اقتصادکشاورزی و توسعه، سال بیستم، شماره ۷۹، پاییز ۱۳۹۱

تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی با تأکید بر حداکثر کردن منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی

مطالعه موردی منطقه ورامین

دکترصادق خلیلیان*، دکتر امیرحسین چیذری**، رضا افسری بادی***

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۰/۴/۴

چکیده

هدف مطالعه حاضر ارائه روشی جهت تعیین الگوی بهینه کشت با تأکید بر حداکثرکردن منافع اجتماعی و خالص واردات آب مجازی منطقه ورامین است. به همین منظور ابتدا مقدار آب مجازی و منافع اجتماعی محصولات محاسبه و سپس مدل برنامه‌ریزی ریاضی با استفاده از داده‌های سال ۱۳۸۷-۸۸ تخمین زده شد.در ادامه به‌منظور اصلاح مدل جهت تقویت واردات خالص آب مجازی با استفاده از مدل HSJ[1]، سطح زیر کشت گندم و جو به‌عنوان محصولات وارداتی به‌صورت جداگانه و با هم و همچنین سطح زیر کشت محصولات صادراتی با هم حداقل شدند.

*دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران e-mail:khalil_s@modares.ac.ir

**استادیار دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی دانشگاه تهران

*** کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسئول)

e-mail:rezaafsari64@gmail.com

1. Hop-Skip-Jump Model

با توجه به نتایج به‌دست آمده، الگوی کشت منطقه ورامین الگویی بهینه نبوده و توجه به واردات خالص آب مجازی در منطقه ورامین موجب شده است تا تنها محصول گندم در منطقه ورامین کشت شود و لذا آب مجازی را می‌توان در مناطق کم آب به‌عنوان روشی مناسب جهت مدیریت تقاضای آب مورد استفاده قرار داد و الگوی کشت را به گونه‌ای مدیریت کرد که منابع آب در دسترس منطقه کمتر اتلاف شوند.

طبقه‌بندی JEL: R14,Q18,Q25

کلیدواژه‌ها:

الگوی کشت، منافع خالص اجتماعی، آب مجازی، واردات، ورامین

مقدمه

در مبانی و متون مربوط به استفاده بهینه از منابع آب و کاهش ضایعات و تلفات آن در دهه اخیر، بحث جدیدی تحت عنوان آب مجازی مورد توجه واقع شده است. آب مجازی اولین بار در سال ۱۹۹۷ به‌عنوان آبی که برای تولید یک واحد محصول استفاده شده است، تعریف گردید(Allan,1997). از آنجا که جابه‌جایی مقادیر فراوان مواد غذایی ساده‌تر از جابه‌جا کردن حجم عظیمی از آب می‌باشد، مبادله جهانی کالاهای اساسی راهی است که توسط آن، اقتصادهای دارای کمبود آب، ذخایر آب خود را متوازن می‌سازند. آب مجازی همراه با آب بومی یا محلی امکان پاسخگویی به نیازهای آب در سطح ملی را فراهم می‌سازد (Allan,1997). این امر در حقیقت مفهوم آب مجازی را شکل می‌دهد.

دشت حاصلخیز ورامین یکی از مستعدترین مناطق کشاورزی ایران است و به سبب نزدیکی به تهران، جایگاه ویژه‌ای در بخش کشاورزی دارد. از عمده‌ترین محصولاتی که در این منطقه به زیر کشت می‌روند گندم، جو، سبزی و صیفیجات هستند (آمارنامه وزارت جهادکشاورزی،۱۳۷۹). کمبود آب کشاورزی در شهرستان ورامین، بیش از۲۰ هزار هکتار

زمینهای زراعی این شهرستان را در آستانه بحران قرار داده است؛ لذا در این مطالعه با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی، الگوی بهینه‌ای با تأکید بر حداکثر واردات خالص آب مجازی و حداکثر منافع خالص اجتماعی در دشت ورامین تعیین شد.

آلن (Allan, 2003) در مقاله‌ای تحت عنوان «آب مجازی ابزاری در جهت از بین بردن جنگهای آبی؛ مطالعه موردی خاورمیانه» بیان کرد که خاورمیانه از منابع آب شیرین اندکی در سطح جهان برخوردار است. با اینکه در خاورمیانه منابع آبی به مقدار زیادی کاهش پیدا کرده‌اند و به واسطه افزایش جمعیت، تقاضای آنها برای آب افزایش پیدا کرده، اما ارتباطات بین‌المللی در زمینه آب مجازی، باعث کاهش وخامت آبی برای آنها شده است. کشورهایی که واردکننده غله به کشورشان هستند در حقیقت آب شیرین خود را به سمت تولید گندم مورد نیازشان برده‌اند، همچنان که در سال ۲۰۰۰، خاورمیانه و آفریقای شمالی با وارد کردن ۵۰ میلیون غله، منابع آبی شیرین خودشان را به سمت دیگر بخشهای تولید غذا بردند. اقتصاد جهانی مصرف آب و تجارت، تأثیر زیادی در دریافت آب در خاورمیانه داشته است اما این موضوع باعث دورشدن خاورمیانه از بهبود کارایی آب به‌دلیل وارد شدن آب مجازی شده است.

