعه با استفاده از داده‌های تحقیقاتی، آماری و میدانی را معرفی می‌کند. این روش در چارچوب مدل برنامه‌ریزی غیرخطی مصالحه‌ای فازی (FCNLP) طراحی گردید و در آن، از مدل SWAP برای تعیین عمق آبیاری مناسب در شرایط مختلف شوری آب، استفاده شد. نتایج نشان داد که هر چند منافع اقتصادی این الگو در سطح بحرانی الگوی جاری کشت محصولات، ثابت باقی می‌ماند، ولی در شرایط شوری صفر قادر به تامین ۹۹/۲ و ۳۹/۱ درصد به ترتیب از سطح آرمانی اهداف حداقل کردن مصرف آب و حداکثر کردن ثبات درآمدی کشاورزان نیز، خواهد بود. در شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر نیز به ترتیب ۷۶/۶، ۱۴/۸ و ۹۸/۸ درصد و در شوری ۷ دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب ۹۷/۷، ۱۴/۳ و ۲/۲ درصد از سطوح آرمانی اهداف حداقل ریسک، حداکثر سطح اشتغال و حداقل مصرف کود اوره تحقق خواهد یافت. تامین این اهداف، با تغییر سطح زیر کشت محصولات گندم، یونجه، چغندرقند، برنج و سبزیجات به همراه تغییر عمق آبیاری و کود مصرفی صورت پذیرفت. این تغییرات، به حداکثر شدن تابع مسافت مختلط فازی منجر شد، به طوری که با در نظر گرفتن وزن نسبی هر یک از اهداف تصمیم‌گیرندگان مورد مطالعه، در سطوح شوری صفر، ۴ و ۷ دسی‌زیمنس بر متر، الگوی پیشنهادی به ترتیب ۴۷/۵، ۴۱/۲ و ۴۱/۱ درصد به سطح آرمانی تأمین اهداف برنامه نزدیک می‌گردد. این روش، به عنوان راهبرد برتر نسبت به سایر راهبردهایی که اهداف انفرادی چون تامین حداکثر راندمان تولید و یا سود، با یا بدون تغییر در الگوی کشت را دنبال می‌کنند، تشخیص داده شد و برای آزمون در سطح مزارع حوضه پیشنهاد شد.

واژه های کلیدی: آب، بهینه‌سازی، فازی، شوری، ریسک، اشتغال

مقدمه

در خلال دهه‌های گذشته، مسئله تخصیص بهینه آب از جمله تنگناهای مدیران منابع آب بوده است. اخیراً، افزایش آلودگی و کاهش عرضه آب، رقابت بین مصرف کنندگان را بیشتر کرده است. این رقابت در شرایطی است که نگرانی در مورد کمیت و کیفیت آب نیز، بیشتر شده است. در زمان‌های گذشته، افزایش تقاضای آب با توسعه منابع جدید آب بر طرف می‌شده است. ولی در شرایط حاضر، هزینه‌های اقتصادی و محیطی معنی‌داری که برای توسعه منابع آب وجود دارد این مقوله را ناپایدار کرده است و توسعه نامحدود نمی‌تواند به شکل اولیه ادامه یابد. این مسئله، در نظامهایی که در آنها تخصیص منابع آب به صورت ضعیفی صورت گرفته و در آنها اقلیم نامناسب و رودخانه‌های جاری وجود دارد، جدی‌تر است (Barnes and Jones, 2000).

مسئله بحران آب در ایران که به عنوان یک کشور خشک و نیمه خشک شناخته می شود، همواره اهمیت زیادتری داشته است. در این رابطه از یک سو بیش از ۹۰ درصد از منابع آب قابل استحصال در بخش کشاورزی به مصرف می‌رسد (بی نام، ۱۳۸۰). از سوی دیگر میزان راندمان آب مصرفی در بخش کشاورزی بسیار کم بوده و فقط یک سوم آن به مصرف نهایی گیاه رسیده و بقیه آن بدلیل عوامل متعدد در اثر فرونشت عمقی و تبخیر از دسترس زارع خارج می‌شود (بی نام، ۱۳۷۷).

علاوه بر کمبود آب، شوری یکی از مسائل مهم دیگر درکشاورزی فاریاب درتمام دنیا می‌باشد، به گونه‌ای که بسیاری از مناطق باکاهش

۱- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات اقتصادی کشاورزی و توسعهٔ روستائی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، اصفهان
(* - نویسنده مسئول: Email: anikooie@yahoo.com)
۲- استاد اقتصاد کشاورزی، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه شیراز
۳- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، اصفهان

Archive of SID
www.SID.ir

تولید در اثرشوری مواجه هستند و یا به علت شوری زیاد رها گشته و هیچ فعالیت کشاورزی درآنها انجام نمی‌شود. براساس برآورد انجام شده، حدود ۳۴ درصد زمین‌های فاریاب درکشورهایی که عمدتاً از آبیاری استفاده می‌کنند، شدیداً از سطوح بالای شوری ضرر دیده‌اند و یا درآینده نزدیک ضرر خواهند دید (Kijne et al, 1996.). بدین لحاظ اگر آبیاری با مدیریت صحیح انجام نگیرد، مناطق فاریاب با دو مسئله مهم و اساسی روبرو خواهند شد: اول اینکه آب آبیاری دارای نمک و املاح است و آب حاصل از تبخیر و تعرق گیاه یا آبی که از سطح زمین تبخیر می‌شود نمک را انتقال نمی دهد. لذا تجمع نمک در خاک موجب بروز مشکلاتی می‌گردد. مسئله دیگر اینکه به منظور کاهش تجمع این نمکها و املاح از منطقه ریشه یک آبیاری اضافی‌انجام می‌گیرد که این عمل دربسیاری از موارد با بالا آمدن سطح آب زیرزمینی منجر به مشکل دومی یعنی ماندابی شدن می‌گردد (Droogers et al, 2000). براین اساس مدیریت مناسب آب یکی از مهمترین عوامل مؤثر بر توسعه اقتصادی است و اهمیت این موضوع درکشورهای خشک یا نیمه خشکی چون ایران که آب از مهمترین عوامل محدودکننده توسعه کشاورزی به شمار می‌آید، محسوس‌تر است. با این وجود، پیشرفت‌های امروزی به بشر توانایی داده است تا از این منبع حیاتی به گونه مطلوب‌تری استفاده کند.

در خصوص مدیریت منابع آب در شرایط شوری آب نتایج تحقیقات Droogers et al (2000) نشان داد که درمنطقه رودشت اصفهان با تغییرات کمی و بهبود کیفی آب آبیاری، راندمان تولید محصول پنبه می‌تواند تا ۷۷ درصد راندمان پتانسیل افزایش یابد. در همین راستا، سلیمانی پور و نیکوئی (۱۳۷۹) نشان دادند که تغییرات کمّی و کیفی آب آبیاری می‌تواند با تغییر میزان عملکرد و تغییر سطح زیر کشت محصولات رایج منطقه رودشت اصفهان بر درآمد زراعی منطقه، تأثیرگذار باشد. Droogers and Torabi (2002) با استفاده از مدل SWAP[1] گزینه‌های مختلف مدیریت آب و املاح در مقیاس مزرعه برای اراضی کشاورزی واقع در حوضه آبریز زاینده‌رود اصفهان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داد که برنج سودآورترین زراعت در حوضه می‌باشد، در عین حال قادر است پی‌آمدهای عمده‌ای بر منابع آب، بخصوص بر کشاورزان مناطق پائین دست حوضه، داشته باشد. از سوی دیگر، راه حل انتقال آب از حوضه‌های مجاور می‌تواند در جهت کسری آب مورد نیاز به واسطه افزایش سطح زیر کشت برنج و یا استفاده از آب‌های مذکور برای تأمین آب مورد نیاز زارعین در مناطق پائین‌دست جهت افزایش در آمد کشاورزی آنان به کار رود.

از نتایج تحقیقات یاد شده می توان گفت که در کل حوضه یک رودخانه، تغییر کمیت و کیفیت آب آبیاری، کشاورزان ومدیران واحدهای تولید زراعی را در برابر تصمیم‌گیری‌های متفاوتی برای مقادیر مصرف آب و انتخاب الگوهای زراعی سالانه قرار می دهد. تصمیم‌گیری در این زمینه می‌تواند به روش سنتی و براساس تجربیات قبلی زارع و یا به روش‌های نوین و براساس اطلاعات علمی از جمله برنامه‌ریزی ریاضی صورت پذیرد. مزیت این روش بر روش‌های سنتی، اختصاص بهینه منابع برای تولید حداکثر محصول با بیشترین بازده برنامه‌ای قابل حصول می‌باشد (Hazell and Norton, 1986).

پیچیدگی ذاتی و عدم قطعیت‌های تصادفی که در خصوص منابع آب در دنیای واقعی وجود دارد، باعث شده که تصمیم‌گیری در مورد آن به روشهای نوین فراتر از روشهای معمول بهینه‌یابی انجام شود. از طرف دیگر، هدف تصمیم‌گیرنده در انتخاب فعالیتهای مختلف زراعی معمولاً به یک هدف خاص ختم نشده و باید تعادلی بین نتایج و خروجی‌های حاصل از تصمیم که در تضاد همدیگر هستند، برقرار کند (Barnes and Jones, 2000). نوع مدل تصمیم‌گیری مناسب در چنین شرایطی به یکی از روشهای چند معیاری[2]، چند هدفی[3]، اهداف متقابل[4] و چند خصلتی[5] طبقه‌بندی می‌شود. وجه مشترک تمامی این روشها آن است که یک توافق کامل در خصوص یک هدف ویژه ساده بدست نمی‌آید (آذر و فرجی، ۱۳۸۱).

در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیریهای چند هدفی می‌توان از منطق فازی[6] برای همجنس کردن اهداف استفاده کرد (اسدپور، ۱۳۸۴ و Narasimhan, 1980). به کمک این روش می‌توان سطوح مورد نظر برنامه‌ریزان را که به صورت مبهم بیان می شود و حالت زبان طبیعی دارد، به صورت کمی و مقداری تعریف نمود (Zadeh, 1965). از این روش تاکنون در مطالعات و تصمیم‌گیری‌های چند هدفه در خصوص مدیریت منابع آب در شرایط عدم قطعیت نیز استفاده شده است (Barnes and Jones, 2000؛ Bender and Simonovic, 2000؛ Hannan, 1981 و Maqsood et al, 2005). در این خصوص، روش برنامه ریزی مرکب فازی (FCP)[7] توسط Barnes and Jones (2000) در یک راهبرد مدیریت دقیق زراعی[8] (PCM) ایالت آریزونای آمریکا در سطح مزرعه استفاده شد. Maqsood et al (2005)، روش برنامه ریزی تصادفی دومرحله ای فازی با پارامتر فاصله[9] (IFTSP) برای برنامه ریزی سیستمهای مدیریت منابع آب تحت شرایط عدم قطعیت را معرفی و استفاده کردند. با استفاده از

1- Soil Water Atmosphere Plant

2- Multi criteria
3- Multi objective
4- Competing objective
5- Multi attribute
6- Fuzzy logic
7- Fuzzy Composite Programming
8- Precision Crop Management
9- Interval-parameter Fuzzy Two-stage Stochastic program

Archive of SID

www.SID.ir

روش فازی مرکب، Bender and Simonovic (2000)، به مرتب کردن گزینه‌های تصمیم‌گیری براساس معیارهای فازی جهت نشان دادن تاثیر نوسانات خطر بر تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی استفاده از منابع آب در شرایط عدم قطعیت، پرداختند. Ghosh and Mujumdar (2006)، روشی بر مبنای برنامه‌ریزی چند هدفی فازی برای حداقل کردن مخاطره در مسائل مدیریت کیفیت آب رودخانه را ارائه دادند.

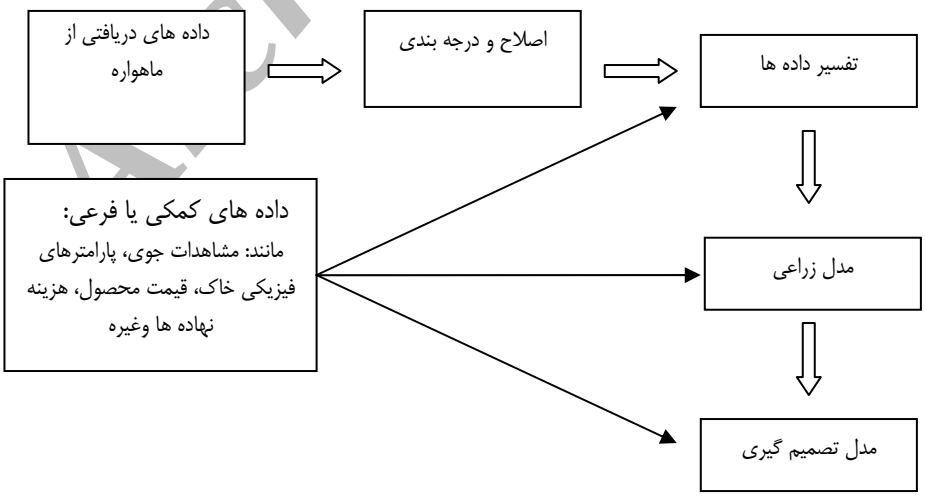
تصمیم‌گیری در شرایطی که چند هدف ویژه در پیش روی مدیران واحدهای کشاورزی قرار دارد، علاوه بر ابزار تصمیم سازی، نیازمند اطلاعات متنوع و مختلفی می‌باشد. اطلاعات پراکنده‌ای برای تصمیم‌گیری‌های زراعی شامل داده های ماهواره‌ای، تحقیقاتی، آماری و میدانی وجود دارد که هرکدام به نوبه خود ارزشمند می‌باشند. ولی، ساز و کار یک نظام مدیریتی براساس چنین اطلاعات و اهداف چندگانه در طول زمان و مکان‌های مختلف یک حوضه رودخانه کار ساده‌ای نیست و نیازمند روشی است که بتواند براساس مجموعه‌ای از اطلاعات موجود و آرمان‌های متفاوتی که در پیش روی مدیران واحدهای کشاورزی وجود دارد، وی را در جهت اتخاذ یک تصمیم منطقی راهنمایی کند. ساختار پیشنهادی برای در نظر گرفتن یک دسته از منابع اطلاعاتی و مدل‌های متنوع، در شکل ۱ نمایش داده شده است.

هدف از این مطالعه، ارائه مدلی جهت برنامه‌ریزی استفاده بهینه از آب با کیفیت‌های متفاوت در بهره‌برداری کشاورزی بود. این مدل با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، تحقیقاتی، آماری و اطلاعات اولیه ای چون آب، قیمت‌های پیش‌بینی شده محصولات و وزن هر یک از اهداف کشاورز به عنوان متغیر، الگوی بهینه‌ای را با ارائه سطح زیرکشت، عمق آبیاری مناسب و میزان کاربرد سایر نهاده‌های تولیدی در کشت محصولات مختلف به کشاورزان جهت اخذ تصمیم منطقی زراعی پیشنهاد می‌کند. در این راستا، اهداف مدل شامل حداکثر کردن سود ناخالص، حداقل کردن ریسک تولید، حفظ محیط زیست، توسعه پایدار و افزایش منافع اجتماعی که معمولاً در پیش روی مدیران قرار دارد، می‌باشند. منطقه مورد مطالعه برای معرفی این روش، حوضه آبریز زاینده‌رود اصفهان در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها

معرفی محدوده مطالعاتی

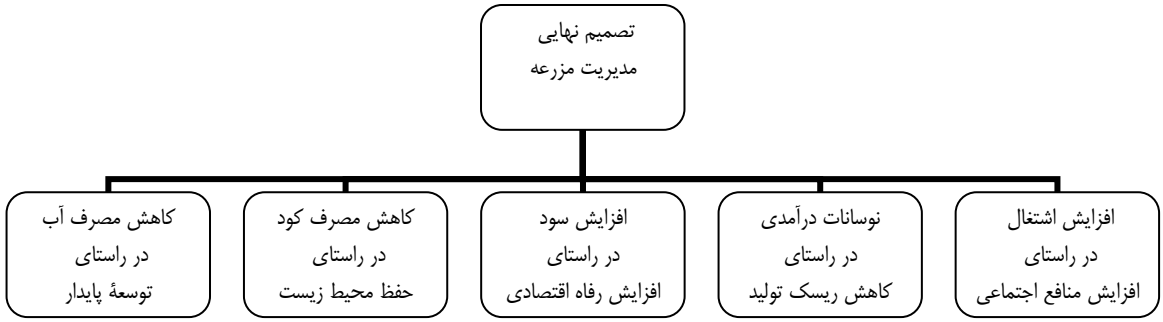
حوضه آبریز زاینده‌رود با وسعت ۴۱۳۵۰ کیلومتر مربع در بخش میانی فلات مرکزی ایران قرار دارد و پر آب ترین رود آن، زاینده‌رود است. منابع خاک حوضه از نظر کمی قابل توجه است ولی از نظر کیفی با محدودیت‌هایی مواجه می باشد که در کوهپایه‌ها فیزیکی و در دشت‌ها بیشتر شیمیایی(شوری و قلیائیت) است (بی نام، ۱۳۷۶). در بخش آب، محدودیت‌ها بیش از آنکه کیفی باشند شکل کمّی دارند. کمبود شدید آب در بسیاری از مناطق به استثنای حاشیه رودخانه زاینده‌رود و کوهپایه‌های زاگرس، بارز و مانع اصلی گسترش فعالیت‌های کشاورزی است (Droogers et al, 2000). در سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳، حدود ۱۹۷۰۰۰ هکتار از اراضی فاریاب حوضه به کشت چهار محصول گندم، چغندرقند، یونجه و برنج و گروه سبزی‌ها اختصاص یافته که ۵۵ درصد کل اراضی زراعی را تشکیل می‌دهد (بی نام، ۱۳۸۵). بخش عمده‌ای از اراضی مذکور در امتداد رودخانه زاینده‌رود واقع شده اند و از طریق ۹ شبکه آبیاری تغذیه می‌شوند (Droogers and Torabi, 2002).