ارل و تورتن (Earle and Turton, 2003)، در مقاله خود تحت عنوان «تجارت آب مجازی در بین کشورهای عضو انجمن توسعه کشورهای آفریقای جنوبی» مشاهده کردند که این کشورها با دو برابر کردن بهره‌وری آب، به خوبی آبخیز شده‌اند. ایالتهای مشخص شده سطوح بالایی از فشار بر روی آب را در دو دهه آینده پیش‌بینی کرده‌اند. در حال حاضر جریانهای آبی در این بخش به‌عنوان آب مجازی، از وارد کردن غله جابه‌جا شده بین کشورها به‌وجود آمده است. تفاوتهای موجود بین مقدار آب در دسترس برای هر کشور موجب شد تا روشهایی جهت تکیه کردن بر آب مجازی در بین این ایالتها به‌وجود آید. این تفاوتها تنها به‌دلیل تکیه بر آب مجازی نیست، اما همچنان عواملی هستند که تکیه بر آب مجازی را ممکن می‌سازند. این مطالعه عواملی را که موجب تکیه بر آب مجازی می‌شوند و از سویی، واکنش

بین امنیت غذایی و شرایط تجاری کالاهای کشاورزی در سطح بین‌المللی را در کشورهای انجمن توسعه کشورهای آفریقای جنوبی بررسی کرد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سطح تجارت آب مجازی بین ایالتهای انجمن توسعه کشورهای آفریقای جنوبی بسیار پایین است و هنوز ایالتهایی در بین انجمن توسعه کشورهای آفریقای جنوبی وجود دارند که موقعیت خوبی در تولید غله دارند به‌طوری که همچنان یک بازارخوب برای این غله در ایالتهایی که با فشارهای آبی روبه‌رو هستند وجود دارد. ارل و تورتن پیشنهاد کردند این ایالتها به‌منظور کاهش فشارهای آبی باید در تولید غله و ساختار حمل و نقل بهتر آبی سرمایه‌گذاری کنند.

صبوحی و سلطانی (۱۳۸۷)، در مقاله‌ای تحت عنوان «بهینه‌سازی الگوهای کشت در سطح حوضه آبریز با تأکید بر منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی منطقه خراسان» مدلی در سطح حوضه آبریز را در ۵ سطح از ریسک در مقدار آب در دسترس و سه سطح بازده آبیاری ۳۵، ۴۵، ۶۵ درصد در مقدار آب آبیاری مطرح کردند. این تحقیق نتایج مختلفی در سطوح ریسک و بازده نشان داده است به‌طوری‌که برخی از مدلها در وضعیت مناسب از لحاظ واردات آب مجازی قرار داشتند. این دو محقق در پایان بیان کردند به‌منظور اظهارنظر روشنتر در مورد مدلها نیاز به اطلاعات بیشتری می‌باشد. این مطالعه اولین گام به سمت این موضوع به‌شمار می‌آید.

اگر مفهوم آب مجازی برای تعیین مقدار دقیق آب مطرح شود، به‌طور خاص دو دیدگاه متفاوت تاکنون برای آن آورده شده است. در یک دیدگاه، مقدار آب مجازی به‌عنوان حجم آبی تعیین می‌شود که به‌طور واقعی در تولید محصول مصرف می‌گردد که این دیدگاه به شرایط تولید شامل مکان و زمان و کارایی مصرف آب بستگی خواهد داشت. در دیدگاه دوم، مصرف‌کننده، بیشتر از تولیدکننده مدنظر بوده است. در این دیدگاه، حجم آب مجازی یک محصول مقدار آب مورد نیاز برای تولید همان محصول هنگامی است که محصول مصرف می‌شود. همچنان که در مطالعات اخیر مشاهده می‌شود، دیدگاه دوم بیشتر از دیدگاه اول مورد استفاده قرار گرفته است. به همین دلیل در این مطالعه با انجام یک تحقیق در حوضه

آبریز متفاوت با مطالعه صبوحی و همکارانش با استفاده از دیدگاه اول (برخلاف تحقیقات صورت گرفته به وسیله آلن و ارل و همکارانش) نتایج متفاوت حاصل شد. نتایج مطالعات در سطح کشورها و منطقه نشان می‌دهد که آب مجازی را می‌توان به‌عنوان یک ابزار مناسب جهت مدیریت منابع آب و همچنین اتخاذ سیاستهای مناسب به‌منظور جابه جایی آب و محصولات مورد استفاده قرار داد.

روش تحقیق

در این تحقیق جهت محاسبه الگوی کشت مبتنی بر آب مجازی و منافع اجتماعی، ابتدا مقدار آب مجازی و منافع اجتماعی محصولات مورد نظر محاسبه شد و سپس با استفاده از نرم‌افزار QSB، مدل برنامه‌ریزی ریاضی ترکیب فعالیتهای حداکثرکننده منافع اجتماعی و واردات آب مجازی براورد گردید. الگوی مورد استفاده در سطح دشت جهت تعیین الگوی بهینه کشت با تأکید بر واردات آب مجازی و حداکثرسازی منافع اجتماعی با دو محدودیت آب و زمین به‌صورت زیر بیان شد (صبوحی و همکاران، ۱۳۸۷):

$$Max:$$

$$NSP: \sum Y_i \times \left[\left(SP_i - SC_i \right) - VWC_i \times P_w \right] \times X_i$$