(شکل ۱)- ساختار تصمیم‌گیری پیشنهادی

Archive of SID

www.SID.ir



(شکل ۲)- ساختار تصمیم‌گیری برای مدیریت مزرعه

ساختار مدل تصمیم‌گیری

ساختار کامل یک مدل تصمیم با اهداف متضاد و رقیب می‌تواند مد نظر قرار گیرد هر هدف بایستی کاملاً غیر وابسته به سایر هدف‌ها باشد. در این مطالعه، اهداف رقیب شامل حداکثر کردن سود در راستای افزایش رفاه اقتصادی، حداقل کردن مصرف کودشیمیائی در جهت حفاظت محیط زیست، حداقل کردن مصرف آب در جهت حرکت به سوی توسعه پایدار، حداقل کردن نوسانات درآمدی در راستای کاهش ریسک تولید و حداکثر کردن سطح اشتغال نیروی کار در راستای افزایش منافع اجتماعی می باشند. به این ترتیب، ساختار مدل تصمیم‌گیری به صورت یک ساختار سلسه مراتبی است که در بالای آن، تصمیم نهایی صورت می‌گیرد. این تصمیم، باید موازنه ای بین اهداف یاد شده برقرار کند. شکل ۲ این ساختار را نشان می‌دهد. مجموعه این اهداف در چارچوب محدودیتهای حاکم بر فضای تصمیم‌گیری قابل دستیابی است.

توضیح هر یک از این اهداف و اطلاعات مورد نیاز برای در نظر گرفتن آنها، به طور خلاصه به شرح زیر است.

افزایش سود: سودمندی این نظام وابسته به متغیرهای عملکرد، قیمت و هزینه‌های عملیاتی تولید محصولات است. در این مدل، واحد سود یا بازده برنامه‌ای، عبارت است از ریال در هکتار.

کاهش مصرف کود: در کشور ما، به دلیل ارزان بودن کودهای نیتروژنه و توانایی و سهولت تهیه آنها توسط کشاورزان، مصرف آنها بی‌رویه بوده و در اثر تصعید و آبشویی، باعث آلودگی آبهای زیرزمینی و سطحی و در نهایت محیط زیست می‌گردند (بابا اکبری ساری و ملکوتی، ۱۳۸۶). براین اساس، هر چند که جنبه های محیطی می‌تواند به راههای گوناگونی اندازه‌گیری شود، ولی در تولید و آبیاری محصولات، به نظر می‌رسد که به سادگی بتوان مقدار نیتروژن و یا کود اوره مصرفی را در طول فصل کشت و کار و براساس مدیریت زراعی صورت گرفته، به عنوان جنبه محیطی درنظر گرفت. به همین دلیل، کاهش میزان نیتروژن مصرفی در طول فصل رشد به عنوان کاهش اثرات منفی زیست محیطی فعالیت زراعی در نظر گرفته شد.

کاهش مصرف آب: پایداری مقوله‌ای است که همه صاحب‌نظران در خصوص اهمیت آن اتفاق نظر دارند. ولی در مورد روش اندازه گیری آن نظرات مختلفی وجود دارد (Barnes and Jones, 2000). در این مطالعه، میزان آب باقی مانده برای آبیاری یا کمترین میزان مصرف آب، به عنوان شاخصی برای پایداری تعریف شده است.

کاهش نوسانات درآمدی: وجود ریسک در کشاورزی بر تصمیمات کشاورزان اثر گذاشته و باعث بروز ناکارآیی فنی و تخصیصی در به کارگیری عوامل تولید می‌شود. لذا لازم است در ارائه الگوهای تصمیم‌گیری به مسئله ریسک نیز پرداخته شود (Torkamani, 2005). در این مطالعه، کاهش نوسانت درآمدی به عنوان شاخصی برای کاهش ریسک تولید در نظر گرفته شد.

افزایش اشتغال: با توجه به نرخ بیکاری در کشور، اتخاذ تصمیماتی که به هر شکل موجب اشتغال بیشتر نیروی کار شده و این نرخ را کاهش می‌دهد، منافع اجتماعی را افزایش خواهد داد. براین اساس، در مطالعه حاضر میزان اشتغال مدل تصمیم به عنوان شاخص منافع اجتماعی و حداکثر کردن آن به عنوان یکی دیگر از اهداف مد نظر قرار گرفت.

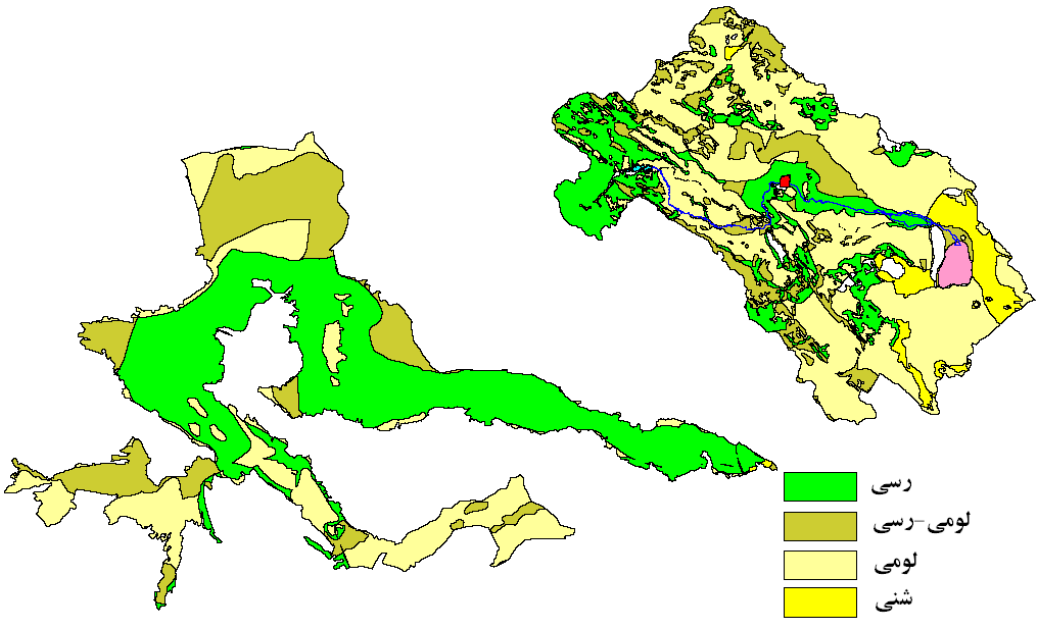
اطلاعات مورد نیاز مدل تصمیم

روش تحقیق مورد استفاده برای جمع آوری داده‌ها و متغیرهای این مطالعه به شیوهٔ پیمایشی و مطالعات اسنادی براساس آنچه که متضمن رسیدن به اهداف این مطالعه بود، در نظر گرفته شد. توصیف این متغیرها به شرح زیر است:

بافت خاک: شکل ۳، نقشه کلی بافت خاک های حوضه آبریز زاینده‌رود که با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) بدست آمده است را، نشان می دهد (Droogers and Torabi, 2002). براساس این شکل، چهار نوع بافت غالب در این اراضی عبارتند از رسی، لوم رسی، لوم و شنی، ولی اراضی رسی درصد بیشتری از زمین‌ها را تشکیل می‌دهد.

Archive of SID

www.SID.ir



(شکل ۳)- نقشه کلی بافت خاک های حوضه آبریز زاینده‌رود
مأخذ: Droogers and Torabi (2002)

کاربری اراضی : با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای می‌توان به نقشه فعلی کاربری اراضی و الگوی زراعی مربوطه در کل حوضه مطالعاتی یا یک منطقه و حتی یک مزرعه بخصوص دست یافت. Gieske et al (2000) با استفاده از این روش، نقشهٔ کاربری اراضی در حوضهٔ زاینده رود را مشخص کردند که از نتایج آن، در مطالعهٔ جاری استفاده شد.

عملکرد: عملکرد محصولات با استفاده از مدل رشد SWAP برآورد شد. این مدل، یک مدل شبیه‌سازی با اساس فیزیکی است‌که برای انتقال آب، نمک و حرارت در منطقه اشباع و غیراشباع و ارتباط آن با رشد نسبی محصول (نسبت محصول واقعی به محصول پتانسیل) استفاده می‌گردد (Van Dam et al, 1997؛ Droogers et al, 2000 و Droogers and Torabi, 2002). عملکرد پیش‌بینی شده در مدل براساس سطح شوری آب، عمق آبیاری در راهبرد پیشنهادی مدل و بافت خاک تغییر می‌کند. فرم کلی این مدل به صورت رابطه ۱ است.

$$Y_i = \alpha_{i0} + \alpha_{i1}EC + \alpha_{i2}EC^2 + \alpha_{i3}IRR_i + \alpha_{i4}IRR_i^2 + \alpha_{i5}EC * IRR_i \quad (۱)$$

که در آن Y_i عملکرد محصول i ام بر حسب تن در هکتار ، EC، میزان شوری آب آبیاری بر حسب دسی زیمنس بر متر و IRR_i عمق آبیاری محصول i ام است. همچنین، α_{i0} تا α_{i5} ضرائب مدل برای محصول i ام می باشند که اطلاعات آنها از نتایج مطالعهٔ (Droogers and Torabi (2002 به دست آمد.

قیمت: قیمت با استناد به گزارش سازمان جهاد کشاورزی اصفهان در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ در نظر گرفته شد.

هزینه‌های عملیاتی: هزینه آماده سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت برای یک آبیاری کامل براساس مطالعات میدانی از طریق نمونه‌گیری و تکمیل پرسشنامه حسابداری مزرعه در یک هکتار برای یک آبیاری نرمال در سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴بدست آمد.

اشتغال‌زایی محصولات: اطلاعات لازم در این خصوص براساس مطالعه مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصادی کشاورزی (بی نام، ۱۳۸۲) برای محصولات در نظر گفته شده بدست آمد.

میزان کود اوره مصرفی: با استفاده از اطلاعات زراعی بدست آمده از طرح‌های تحقیقاتی اجرا شده در ایستگاه‌های تحقیقات زراعی استان اصفهان، رابطه بین میزان کود اوره مصرفی با میزان مشخص نیتروژن و عملکرد محصولات براساس یک مدل غیر خطی به شکل رابطه ۲ بدست آمد.

$$N_i = \left(\frac{Y_i}{A_i}\right)^{1/b_i} \quad (۲)$$

که در آن N_i میزان کود اوره لازم برای تولید محصول i، Y_i عملکرد در هکتار محصول i و A_i و b_i ضرائب معادله می باشند. براین اساس، واحد متغیر تصمیم محیط زیست، وزن کود اوره مصرفی در هکتار بود که توسط رابطه ۲، برآورد شد. علاوه بر این، سطح کل سموم مصرفی در طول دوره زراعی، بر اساس آنچه که در الگوی فعلی زراعی کشاورزان مصرف می‌گردد، محدود شد.

ریسک تولید : روشهای مختلفی برای اندازه گیری ریسک ارائه

Archive of SID

www.SID.ir

شده است (Torkamani, 2005 & 2006). اساس و چارچوب تمامی این روش‌ها آن است که واریانس درآمد کشاورزان در اثر اتخاذ تصمیمات مختلف چگونه خواهد بود. در شرایطی که انتخاب نوع و سطح چند رشته فعالیت مشخص در نظر باشد، ریسکی بودن این فعالیت‌ها نسبت به هم می‌تواند به عنوان شاخصی برای تصمیم‌گیری و انتخاب فعالیتهای توأم با حداقل نوسانات درآمدی مد نظر قرار گیرد. در این مطالعه به منظور محاسبه ضریب ریسکی بودن محصولات از شیوه مورد استفاده در تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی[1] (AHP) برای وزن دهی به معیارها در درخت سلسله مراتب استفاده گردید (آذر و فرجی، ۱۳۸۱). پس از محاسبه این ضریب برای هر محصول، ریسک از دست دادن درآمد مدل تصمیم به صورت زیر محاسبه شد:

$$GMR = \sum_{i=0}^{5} GM_i X_i \sigma_i \qquad (۳)$$

که در آن GMR ریسک بازده برنامه ای مدل تصمیم، GM_i بازده برنامه ای محصول i ، X_i سطح فعالیت محصول i و σ_i ضریب ریسک درآمدی محصول i می باشد. در الگوی مورد استفاده حداقل کننده ریسک، تابع هدف به صورت حداقل سازی معادله فوق تعریف می‌گردد.

علاوه بر این، محدود ساختن میزان سموم مصرفی به عنوان یکی دیگر از شاخص‌های مهم اثرگذار بر محیط زیست مد نظر قرار گرفت.

طراحی و مدل سازی فرایند تصمیم‌گیری

فرایند روش منطق فازی شامل سه مرحله اصلی فازی سازی ورودی‌ها، فرایند فازی و تبدیل فازی به غیر فازی می‌باشد (Zadeh, 1965). فرایند فازی سازی شامل تفسیر و تبدیل داده‌های ورودی به‌وسیله کنترل‌گر فازی می‌باشد. کنترل‌گر منطق فازی، داده ورودی را دریافت‌کرده و آن را مطابق روشی که کاربر با استفاده از توابع عضویت معین می کند، تبدیل به فازی می‌نماید. در فرایند فازی، خروجی با توجه به تابع عضویت تعیین شده با برآورد قواعد و محاسبه نتیجه فازی به‌دست می‌آید. استدلال و استنتاج ترکیب منطقی از خروجی‌های قواعد "اگر آنگاه"[2] انجام می‌گیرد. متناظر با شرایط قسمت" اگر" می‌توان قاعده نوشت. ترکیب متغیرها هم‌زمان در نتایج خروجی فازی مؤثر است. منطق فازی ازهمهٔ قواعد نوشته شده برای برآورد خروجی استفاده می‌کند. ورودی یک تابع عضویت با دارابودن شرایط بیان شده در قسمت اگر یک خروجی خواهد داد. مقدار نهایی به صورت فازی سطح منحنی از ترکیب منطقی نتایج قواعد حاصل می‌شود (آذر و فرجی، ۱۳۸۱).

در مطالعه حاضر، با استفاده از رابطه شماره ۴ که یک تابع غیر خطی است، مسافت مختلط آرمانی[3] تابع عضویت اهداف یاد شده تعیین گردید (Barnes and Jones, 2000):

$$L = \left[\sum_{j=1}^{M} w_j \lambda_j{}^P \right]^{\frac{1}{P}} \qquad (۴)$$

در رابطه فوق $w_j \geq 0$ ، $\sum_{j=1}^{M} w_j = 1$ ، w_j وزن هدف j و P عامل تعادلی اهداف است. این عامل به نوعی درجه جانشینی بین اهداف را مشخص می کند. در حالت P برابر ۱، بیشترین درجه جانشینی و در حالت P برابر ۳، اهداف از کمترین درجه جانشینی برخوردارند. در فرایند تصمیم‌گیری، تأمین تابع هدف کلی آرمانی حاصله از رابطه ۴، در چارچوب قیود و محدودیت‌های حاکم بر این فضا صورت می‌پذیرد.

برنامه ریزی ریاضی یکی از روشهائی است که به عنوان ابزار تصمیم‌گیری در مورد مسائل کشاورزی درسطح مزرعه و بخش استفاده می‌شود (Hazell and Norton, 1986). در مطالعه جاری به دلیل غیر خطی بودن محدودیتها (مدل SWAP و توصیه کودی) و هدف (تابع مسافت مختلط فازی) از روش برنامه ریزی ریاضی غیر خطی[4] (NLP) استفاده شد. همچنین با توجه به فازی سازی اهداف مطالعه و تلاش در جهت تحقق یک آرمان کلی بر اساس حداکثر کردن مقدار تابع مسافت مختلط آرمانی آنها، ساختار مدل تصمیم‌گیری به شکل یک مدل برنامه ریزی غیر خطی مصالحه‌ای فازی[5] (FCNLP) که امکان بهینه‌سازی چند هدف را به طور توأم، مشروط بر محدودیت منابع فراهم می‌نماید طراحی گردید. مجموعه روابط زیر، فرم کلی مدل مورد استفاده را نشان می‌دهد.

$$Max: L = \left[\sum_{j=1}^{M} w_j \lambda_j{}^P \right]^{\frac{1}{P}} \qquad (۵)$$

Subject to:

$$\lambda_j (Z_j^{Max} - Z_j^{Min}) + Z_j(x) \leq Z_j^{Max} \quad When \quad Z_j^{Min} \; is \quad best$$

$$Z_j(x) - \lambda_j (Z_j^{Max} - Z_j^{Min}) \geq Z_j^{Min} \quad When \quad Z_j^{Max} \; is \quad best$$

$$Y_i = \alpha_{i0} + \alpha_{i1} EC + \alpha_{i2} EC^2 + \alpha_{i3} IRR_i + \alpha_{i4} IRR_i{}^2 + \alpha_{i5} EC * IRR_i$$

$$N_i = \left(\frac{Y_i}{A_i}\right)^{1/b_i}$$

$$A_{hi} x_i \leq b_h$$

$$x_i \geq 0$$

$$0 \leq \lambda \leq 1$$

i= 1, 2, … , 5 j= 1,2, … , 5 h = 1, 2, …. , q

1- Analytic Hierarchy Process
2- If then

3- Fuzzy composite distance
4- Nonlinear Programming
5- Fuzzy Compromise Non-Linear Programming

Archive of SID

www.SID.ir

در این روابط Z_j^{min} و Z_j^{max} به ترتیب حداقل و حداکثر هدف j ام، $Z_j(x^*)$ مقدار هدف بهینه و x^* جواب بهینه است و اختلاف Z_j^{min} و Z_j^{max} را با عنوان حد تحمل تعریف می‌کنند. همچنین، λ_j مقدار آرمانی هدف j ام، A_{hi} ضریب فنی i امین محصول برای h امین محدودیت و b_h، h امین محدودیت مدل می باشد.