محدودیت زمین:

$$\sum_{i=1}^{n} X_i = \overline{X}$$

محدودیت آب:

$$\sum_{i=1}^{n} Y_i * VWC_i * X_i \le \overline{W} + NVWI$$

که در آن Y_i عملکرد تولید محصول i ام، SP_i ارزش اجتماعی یا قیمت سایه‌ای هر واحد محصول i ام در منطقه، SC_i هزینه‌های اجتماعی تولید هر واحد محصول i ام در منطقه بدون هزینه آب، P_w قیمت اجتماعی هر مترمکعب آب است. X_i سطح زیر کشت محصول i ام، $\overline{X}$ کل سطح زیر کشت منطقه و VWC_i مقدار آب مجازی برابر با آب مصرفی یک

کیلوگرم محصولi ام (برحسب مترمکعب بر کیلوگرم) است که مقدار و نحوه رسیدن به آن در ادامه بیان شده است. $\overline{W}$ مقدار کل آب قابل دسترس در منطقه می‌باشد. $NVWI$ نیز خالص واردات آب مجازی در منطقه در یک سال است که مقدار و نحوه رسیدن به آن در ادامه بیان شده است. این محدودیت به‌دلیل اینکه مقدار آب آبیاری در دسترس تصادفی می‌باشد، به‌صورت محدودیت تصادفی براساس آنچه در نظر گرفته شد که چارنز و کوپر ارائه کردند (Charnes & Cooper, 1959).

در ضمن برای دستیابی به یک تخمین صحیح از واردات خالص آب مجازی در الگوی کشت موجود، از رابطه زیر استفاده شد (Hoekstra et al., 2003):

$$NVWI=VWI-VWE \quad (۱)$$

که در آن NVWI خالص واردات آب مجازی منطقه، VWI آب مجازی محصولات وارداتی منطقه و VWE آب مجازی محصولات صادراتی منطقه است.

با توجه به فقدان آمار و اطلاعات مربوط به کل واردات و صادرات در منطقه مورد نظر، از الگوی تراز تجاری به شرح زیر برای رسیدن به مقادیر مورد نظر استفاده گردید(به علت در دسترس‌نبودن اطلاعات کافی فرض گردید محصول ذرت علوفه‌ای و یونجه در منطقه تنها به منظور مصرف‌دام کشت می‌شوند و تراز تجاری آنها صفر است) (صبوحی و همکاران، ۱۳۸۷):

$$C+P=IM+EX \quad (۲)$$

که در آن C مصرف داخلی محصول منطقه، P تولید داخلی محصول منطقه، IM واردات محصول داخلی منطقه، EX صادرات محصول داخلی منطقه می‌باشد.

محاسبه آب مجازی

جهت محاسبه مقدار آب مجازی محصولات کشاورزی مورد مطالعه ابتدا مقدار آب مصرفی محصولات با استفاده از رابطه ۳ محاسبه و سپس از نسبت آب مصرفی گیاه به میزان عملکرد محصول استفاده شد (رابطه۴)(Chapagain et al., 2003):

$$CWU_i = ET_i \times e \quad (۳)$$

$$VWC_i = \frac{CWU_i}{Y_i} \quad (۴)$$

که در آن VWC_i مقدار آب مجازی گیاه i برحسب مترمکعب بر کیلوگرم، ET_i نیاز آبی گیاه i برحسب مترمکعب بر هکتار (که در این تحقیق با استفاده از دو نرم‌افزار NETWAT و OPTIWAT که زیر نظر سازمان هواشناسی کشور طراحی گردیده‌اند، مقدار نیاز آبی گیاهان مورد مطالعه در دشت به‌دست آمد)، Y_i میزان عملکرد گیاه i برحسب کیلوگرم بر هکتار، CWU_i مقدار آب مصرفی گیاه i برحسب مترمکعب بر هکتار و e بازده آبیاری می‌باشد.

محاسبه منافع خالص اجتماعی

سودآوری نشاندهنده مزیت نسبی یا کارایی در نظام کشاورزی است. سودآوری اجتماعی یک شاخص کارایی است، زیرا ستانده‌ها و نهاده‌ها براساس کمیاب شدن یا براساس هزینه فرصتشان محاسبه می‌شوند. محاسبه سودآوری براساس ارزشهای خصوصی یا بازاری نشاندهنده رقابت‌پذیری نظام کشاورزی با توجه به فناوری فعلی، ارزش ستانده‌ها، هزینه نهاده‌ها و سیاستهای اعمال شده می‌باشد، در حالی که سودآوری اجتماعی یک شاخص کارایی است، زیرا در محاسبه سودآوری اجتماعی درآمدها و هزینه‌ها براساس قیمتهای اجتماعی تعیین می‌شوند که این قیمتهای اجتماعی نشاندهنده هزینه فرصت اجتماعی و کمبود آن کالا می‌باشند. زمانی که سودآوری اجتماعی منفی باشد، فعالیت تولیدی مورد نظر بدون کمک و حمایتهای دولت دوام نمی‌آورد و چنین فعالیت تولیدی منابع کمیاب را هدر می‌دهد(جولایی و همکاران،۱۳۸۴). در این تحقیق برای محاسبه مزیت نسبی محصولات در منطقه و حداکثر کردن منافع خالص اجتماعی از معیار منافع خالص اجتماعی (NSP) استفاده شد. این معیار سود حاصل از تولید محصول را با به‌کارگیری قیمتهای سایه‌ای محصول و نهاده‌های تولید داخلی و خارجی محاسبه می‌کند. این شاخص از کسر هزینه‌های سایه‌ای از درآمد سایه‌ای حاصل می‌شود و مبین سودآوری اجتماعی محصول است. نتایج مربوط به سود اجتماعی

محصولات با استفاده از هزینه‌های اجتماعی بذر مصرفی، کود شیمیایی، کود حیوانی، سموم شیمیایی، ماشین‌آلات، نیروی کار، زمین و آب مصرفی(هزینه استحصال آب) حاصل شده و جهت محاسبه درآمد نیز از قیمتهای سایه‌ای محصولات استفاده گردیده است. اگر هزینه فرصت محصول، نهاده‌های تولید داخلی و نهاده‌های تولید خارجی به‌ترتیب با P_t, P_d, P نشان داده شوند، آنگاه می‌توان منافع خالص اجتماعی (NSP) را به‌صورت زیر تعریف کرد:

$$NSP = P \times Q - P_d \times X_d - P_t \times X_t \qquad (۵)$$

که در آن Q مقدار محصول تولید شده، X_d مقدار نهاده‌های تولید داخلی مصرف شده در محصول و X_t مقدار نهاده‌های تولید خارجی مصرف شده در محصول می‌باشند و P_t, P_d, P به‌ترتیب هزینه فرصت محصول، نهاده‌های تولید داخلی و نهاده‌های تولید خارجی هستند. اگر NSP بزرگتر از صفر باشد، در تولید محصول مزیت نسبی وجود دارد و در غیر این صورت فعالیت اجتماعی فاقد سودآوری اجتماعی و مزیت نسبی است(مؤسسه پژوهشهای برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی،۱۳۸۲).

در این مطالعه برای دستیابی به ارزش سایه‌ای محصولات و نهاده‌های قابل تجارت، از روش براورد قیمتهای جهانی در سر مرز استفاده شد، بدین صورت که برای آن دسته از محصولات وارداتی در سال زراعی مورد مطالعه از قیمتهای سیف آنها در سر مرز و برای محصولات صادراتی از قیمتهای فوب آنها در سر مرز، پس از تبدیل برحسب پول داخلی به‌عنوان ارزش‌های سایه‌ای، استفاده گردید (مؤسسه پژوهشهای برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی،۱۳۸۲). به همین منظور برای محاسبه هزینه‌های تولید، هزینه مربوط به انواع کودهای شیمیایی (شامل: کود نیترات آمونیوم، سوپر فسفات‌ها و پتاسه)، انواع سموم دفع آفات نباتی (شامل: قارچ‌کش، علف‌کش و حشره‌کش)، بذر محصولات و کیسه جهت بارگیری محصولات جزو هزینه عوامل تولید قابل تجارت در نظر گرفته شدند. از سوی دیگر، هزینه‌های مربوط به عوامل تولید نیروی کار، زمین، آب و کود حیوانی به‌دلیل عدم مبادله در بازارهای جهانی جزو هزینه عوامل تولید غیر قابل تجارت در نظر گرفته شدند که در ادامه به روش محاسبه هریک از عوامل تولید پرداخته شده است.

قیمت بازاری، یا قیمتی که کشاورزان بابت مصرف آب می‌پردازند، تحت تأثیر عوامل متعددی مانند زمان آبیاری در منطقه و نوع منبع آب است. برای ایجاد آب عملاً هزینه‌ای پرداخت نمی‌شود، بلکه فقط هزینه استحصال آن اهمیت دارد و لذا تنها هزینه استحصال آب به‌عنوان قیمت سایه‌ای در نظرگرفته شد (مؤسسه پژوهشهای برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، ۱۳۸۲).

نیروی کار بر خلاف نهاده‌هایی مثل سم، کود و ماشین به راحتی قابل نقل و انتقال نیست. جابه‌جایی نیروی کار علاوه بر اینکه هزینه قابل توجهی دارد، به‌دلیل وابستگیهای اجتماعی و خانوادگی و فرهنگی به راحتی ممکن نیست. در این مطالعه برای تعیین ارزش سایه‌ای نیروی کار از گرانترین دستمزد نیروی کار بخش کشاورزی در سال زراعی مورد مطالعه استفاده گردید و برای محاسبه هزینه فرصت زمین، بیشترین اجاره بهای پرداختی زمین برای هر محصول به‌عنوان ارزش سایه‌ای زمین مورد استفاده قرار گرفت. از آنجا که ارزش بازاری یا اجاره بهای زمین به‌دلیل برخی حمایتهای دولت و پرداخت یارانه به نهاده‌ها به‌صورت کاذب افزایش می‌یابد، از این‌رو اجاره بهای پرداختی نمی‌تواند ارزش حقیقی زمین باشد؛ بنابراین، ضریب ۹۰ درصد به‌عنوان ضریب تعدیل اجاره بهای زمین در نظر گرفته شد(مؤسسه پژوهشهای برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی،۱۳۸۲).