سهم بندی وزنی اهداف و توازن فاکتورها

در اولین مرحله، مدیر باید محدودیتها و معیارهای تصمیم‌گیری برای رسیدن به اهدافی مشخص در هر گزینه را مشخص کند. به طور کلی، این یک فرایند ذهنی است که کاملاً مشخص و مستند نیست و وابسته به نیازها و اولویت‌های تصمیم‌گیرنده است (Barnes and Jones, 2000). در مطالعه جاری، برای در نظر گرفتن نیازها و ترجیحات تصمیم‌گیرنده، وزن‌هایی بر حسب اهمیت اهداف رقیب به آنها داده شد که با تبادل نظر با تصمیم‌گیرندگان بدست آمد. روش کار به این صورت بود که این اهداف، به صورت دوبه دو از نظر نیازها و اولویتهای تصمیم گیرنده با همدیگر مقایسه شده و با استفاده از یک طیف ساعتی، ارزیابی کیفی در مورد برتری یک هدف بر هدف دیگر به صورت کمی تبدیل شد. این اطلاعات از طریق تکمیل پرسشنامه و به روش مصاحبهٔ حضوری از جمعیت نمونهٔ بهره‌برداران کشاورزی در مناطق مختلف حوضهٔ زاینده‌رود اصفهان در طول دو سال زراعی ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵ جمع‌آوری گردید. در مرحلهٔ بعد، وزن نسبی هر یک از اهداف با استفاده از تکنیک فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) مطابق جدول ۱ به دست آمد. جمع این وزن‌ها برابر یک و ارزش هر یک بین صفر و یک می‌باشد. فاکتور توازن در مطالعهٔ جاری معادل ۱ که نشان دهندهٔ بیشترین اجازه جانشینی بین اهداف مدل است، در نظر گرفته شد.

(جدول ۱)- وزن اهداف در نظر گرفته شده در مدل برنامه ریزی

اهداف	وزن نسبی
حداکثر بازده برنامه ای	۰/۲۰
حداقل ریسک	۰/۴۰
حداقل مصرف آب	۰/۲۰
حداقل مصرف کود نیتروژنه	۰/۱۰
حداکثر اشتغال	۰/۱۰

خلاصه برنامه مدل تصمیم‌گیری و ارائه راهبردهای مختلف

مدیریت بهینه آب در مقیاس مزرعه نه تنها به کمیت و کیفیت آب، بلکه به محدودیت سایر عوامل تولید نیز بستگی دارد. در این خصوص، خلاصه برنامه تصمیم‌گیری زیر مد نظر قرار گرفت. یک تصمیم‌گیرنده در استان اصفهان در نظر دارد که الگوی زراعی خود را برای سه قطعه زمین با یک بافت خاک یکنواخت رسی و شوری آب صفر، ۴ و ۷ دسی زیمنس بر متر که در مناطق مختلف حوضه قرار دارند، هر یک به مساحت ۳۰ هکتار تنظیم کند. در این سه قطعه در نظر است که پنج محصول گندم، چغندرقند، برنج، یونجه و سبزیجات با مقدار کل آب تحویلی برابر ۳۲۰۰۰۰ متر مکعب، کشت گردد. به این منظور راهبردهای مختلف اجرایی را می‌توان به شرح زیر بیان نمود:

راهبرد اول : حداکثر کردن راندمان تولید بدون تغییر در الگوی کشت رایج در منطقه از طریق توصیه به رعایت عمق آبیاری مناسب براساس خروجی‌های مدل SWAP و استفاده از مقادیر کود براساس توصیه مدل کودی.

راهبرد دوم : حداکثر کردن سود از طریق تغییر در الگوی جاری کشت و توصیه به رعایت عمق آبیاری و مقدار کود اوره براساس خروجی مدل برنامه ریزی غیر خطی در فضای محدودیت‌های حاکم.

راهبرد سوم : حداکثر کردن امکان مصالحهٔ بین اهداف حداکثر کردن سود، حداقل کردن ریسک، حداقل کردن مصرف آب، حداقل کردن مصرف کود اوره و افزایش سطح اشتغال برای نزدیکی به منافع اجتماعی از طریق تغییر الگوی کشت محصولات و توصیه به رعایت عمق آبیاری و توصیهٔ کودی منطبق با خروجی‌های مدل FCNLP.

در اینجا لازم است به سه نکته مهم اشاره شود. اولاً، اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش متعلق به یک منطقه خاص نبوده، بلکه سعی شده در سطح حوضه جنبه عمومی داشته باشد. ثانیاً با توجه به اینکه هدف اصلی ارائه الگوی بهینه زراعی تأمین کننده اهداف پنج گانه تصمیم‌گیری است، لذا آنچه در عمل اهمیت بیشتری دارد تفاوتهای نسبی موجود در نتایج خروجی مدل است، نه مقدار مطلق این خروجی ها. ثانیاً، با توجه به غالب بودن خاک رسی در حوضه (برای تمام حالت‌های مختلف کمیت و کیفیت آب آبیاری) مدل منحصراً برای این نوع بافت خاک و ۵ محصول عمده این حوضه شامل گندم، یونجه، برنج، چغندرقند و سبزیجات اجرا شد.

نتایج و بحث

نتایج راهبرد اول

جدول ۲، نتایج اجرای مدل برای راهبرد اول را در شرایط مختلف شوری آب نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات این جدول، برای حداکثر شدن راندمان تولید و رعایت الگوی کشت جاری، توصیه ترویجی بایستی بر مبنای رعایت ۹۲۱، ۱۷۳۰، ۱۳۹۷، ۱۳۳۶ و ۲۰۰۰ میلی‌متر عمق آبیاری توسط کشاورزان به ترتیب برای محصولات گندم، یونجه، برنج، چغندر قند و سبزیجات در شرایط عدم محدودیت شوری آب (EC برابر صفر) باشد. در شرایط ایده آل، حداکثر سود به دست آمده توسط این الگو، برابر ۲۶۱,۴۷۸,۳۹۴ ریال برای یک قطعه زمین ۳۰ هکتاری با حجم آب در دسترس برابر ۳۲۰,۰۰۰ متر مکعب در

Archive of SID

www.SID.ir

سال خواهد بود.

در صورت نیاز به تنظیم الگوی ترویجی مناسب برای الگوی جاری در شرایط شوری آب برابر ۴ دسی زیمنس بر متر براساس نتایج جدول ۲، کاربرد ۱۰۷۳، ۱۹۰۳، ۹۵۱ و ۲۰۰۰ میلی‌متر عمق آبیاری توسط کشاورزان به ترتیب برای محصولات گندم، یونجه، چغندر قند و سبزیجات توصیه می‌شود. لازم به ذکر است که محصول برنج به دلیل قرار گرفتن در خارج از آستانه تحمل نسبت به شوری در الگوی رایج قرار ندارد. در شرایط ایده آل، حداکثر سود به دست آمده توسط این الگو، برابر ۱۲۵,۰۱۰,۷۳۲ ریال برای یک قطعه زمین ۳۰ هکتاری با حجم آب در دسترس برابر ۳۲۰,۰۰۰ متر مکعب در سال خواهد بود.

یکی از بحرانی‌ترین شرایط در حوضه، زمانی است که کیفیت آب با شوری برابر ۷ دسی زیمنس بر متر مورد استفاده قرار بگیرد. در این صورت، تنها محصولات گندم، یونجه و چغندر قند به ترتیب با عمق کاربرد آب ۱۷۴۸، ۱۹۰۳ و ۱۱۶۲ میلی‌متر در الگوی زراعی منطقه قابل توصیه می‌باشند. برابر ۷۵,۵۴۷,۱۸۲ ریال برای یک قطعه زمین ۳۰ هکتاری با حجم آب در دسترس برابر ۳۲۰,۰۰۰ متر مکعب در سال خواهد بود.

نکته حائز اهمیت که از مقایسه اعداد بازده برنامه ای در مقادیر مختلف شوری آب در جدول ۲ به دست می آید، کاهش بازده برنامه ای در اثر افزایش شوری آب است که این ناشی از کاهش عملکرد محصولات در الگو می باشد. در این شرایط مقادیر توصیه کود نیز تغییر خواهد نمود. بر اساس اطلاعات جدول ۲، میزان کود مصرفی برای گندم بین ۹۸ تا ۱۴۷، برای یونجه بین ۱۳۸ تا ۲۱۲، برای سبزیجات بین ۱۱۰ تا ۱۴۵ و برای چغندرقند بین ۲۱۰ تا ۳۰۷ کیلوگرم در هکتار در شرایط شوری مختلف متفاوت است.