کود حیوانی یک تولید فرعی و جانبی است و بنابراین، رانت و یارانه‌ای در تولید آن مطرح نیست و قیمت آن در بازار رقابتی و براساس عرضه و تقاضا تعیین می‌شود؛ لذا قیمت سایه‌ای کود حیوانی برابر با قیمت بازاری آن فرض می‌گردد. در مورد هزینه ماشین‌آلات به‌دلیل ماهیت دوگانه آن، با در نظر گرفتن میزان واردات و صادرات انواع ماشین‌آلات کشاورزی، ۶۴ درصد هزینه کل به‌عنوان هزینه نهاده غیرقابل تجارت و ۳۶ درصد به‌عنوان هزینه نهاده‌های قابل تجارت در نظر گرفته شد. هزینه ماشین‌آلات محصولات زراعی عمدتاً ناشی از به کارگیری انواع تراکتور، سمپاش، موتور آب، کمباین، خرمن کوب و... است. در

بین ماشین‌آلات، عملیات مربوط به تراکتور بیشتر از بقیه می‌باشد. با تراکتور عملیات شخم، دیسک، ماله‌کشی، بذر پاشی، سمپاشی و نظایر آن انجام می‌گیرد و لذا برای تعیین قیمت سایه‌ای هزینه‌های ماشین‌آلات، قیمت سایه‌ای تراکتور محاسبه می‌گردد و نتیجه به‌عنوان قیمت سایه‌ای کل ماشین‌آلات تعمیم داده می‌شود (مؤسسه پژوهشهای برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، ۱۳۸۲). از بین تراکتورهای مورد استفاده درایران، تراکتور MF285 رایجترین تراکتور است و لذا در این تحقیق بالاترین قیمت صادراتی این نوع تراکتور به‌عنوان قیمت سایه‌ای ماشین‌آلات در نظر گرفته شد.

در تحقیق حاضر مبنای محاسبه نرخ واقعی ارز تعریف نرخ ارز براساس قدرت برابری خرید می‌باشد. در نظریه برابری قدرت خرید، قیمت کالاهای تجاری یا سطح عمومی قیمتها بین دو کشور تعیین‌کننده نرخ ارز تعادلی هستند که نرخ واقعی ارز به‌صورت زیر بیان می‌شود(مؤسسه پژوهشهای برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی،۱۳۸۲):

$$RER = ER \times \frac{PT}{PN} \qquad (۶)$$

که در آن RER نرخ واقعی ارز، ER نرخ اسمی ارز، PT شاخص قیمتهای داخلی و PN شاخص قیمتهای خارجی است (مؤسسه پژوهشهای برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی،۱۳۸۲).

اصلاح مدل جهت تقویت واردات آب مجازی

در روش‌برنامه‌ریزی‌خطی‌بهینه تقریبی‌از فنون‌متفاوتی‌استفاده‌می‌شود(Geidely etal.,1986) که یکی از آنها روش HSJ [1] می‌باشد. در این روش نخستین گام، حل مسئله اصلی برای تعیین جواب بهینه و مقدار تابع هدف می‌باشد. مرحله بعد، لحاظ کردن تابع هدف به محدودیتهای مدل است که منجر به مجموعه فرصت جدیدی برای مدل اصلی می‌گردد. در این روش از مقدار بهینه جواب مدل مرجع درصدی کم یا اضافه شده و در سمت راست محدودیت جدید

1. Hop-Skip-Jump

قرار می‌گیرد به‌طوری‌که در این تحقیق با توجه به تحقیق پایه[1] و صلاحدید محقق، درصد مذکور به میزان ۳ درصد در نظر گرفته شد و در مرحله آخر توابع هدف مختلف با توجه به جواب اصلی مدل اولیه برای این مجموعه فرصت جدید منظور گردید (صبوحی و همکاران،۱۳۸۷). در این مطالعه پس از حل مدل مرجع، تابع هدف به محدودیتهای مدل اضافه شد و سپس توابع هدف (حداقل کردن سطح زیر کشت محصولات وارداتی مانند گندم و جو به تنهایی و با هم و صادراتی مانند خیار، گوجه‌فرنگی و کاهو برای تعیین الگوهای بهینه کشتی حل شد که علاوه بر حداکثر کردن منافع اجتماعی از لحاظ خالص واردات آب مجازی در شرایط مناسبتری باشند. مدل HSJ مورد نظر به‌صورت زیر می‌باشد (۱ تا ۴ توابع هدفی هستند که به‌ترتیب در هر بار حل مدل، حداقل می‌شوند):

$$(1)\ \min\ : X1$$
$$(2)\ \min\ : X2$$
$$(3)\ \min\ : (X1 + X2)$$
$$(4)\ \min\ : (X5 + X6 + X7)$$
$$s.t$$
$$\sum Y_i \times \left[(SP_i - SC_i) - VWC_i \times P_w\right] \times X_i \geq (1 - \%3) \times NSP$$
$$\sum_{i=1}^{n} X_i = \overline{X}$$
$$\sum_{i=1}^{n} Y_i * VWC_i * X_i \leq \overline{W} + NVWI$$
$$X_i \geq 0$$