نتایج راهبرد دوم

یکی از راهبردهای دیگری که می توان در نظر گرفت، تغییر الگوی جاری کشت براساس حداکثر بازده برنامه‌ای به دست آمده از محصولات است، بدون اینکه به سایر اهداف مدیر توجهی گردد. در شرایط کیفیت آب مناسب، با انتخاب الگوی زراعی شامل گندم، یونجه، برنج، چغندرقند و سبزیجات با عمق کاربرد آب و سطح زیر کشت ارائه شده در جدول ۳، حداکثر بازدهٔ برنامه‌ای برابر با ۲۷۴,۵۷۲,۲۰۴ ریال برای یک قطعه زمین ۳۰ هکتاری با حجم آب در دسترس برابر ۳۲۰,۰۰۰ متر مکعب در سال به دست خواهد آمد. مطابق این جدول، در شرایطی که شوری آب به ۴ و ۷ دسی زیمنس بر متر افزایش می‌یابد، مدل مورد استفاده با تعدیل عمق آبیاری و در پی آن عملکرد محصولات، الگوی کشت محصولات را برای حصول به حداکثر بازدهٔ برنامه‌ای بهینه‌سازی نموده است. در این شرایط، محصول برنج در الگوی با محدودیت شوری ۴ دسی زیمنس بر متر و برنج و سبزیجات، در الگوی با محدودیت شوری ۷ دسی زیمنس بر متر حذف شده و بازدهٔ برنامه‌ای برابر با ۱۳۹,۷۲۷,۷۱۷ و ۷۶,۱۷۷,۵۸۰ ریال به ترتیب برای الگوهای با محدودیت شوری ۴ و ۷ دسی زیمنس بر متر به دست خواهد آمد.

(جدول ۲)- نتایج حاصل از انتخاب راهبرد اول

EC dS/m	متغیر	محصولات				جمع کل الگو
		گندم	یونجه	برنج	چغندرقند	سبزیجات	
۰	سطح زیر کشت (هکتار)	۲۲/۹۹	۴/۲۹	۱/۶۷	۰/۴۷	۰/۲۳	۲۹/۶۵
	عمق آبیاری (میلی‌متر)	۹۲۱	۱۷۳۰	۱۳۹۷	۱۳۳۶	۲۰۰۰	۳۲,۰۰۰
	عملکرد (تن)	۵/۷۲	۱۴/۵۹	۵/۶۸	۴۲/۷۵	۱۳/۷۱	–
	بازده برنامه ای (ریال)	۶,۲۲۶,۰۰۰	۱۵,۵۸۵,۰۰۰	۲۳,۷۴۰,۰۰۰	۲۰,۴۲۵,۰۰۰	۹,۷۰۸,۶۷۵	۲۶۱,۴۷۸,۳۹۴
	توصیه کودی (کیلوگرم)	۱۴۷	۲۱۲	۲۶۲	۳۰۷	۱۴۵	۴,۸۹۸
۴	سطح زیر کشت (هکتار)	۲۰/۱۸	۴/۵۴	۰	۰/۵۰	۰/۶۲	۲۵/۸۴
	عمق آبیاری (میلی‌متر)	۱۰۷۳	۱۹۰۳	۰	۹۵۱	۲۰۰۰	۳۲,۰۰۰
	عملکرد (تن)	۴/۶۴	۱۰/۸۸	۰	۳۴/۵۵	۸/۶۲	–
	بازده برنامه ای (ریال)	۴,۰۱۹,۰۷۰	۱۰,۰۲۱,۲۴۴	۰	۱۴,۶۸۷,۱۰۴	۴,۶۲۳,۳۴۶	۱۳۶,۷۹۶,۸۶۴
	توصیه کودی (کیلوگرم)	۹۸	۱۳۸	۰	۲۱۰	۱۱۰	۲,۷۷۷
۷	سطح زیر کشت (هکتار)	۱۲/۹۲	۴/۶۳	۰	۰/۵۱	۰	۱۸/۰۷
	عمق آبیاری (میلی‌متر)	۱۷۴۸	۱۹۰۳	۰	۱۱۶۲	۰	۳۲,۰۰۰
	عملکرد (تن)	۴/۲۷	۷/۹۴	۰	۳۴/۵۵	۰	–
	بازده برنامه ای (ریال)	۳,۲۵۵,۲۳۹	۵,۶۱۰,۰۷۹	۰	۱۴,۶۸۷,۲۷۵	۰	۷۵,۵۴۷,۱۸۲
	توصیه کودی (کیلوگرم)	۹۸	۱۳۸	۰	۲۱۰	۰	۲,۰۱۳

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول ۳)- نتایج حاصل از انتخاب راهبرد دوم

EC	متغیر	محصولات					جمع کل الگو
dS/m		گندم	یونجه	برنج	چغندرقند	سبزیجات	
۰	سطح زیر کشت (هکتار)	۱۹/۲۱	۵/۵۷	۲/۱۸	۰/۶۱	۰/۴۱	۲۷/۹۸
	عمق آبیاری (میلی‌متر)	۹۲۱	۱۷۳۰	۱۳۹۷	۱۳۳۶	۲۰۰۰	۳۲,۰۰۰
	عملکرد (تن)	۵/۷۲	۱۴/۵۹	۵/۶۸	۴۲/۷۵	۱۳/۷۱	–
	بازده برنامه ای (ریال)	۶,۲۲۶,۰۰۰	۱۵,۵۸۵,۰۰۰	۲۳,۷۴۰,۰۰۰	۲۰,۴۲۵,۰۰۰	۹,۷۰۸,۶۷۵	۲۷۴,۵۷۲,۲۰۴
	توصیه کودی (کیلوگرم)	۱۴۷	۲۱۲	۲۶۲	۳۰۷	۱۴۵	۴,۸۱۷
۴	سطح زیر کشت (هکتار)	۲۳/۰۸	۳/۱۸	۰	۰/۳۵	۰/۴۳	۲۷/۰۴
	عمق آبیاری (میلی‌متر)	۱۰۷۳	۱۹۰۳	۰	۹۵۱	۲۰۰۰	۳۲,۰۰۰
	عملکرد (تن)	۴/۶۴	۱۰/۸۸	۰	۳۴/۵۵	۸/۶۲	–
	بازده برنامه ای (ریال)	۴,۰۱۹,۰۷۰	۱۰,۰۲۱,۲۴۴	۰	۱۴,۶۸۷,۱۷۳	۴,۶۲۳,۳۴۶	۱۳۹,۷۲۷,۷۱۷
	توصیه کودی (کیلوگرم)	۹۸	۱۰۷	۰	۲۱۰	۱۱۰	۲,۷۲۳
۷	سطح زیر کشت (هکتار)	۱۷/۴۰	۳/۲۴	۰	۰/۳۶	۰	۲۱/۰۰
	عمق آبیاری (میلی‌متر)	۱۴۶۱	۱۹۰۳	۰	۱۱۶۲	۰	۳۲,۰۰۰
	عملکرد (تن)	۴/۱۶	۷/۹۴	۰	۳۴/۵۵	۰	–
	بازده برنامه ای (ریال)	۳,۰۳۱,۰۶۰	۵,۶۱۰,۰۷۹	۰	۱۴,۶۸۷,۲۷۵	۰	۷۶,۱۷۷,۵۸۰
	توصیه کودی (کیلوگرم)	۹۸	۱۰۷	۰	۲۱۰	۰	۲,۱۲۷

نتایج راهبرد سوم

جدول ۴ نتایج ارزیابی راهبرد سوم را براساس خروجی مدل برنامه ریزی غیر خطی آرمانی مصالحه‌ای نشان می‌دهد. بر اساس اطلاعات این جدول در سطح شوری صفر، الگوی پیشنهادی برابر ۲۰/۶۶، ۳/۴۲، ۵/۱۹ و ۰/۴۶ هکتار با عمق آبیاری ۹۲۱، ۱۰۵۵، ۱۳۳۶ و ۲۰۰۰ میلی‌متر به ترتیب برای محصولات گندم، یونجه، چغندرقند و سبزیجات خواهد بود. با توصیه این الگو و رعایت عمق آبیاری عملکرد های ۵/۷۲، ۱۰/۲۸، ۴۲/۷۵ و ۱۳/۷۱ به ترتیب برای محصولات یاد شده به دست خواهد آمد. مجموع سطح زیر کشت در این حالت برابر ۲۹/۷۳ هکتار با بازده برنامه‌ای ۲۶۱,۴۷۸,۳۹۴ ریال می‌باشد.

ملاحظه ضریب λ_j اهداف مطالعه در جدول ۴ نشان می‌دهد که در شرایط شوری صفر، به ترتیب ۹۹/۲ و ۳۹/۱ درصد از آرمان حداقل مصرف آب و حداقل کردن شرایط ریسکی حاکم تحقق یافته است. در حالی که اهداف دیگر تحقق نیافته و در شرایط بحرانی خود قرار دارند. به این ترتیب به دلیل تناقض برخی از اهداف با یکدیگر و قیودی که در این خصوص در مدل در نظر گرفته شده است، میزان تحقق هر هدف تا سطح آرمانی میسر نخواهد بود. با این وجود، به حداکثر رساندن تابع مسافت مختلط آرمانی (λ) برنامه براساس وزن تعیین شده برای اهداف توسط تصمیم‌گیرنده، صورت می‌پذیرد که برابر ۰/۴۷۵ در این سطح شوری است. به این معنی که، با قرار گرفتن در شرایط شوری صفر و رعایت الگوی پیشنهادی، به طور کلی ۴۷/۵ درصد به سطح آرمانی تأمین اهداف برنامه نزدیک خواهیم بود.

بر اساس اطلاعات جدول ۴، در صورت محدودیت شوری آب به میزان ۴ دسی زیمنس بر متر، الگوی زراعی شامل محصولات گندم، یونجه و سبزیجات به ترتیب با سطوحی برابر ۱۸/۱۷، ۷/۰۸ و ۱/۵۱ هکتار و عمق آبیاری توصیه شده و عملکرد حاصله، خواهد بود. تغییرات حاصله در سطح زیر کشت محصولات توأم با افزایش عمق آبیاری (به جز سبزیجات) و کاهش عملکرد محصولات باقی مانده در الگو نسبت به الگوی بدون محدودیت شوری شده است. در این شرایط تصمیم‌گیرنده به ترتیب به ۰/۴، ۷۶/۶، ۱۴/۸ و ۹۸/۸ درصد از سطوح آرمانی اهداف حداکثر بازده برنامه‌ای، حداقل ریسک، حداکثر سطح اشتغال و حداقل مصرف کود اوره دست خواهد یافت. با در نظر گرفتن وزن نسبی اهداف در تابع مسافت مختلط، در مجموع ۴۱/۲ درصد از سطح آرمان کل برنامه تحقق خواهد یافت.

نتایج جدول ۴ همچنین نشان می‌دهد که تحقق اهداف تصمیم‌گیرنده برای سطح شوری ۷ دسی زیمنس بر متر به ترتیب برابر ۹۷/۷، ۱۴/۳ و ۲/۲ درصد نسبت به سطوح آرمانی اهداف حداقل کردن ریسک، حداکثر کردن اشتغال و حداقل کردن مصرف کود اوره خواهد بود. این مقادیر با کشت ۲۲/۵۳، ۱/۳۶ و ۰/۴۲ هکتار به ترتیب برای محصولات گندم، یونجه و چغندرقند و عمق آبیاری و عملکردها حاصله به دست خواهند آمد. بر اساس این جدول، در این شرایط عملکرد محصولات نسبت به الگوهای با شرایط شوری کمتر کاهش و عمق آبیاری افزایش یافته که در نتیجهٔ آن، به دلیل محدودیت آب، سطح زیر کشت کل محصولات به میزان ۲/۴۵ هکتار کاهش پیدا کرده است. با عمال این تغییرات، در مجموع ۴۱/۱ از سطح آرمانی کل برنامه تحقق یافته است.

Archive of SID

www.SID.ir

(جدول ٤)- نتایج حاصل از انتخاب راهبرد سوم براساس الگوی برنامه ریزی غیر خطی مصالحه ای فازی

شرح محصول	EC ۰ dS/m سطح زیر کشت (هکتار)	عملکرد در هکتار (تن)	عمق آبیاری (میلی‌متر)	EC ٤ dS/m سطح زیر کشت (هکتار)	عملکرد در هکتار (تن)	عمق آبیاری (میلی‌متر)	EC ۷ dS/m سطح زیر کشت (هکتار)	عملکرد در هکتار (تن)	عمق آبیاری (میلی‌متر)
گندم	۲۰/۶۶	۵/۷۲	۹۲۱	۱۸/۱۷	۴/۹۱	۱,۱۸۰	۲۲.۵۳	۴/۰۶	۱,۳۵۰
یونجه	۳/۴۲	۱۰/۲۸	۱,۰۵۵	۷/۰۸	۹/۱۰	۱,۳۸۰	۱/۳۶	۷/۹۴	۱۹۰۳
برنج	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
چغندرقند	۵/۱۹	۴۲/۷۵	۱,۳۳۶	۰	۰	۰	۰/۴۲	۳۶/۳۵	۱,۴۰۷
سبزیجات	۰/۴۶	۱۳.۷۱	۲۰۰۰	۱/۵۱	۸/۶۲	۲۰۰۰	۰	۰	۰
جمع		۲۹/۷۳			۲۶/۷۶			۲۴/۳۱	
شرح اهداف	مقدار تحقق یافته	j		مقدار تحقق یافته	j		مقدار تحقق یافته		j
بازده برنامه ای (ریال)	۲۶۱,۴۷۸,۳۹۴	۰/۰۰۰		۱۳۶,۸۵۸,۵۷۴	۰/۰۰۴		۷۵,۵۶۸,۲۲۵		۰/۰۰۰
ریسک درآمدی (ریال)	۲۶,۱۰۴,۳۴۰	۰/۹۹۲		۱۶,۵۶۲,۸۰۲	۰/۷۶۶		۳,۶۷۸,۴۰۷		۰/۹۸۷
مصرف آب (میلی‌متر)	۲۹,۷۰۷	۰/۳۹۱		۳۲,۰۰۰	۰/۰۰۰		۳۲,۰۰۰		۰/۰۰۰
اشتغال (نفرروز)	۱,۸۲۶	۰/۰۰۰		۱,۷۲۲	۰/۱۴۸		۱,۲۰۲		۰/۱۴۳
مصرف کود (کیلوگرم)	۴,۹۵۰	۰/۰۰۰		۲,۴۶۶	۰/۸۹۸		۱,۷۶۸		۰/۰۲۲
مصرف سموم (کیلوگرم)	۵۵	–		۱۹	–		۱۴		–
		۰/۴۷۵			۰/۴۱۲			۰/۴۱۱	

مقایسه نتایج راهبردها

ازمقایسه نتایج جداول ۲ تا ۴ استنباط می‌شود که با فرض برابری سطح زمین کشاورزان و میزان آب تحویلی یکسان، وجه مشترک تمامی راهبردها آن است که با افزایش شوری عملکرد کاهش و عمق آبیاری افزایش خواهد یافت. افزایش عمق آبیاری در شرایط شوری بیشتر، کاهش سطح زیر کشت کل محصولات را به همراه دارد. از مقایسه نتایج راهبرد اول (توصیه به رعایت عمق آبیاری مناسب براساس نتایج مدل SWAP و استفاده از مقادیر کود براساس توصیه مدل کودی در شرایط مختلف شوری آب بدون تغییر در الگوی جاری براساس اطلاعات جدول ۲) با راهبرد دوم (مدل حداکثر کننده بازده برنامه ای براساس اطلاعات جدول ۳) مشاهده می‌شود که بازده برنامه ای حاصل در صورت اجرای راهبرد دوم به مراتب بیشتر از راهبرد اول خواهد بود. به این معنی که توصیه به تغییر الگوی کشت کشاورزان با رعایت عمق آبیاری پیشنهادی، منافع اقتصادی بیشتری را به همراه خواهد داشت. این درحالی است که اجرای مدل برنامه ریزی غیر خطی مصالحه‌ای فازی به عنوان راهبرد سوم، هرچند که منافع اقتصادی کمتری را نسبت به راهبرد دوم در پی‌داشته است، ولی اهداف دیگر تصمیم گیرنده شامل ثبات درآمدی به دلیل در نظر گرفتن هدف حداقل کردن ریسک، توسعه پایدار و حفظ محیط زیست به دلیل در نظر گرفتن اهداف حداقل کردن مصرف آب و کود اوره و منافع اجتماعی به دلیل در نظر گرفتن هدف حداکثر کردن سطح اشتغال نیروی کار نیز مورد توجه قرار گرفته است. براساس نتایج این راهبرد، می‌توان در شرایط شوری متفاوت به بخشی از سطوح آرمانی اهداف در نظر گرفته شده که از لحاظ قیود تحمیلی به مدل، در تناقض با یکدیگر نباشند، دست یافت. مهمترین این آرمان‌ها حداقل کردن ریسک بود که در شرایط شوری مختلف، ضمن تأمین بازده برنامه‌ای الگوی جاری، حداکثر ثبات درآمدی را برای تصمیم‌گیرنده به همراه دارد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

با استفاده از داده‌های آماری، میدانی و اطلاعات حاصل از سایر تحقیقات، می‌توان به یک مدل پارامتریک جهت تدوین الگوی بهینه زراعی مبتنی بر اهداف چندگانه دست یافت. در این مدل، با دادن اطلاعات اولیه‌ای چون EC آب، قیمت‌های پیش بینی شده محصولات و وزن هر یک از اهداف آرمانی تصمیم‌گیرنده به عنوان متغیر، می توان الگوی بهینه‌ای با ارائه سطح، عمق آبیاری مناسب و میزان کاربرد سایر نهاده های تولیدی در کشت محصولات مختلف، به کشاورزان جهت اخذ تصمیم منطقی زراعی پیشنهاد کرد. نتایج حاصله نشان می‌دهد که هر چند که منافع اقتصادی الگوی مصالحه‌کنندهٔ بین اهداف در سطح بحرانی که همان الگوی جاری کشت محصولات است، ثابت باقی مانده است، ولی به دلیل لحاظ

Archive of SID

www.SID.ir

سایر اهداف تصمیم‌گیرنده از توجیه بیشتری برخوردار است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با تغییر عمق آبیاری و سطح زیر کشت محصولات به همراه توصیهٔ کودی منطبق با نتایج راهبرد سوم، می‌توان به تأمین حداکثری برآیند سطوح آرمانی اهداف در نظر گفته شده دست یافت و درجه عدم امکان دستیابی به این سطوح را مشخص کرد. به این ترتیب توصیه می‌شود که کاربرد نتایج این مدل در حوضه زاینده‌رود به عنوان ابزار تصمیم‌گیری، مورد آزمون قرار گیرد.