در روابط بالا X_1 سطح زیر کشت گندم می‌باشد که مقدار آن در تابع هدف اول حداقل شده است. X_2 نیز سطح زیر کشت جو می‌باشد که مقدار آن در تابع هدف دوم حداقل شده است. همچنین تابع هدف سوم حداقل کردن همزمان سطح زیر کشت گندم و جو را نشان می‌دهد. X_5 نیز سطح زیر کشت خیار، X_6 سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی، X_7 سطح زیر کشت کاهو می‌باشد که سطح زیر کشت آنها به‌طور همزمان حداقل شده‌اند. Y_i هم

۱. صبوحی، م. و غ. سلطانی (۱۳۸۷)، بهینه‌سازی الگوهای کشت در سطح حوضه آبریز با تأکید بر منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی: مطالعه موردی منطقه خراسان، *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۲ (۴۳): ۲۹۷-۳۱۳.

عملکرد تولید محصول i ام، SP_i ارزش اجتماعی یا قیمت سایه‌ای هر واحد محصول i ام در منطقه، SC_i هزینه‌های اجتماعی تولید هر واحد محصول i ام در منطقه بدون هزینه آب، P_w قیمت اجتماعی هر مترمکعب آب و NSP میزان کل مزیت نسبی منطقه می‌باشد. همچنین X_i سطح زیر کشت محصول i ام، $\overline{X}$ کل سطح زیر کشت منطقه و VWC_i مقدار آب مجازی است که برابر با آب مصرفی یک کیلوگرم محصولi ام (برحسب مترمکعب بر کیلوگرم) می‌باشد و $\overline{W}$ مقدار کل آب قابل دسترس در منطقه است. سرانجام $NVWI$ خالص واردات آب مجازی در منطقه در یک سال می‌باشد.

در این تحقیق از آمار و اطلاعات مربوط به سالهای زراعی ۱۳۸۷–۸۸ در منطقه ورامین استفاده شده است. آمار و اطلاعات مربوط به میزان تولیدکل، سطح زیر کشت، عملکرد در هکتار و هزینه‌های تولید هر یک از محصولات مورد مطالعه از پرسشنامه‌های سالانه جهادکشاورزی شهرستان ورامین جمع‌آوری شد. آمار و داده‌های مربوط به قیمتهای جهانی محصولات و نهاده‌ها و آمار مربوط به نرخ ارز و شاخصهای قیمت نیز به‌ترتیب از سایت فائو و نشریات صندوق بین‌المللی پول وابسته به بانک جهانی به‌دست آمد. همچنین قیمتهای سر مرز محصولات و نهاده‌ها برای ایران و آمار مربوط به قیمتهای داخلی نیز به‌ترتیب از سالنامه‌های آمار بازرگانی خارجی کشور و آمارنامه‌های مرکز آمار ایران جمع‌آوری گردید.

نتایج و بحث

میزان آب مصرفی محصولات منتخب در منطقه با استفاده از رابطه ۳ به‌دست آمد. سپس با استفاده از رابطه ۴ میزان آب مجازی محصولات مورد بررسی محاسبه شد. نتایج حاصل از محاسبه میزان آب مجازی با استفاده از دو رابطه یاد شده در جدول ۱ نشان داده شده است. چنانکه پیداست، در صورت واردات محصولات، به ازای هر کیلوگرم گندم، جو، ذرت علوفه‌ای، یونجه، خیار، گوجه‌فرنگی و کاهو به‌ترتیب ۲/۱، ۲/۲، ۰/۴۱، ۱/۸۳، ۰/۳۷، ۰/۶۵، ۰/۳۵ مترمکعب‌واردات‌آب‌مجازی به‌دست می‌آید. جو، گندم و خیار به‌دلیل عملکرد پایین تراز سایر محصولات، به‌ترتیب در مقایسه با سایر محصولات، مقدار آب مجازی بالایی دارند.

جدول ۱. میزان آب مصرفی، عملکرد و میزان آب مجازی محصولات مورد بررسی

شرح	گندم	جو	ذرت علوفه‌ای	یونجه	خیار	گوجه	کاهو
آب مصرفی یک هکتار از محصول (مترمکعب در هکتار)	۱۱۴۴۰	۱۰۰۸۰	۲۲۳۹۰	۱۷۴۰۰	۱۴۷۶۰	۲۳۴۴۰	۱۷۶۶۰
عملکرد یک هکتار از محصول (کیلوگرم در هکتار)	۵۵۰۰	۴۵۰۰	۵۵۰۰۰	۱۵۰۰۰	۴۰۰۰۰	۳۶۰۰۰	۵۰۰۰۰
میزان آب مجازی محصول (مترمکعب در کیلوگرم)	۲/۱	۲/۲۴	٪۴۱	۱/۸۳	٪۳۷	٪۷	٪۳۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتایج محاسبه مزیت نسبی محصولات مورد مطالعه

براساس نتایج به‌دست آمده از جداول ۲ و ۳، بیشترین قیمت سایه‌ای مربوط به محصول گندم به میزان ۶۰۴۲ ریال و کمترین، مربوط به ذرت علوفه‌ای به میزان ۵۰۰ ریال می‌باشد. دلیل بالا بودن قیمت سایه‌ای گندم، استراتژیک بودن این محصول است. تفاوت عمده هزینه اجتماعی محصولات مربوط به هزینه بذر بوده که در این باره محصول گندم و جو کمترین هزینه اجتماعی و خیار و گوجه‌فرنگی دارای بیشترین هزینه اجتماعی می‌باشند. از سوی دیگر، همان‌گونه که از جدول ۴ پیداست، در منطقه موردمطالعه محصولات گندم، خیار و گوجه‌فرنگی دارای مزیت نسبی بوده و محصولات ذرت علوفه‌ای، جو، یونجه و کاهو فاقد مزیت نسبی می‌باشند. در این میان، محصولات گندم و خیار از بیشترین منفعت اجتماعی به میزان ۱۶ میلیون ریال و محصول کاهو از بیشترین زیان اجتماعی به میزان ۱۰ میلیون ریال برخوردار است.

جدول ۲. قیمت سایه‌ای محصولات (ریال)

محصول	گندم	جو	ذرت علوفه‌ای	یونجه	خیار	گوجه	کاهو
قیمت سایه‌ای	۶۰۴۲/۲	۲۶۰۸/۱	۵۰۰	۱۵۴۱/۵	۱۴۰۰	۱۳۰۰	۱۲۴۵/۳

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ۳. قیمت سایه‌ای هزینه اجتماعی نهاده‌های قابل تجارت و غیر قابل تجارت (ریال)

محصول / نهاده	کاهو	گوجه	خیار	یونجه	ذرت علوفه‌ای	جو	گندم
کود شیمیایی	۵۸۵۹/۵	۷۱۱۶/۳	۶۷۳۵/۴	۶۶۴۴/۱	۴۸۶۱/۸	۸۳۹۴/۸	۷۵۹۱/۷
کود حیوانی	۱۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰
انواع سموم	۳۳۹۵۲۴/۵	۳۵۸۴۳۲/۵	۳۷۱۰۳۷/۸	۳۵۰۸۶۹/۳	۳۶۳۸۳۴/۸	۳۳۴۲۵۵/۱	۳۳۹۸۴۲/۵
بذر	۱۵۰۰۰۰	۹۵۰۰۰۰	۸۰۰۰۰۰	۴۰۰۰۰	۳۰۰۰۰	۲۱۵۵/۳۸	۲۵۴۹/۷
نیروی کار	۱۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰	۱۵۰۰۰۰
ماشین‌آلات	۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	۱۲۰۰۰۰۰	۸۸۵۰۰۰	۸۸۵۰۰۰	۹۰۰۰۰۰	۱۳۵۰۰۰۰
مواد و لوازم بسته‌بندی	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۱۹۰۰۰	۵۰	۱۰۰	۵۰	۵۰
زمین	۳۶۰۰۰۰۰	۳۶۰۰۰۰۰	۳۶۰۰۰۰۰	۳۶۰۰۰۰۰	۳۶۰۰۰۰۰	۳۶۰۰۰۰۰	۳۶۰۰۰۰۰
آب	۱۷۴	۱۷۴	۱۷۴	۱۷۴	۱۷۴	۱۷۴	۱۷۴

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جدول ٤. سود اجتماعی محصولات مورد بررسی(میلیون ریال)

محصول	سود خالص اجتماعی جاری هر محصول در هر هکتار
گندم	۱۶
جو	-۴/۱
ذرت علوفه‌ای	-۱/۲
یونجه	-۶/۶
خیار	۱۶
گوجه	۸
کاهو	-۱۰

مأخذ: یافته‌های تحقیق

الگوی بهینه کشت در سطح حوضه آبریز

همان‌گونه که بیان گردید، الگوی بهینه کشت در سطح منطقه الگویی است که سود اجتماعی و واردات آب مجازی را حداکثر می‌کند. در این بخش، مدل مرجع با استفاده از نرم‌افزار QSB براورد گردید و نتایج حاصل از اجرای مدل مرجع در جدول ۵ نشان داده شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، در الگوی کشت بهینه مدل تنها محصول گندم به مقدار ۷۰ هزار هکتار حائز اهمیت شده است. در الگوی بهینه کشت نسبت به الگوی کشت موجود، سطح زیر کشت گندم به مقدار ۳۳۷/۵ درصد افزایش یافته و با توجه به صفر شدن سطح زیر کشت مابقی محصولات، این بدان معناست که سایر محصولات از الگوی موجود خارج گردیده‌اند. از طرف دیگر، سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل برابر ۱۱۲۰۰۰۰ میلیون ریال محاسبه گردیده که تفاوت آن با سود خالص اجتماعی موجود ۱۱۱۹۷۲۰/۷ میلیون ریال می‌باشد که این به‌دلیل سود اجتماعی بالای گندم نسبت به سایر محصولات می‌باشد. در این بخش علاوه بر الگوی بهینه کشت، میزان خالص واردات محصولات مورد نظر نیز تعیین شد. خالص واردات آب مجازی در منطقه در الگوی کشت مدل نسبت به الگوی کشت موجود به میزان ۴۶۴ میلیون مترمکعب کاهش پیدا کرده و به عبارتی به میزان ۴۶۴ میلیون مترمکعب آب از منابع آبی منطقه کاسته شده است.