از جمله محدودیت‌های این مطالعه، کمبود تحقیقات صورت گرفته در خصوص تأثیر متقابل مقادیر مختلف کود و آب مصرفی در شرایط تغییر کیفیت آب و همچنین، مدل‌های رشد گیاهی مبتنی بر شرایط شوری، کیفیت خاک و سطوح کاربرد حاصلخیز کننده ها، برای بسیاری از محصولات زراعی حوضه بود. بنابراین توصیه می‌شود، به منظور ارائهٔ مدل‌های تصمیم‌گیری با قابلیت اعتماد بیشتر، تحقیقات لازم در زمینه‌های مذکور در سطح حوضه صورت پذیرد.

مراجع

آذر، ع. و فرجی ح. (۱۳۸۱). علم مدیریت فازی. انتشارات اجتماع، تهران.

اسدپور، ا. (۱۳۸۴). نظریه و کاربرد مدل برنامه ریزی فازی در تولید محصولات زراعی. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ویژه نامه بهره وری و کارآیی، ۳۰۷-۳۳۸.

بابا اکبری ساری، م. و ج. ملکوتی (۱۳۸۶). تاثیر بافت خاک در افزایش کارائی زراعی و درصد بازیافت ظاهری کودهای نیتروژنه در گندم. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، ۴ تا ۶ شهریور ۱۳۸۶، کرج، ۶۸۵-۶۸۷.

بی نام. (۱۳۷۶). گزارش طرح جامع احیاء و توسعه کشاورزی و منابع طبیعی حوضه های آبخیز زاینده‌رود- اردستان، مهندسین مشاور یکم، مؤسسه پژوهش های برنامه ریزی و اقتصاد کشاورزی، تهران.

بی نام. (۱۳۷۷). استراتژیهای مدیریت ملی منابع آب در ایران. فصلنامه آب و توسعه، ۸ (۱۷): ۵۱-۶۴.

بی نام. (۱۳۸۰). گزارش وضعیت بحرانی منابع آب در حوزهٔ زاینده‌رود. انتشارات شرکت آب منطقه‌ای اصفهان و چهار محال و بختیاری، اصفهان.

بی نام. (۱۳۸۲). بررسی مزیتهای نسبی محصولات کشاورزی منتخب. مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، تهران.

بی نام. (۱۳۸۵)، سطح زیر کشت، تولید و عملکرد محصولات زراعی استان اصفهان در سال ۸۴-۱۳۸۳. سایت : www.esfahan.agri-jahad.ir. مدیریت طرح و برنامه. سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان، اصفهان.

سلیمانی پور، ا. و نیکوئی ع. (۱۳۷۹)، تأثیر تغییرات کمی و کیفی آب آبیاری محصول پنبه بر الگوی بهینه زراعی منطقه رودشت اصفهان. مجموعه مقالات سومین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، اسفند ۱۳۷۹، مشهد، ۱-۱۹.

Barnes, E.M. and Jones D. (2000). Fuzzy composite programming to combine remote sensing and crop models for decision support in precision crop management. Agricultural Systems, 65: 137-158.

Bender, M.J and Simonovic S.P. (2000). A fuzzy compromise approach to water resource systems planning under uncertainty. Fuzzy Sets and Systems, 115: 35-44.

Droogers, P. and Torabi M. (2002). Field scale scenarios for water and salinity management by simulation modeling. IAERI-IWMI Research Reports 12, Iran, 28 P.

Droogers, P., Akbari M., Torabi M. and Pazira E. (2000), Exploring field scale salinity using simulation modeling, example for Rudasht area, Isfahan province, Iran. IAERI - IWMI Research Reports 2, Iran, 19 P.

Ghosh, S. and Mujumdar P.P. (2006). Risk minimization in water quality control problems of river system. Advances in Water Resources, 29: 458-470.

Gieske, A., Mamanpoush A.R., Akbari M., Miranzadeh M., Torabi M. and Salemi H.R. (2002). Crop and land cover classification by landsat 7- Zayandeh Rud Basin, Iran. IAERI-IWMI Research Report 11, Iran, 34 P.

Hannan, E.L. (1981), On fuzzy goal programming. Decision Science, 12 (3): 522-531.

Hazell, P.B.R. and R.D. Norton. (1986). Mathematical programming for economic analysis in agriculture. McMillan, New York.

Kijne, J.W., S.A. Prathapur, M.C.S. Woperis, and K.L. Sahrawat (1996). How to manage salinity in irrigated lands: A selective review with particular reference to irrigation in developing countries. International Irrigation Management Institute, Colombo, SriLanka, 33 P.

Maqsood, I., Huang G.H. and Yeomans J. S. (2005). An interval-parameter fuzzy two-stage stochastic program for water resources management under uncertainty. Euopean Journal of Operational Research, 167: 208-225.

Narasimhan, R. (1980), Goal programming in a fuzzy environment. Decision Science, 11: 325-336.

Torkamani, J. (2005). Using a whole-farm modelling approach to assess prospective technologies under uncertainty. Agricultural Systems, 85: 138-154.

Torkamani, J. (2006). Measuring and incorporating farmers' beliefs and preferences about uncertain events in decision analysis: A stochastic

Archive of SID

www.SID.ir

programming experiment. Indian Journal of Agricultural Economics, 61(2): 185-199.

Van Dam, J.C., J. Huygen, J.G. Wessling, R.A. Feddes, P. Kabat, P.E.V. Van walsum, P. Groenendijk, and C.A. Van Diepen. (1997). Theory of SWAP version 2.0. Technical Document 45, Wageningen Agricultural University and Dlo Winand Staring Center.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and Control 8: 338-353.

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۱۱
تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۱۸

Archive of SID

www.SID.ir

Water use management at different salinity level to release multi-objectives of farmers in Zayandeh Rud basin

A. Nikoue[1]*, J. Torkamani[2] and A. Mamanpoush[3]

Abstract

Decision makers' objective in selecting different cropping activities usually isn't a specific object and they must establish a balance between outcomes of conflicting and competing objectives. This paper introduces a method for driving a multi-objectives cropping pattern in water resources management of Zayandeh Rud Basin by using researches, statistical and survey data. The framework of this method was fuzzy compromise non-linear programming (FCNLP) in which optimal irrigation depth was obtained by SWAP model at different salinity conditions. Results showed that although the economic benefit of this model was set at current crop pattern, but this model also release 99.2 and 39.1 percent of two objectives' ideal levels including water use minimization and gross margin constancy maximization, respectively, at zero salinity condition. It will release 76.6, 14.8 and 98.8 percent at 4 dS m^{-1} salinity level and 97.7, 14.3 and 2.2 percent at 7 dS m^{-1} salinity level, respectively for minimizing risk, maximizing employment and minimizing urea fertilizer objectives' ideal levels. These levels have been obtained by changing areas of crops including wheat, alfalfa, sugar beet, rice and vegetables and change in irrigation depth and fertilizer use. As a result of these changes, Fuzzy composite distance would be maximized and 47.5, 41.2 and 41.1 percent of total ideal levels, respectively at zero, 4 and 7 dS m^{-1} salinity levels would be released by considering the objectives' related weight of studied decision makers. This approach was diagnosed as superior strategy compared to other ones which followed individual goals including maximum production efficiency and profits, with or without change in the crop pattern and suggested to test at the farms level of basin.

Keywords: Water, Optimization, Fuzzy, Salinity, Risk, Employment

Archive of SID

1- Faculty of agricultural economic and rural development department, Agricultural and Natural Resources Research Center, Esfahan Province
(* - Corresponding author Email: anikooie@yahoo.com)
2- Professor of Agricultural Economics department, Shiraz University
3- Faculty of agricultural engineering research department, Agricultural and Natural Resources Research Center, Esfahan Province

www.SID.ir