جدول ۵. خالص واردات آب مجازی و الگوی بهینه کشت در سطح حوضه آبریز

شرح	گندم	جو	ذرت علوفه‌ای	یونجه	خیار	گوجه‌فرنگی	کاهو
سطح زیر کشت مدل (هزار هکتار)	۷۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سطح زیر کشت موجود (هزار هکتار)	۱۶	۱۷	۹	۳/۵	۲/۷	۱/۷	۱/۹
درصد تغییر سطح زیر کشت مدل نسبت به الگوی کشت موجود (درصد)	۳۳۷/۵	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰	-۱۰۰
سود خالص اجتماعی جاری هر فعالیت (میلیون ریال)	۱۶	-۴/۱	۳/۶	-۶/۶	۱۶	۸	-۱۰
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل (میلیون ریال)	۱۱۲۰۰۰۰						
سود خالص اجتماعی الگوی کشت جاری (میلیون ریال)	۲۷۹/۳						
تفاوت سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل با الگوی کشت موجود(میلیون ریال)	۱۱۱۹۷۲۰/۷						
خالص واردات آب مجازی الگوی کشت مدل (میلیون مترمکعب)	-۶۳۶						
خالص واردات آب مجازی الگوی کشت موجود (میلیون مترمکعب)	-۱۷۲						
تفاوت خالص واردات آب مجازی الگوی کشت مدل با الگوی کشت موجود (میلیون مترمکعب)	-۴۶۴						

مأخذ: یافته‌های تحقیق

الگوی بهینه کشت در جهت افزایش خالص واردات آب مجازی با تأکید بر حداقل کردن سطح زیرکشت گندم و حداقل کردن سطح زیرکشت همزمان‌گندم و جو(توابع هدف ۱ و ۳)

در این بخش با تخمین مدل HSJ الگوی کشت بهینه با تأکید بر حداقل کردن سطح زیر کشت گندم و حداقل کردن سطح زیر کشت همزمان گندم و جو در جهت افزایش خالص واردات آب مجازی به‌دست آمد به‌طوری‌که تخمین برای هر دو الگوی کشت یکسان شد.

همان‌گونه که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، زمانی که سطح زیر کشت گندم و سطح زیر کشت همزمان گندم و جو حداقل می‌شود، در الگوی بهینه کشت نسبت به الگوی بهینه با تأکید بر حداقل کردن کشت گندم، سطح زیر کشت محصول گندم از ۷۰ هزار هکتار به ۳۴/۲۰۳ هزار هکتار کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، سطح زیر کشت خیار در الگوی بهینه با تأکید بر حداقل کردن سطح زیر کشت گندم با افزایش نسبت به الگوی مرجع به ۲۷/۶۹۱ هزار هکتار رسیده است. در ضمن همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در این حالت سود خالص اجتماعی الگوی کشت بهینه (حداقل کردن گندم) نسبت به الگوی کشت مرجع به میزان ۱۲۹۶۹۶ میلیون ریال کاهش یافته است و لذا می‌توان گفت با کاهش سطح زیر کشت گندم در الگوی کشت، حداکثر شدن خالص واردات آب مجازی حکم می‌کند تا سطح کاهش یافته به محصول خیار (که از خالص واردات آب مجازی پایین‌تری نسبت به محصولات دیگر در منطقه برخوردار است) اختصاص یابد و از آنجا که محصول خیار یک محصول کاربر است، سطح زیادی از منطقه زیر کشت محصولات نخواهد رفت و این امر باعث کاهش در منافع خالص اجتماعی جامعه خواهد شد. این مورد نشان می‌دهد با وارد کردن محدودیت نیروی کار به‌عنوان یک محدودیت مهم در منطقه، الگوی کشت دچار تغییرات زیادی خواهد شد. الگوی بهینه کشت از لحاظ خالص واردات آب مجازی نسبت به الگوی کشت مرجع به میزان ۹ میلیون مترمکعب آب مجازی را در وضعیت بهتری قرار داده است.

جدول ٦. خالص واردات آب مجازی و الگوی کشت در سطح حوضه آبریز با تأکید بر توابع هدف ۱ و ۳

شرح	گندم	جو	ذرت علوفه‌ای	یونجه	خیار	گوجه‌فرنگی	کاهو
سطح زیر کشت مدل با تأکید بر حداقل کردن کشت گندم (هزار هکتار)	۳۴/۲۰۳	۰	۰	۰	۲۷/۶۹۱	۰	۰
سطح زیر کشت الگوی مرجع (هزار هکتار)	۷۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
درصد تغییر سطح زیر کشت مدل نسبت به الگوی کشت مرجع (درصد)	-۵۱	۰	۰	۰	۲۷۶۹/۱	۰	۰
سود خالص اجتماعی جاری هر فعالیت (میلیون ریال)	۱۶	-۴/۱	۳/۶	-۶/۶	۱۶	۸	-۱۰
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل با تأکید بر حداقل کردن کشت گندم(میلیون ریال)	۹۹۰۳۰۴						
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مرجع (میلیون ریال)	۱۱۲۰۰۰۰						
تفاوت سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل با الگوی کشت مرجع (میلیون ریال)	-۱۲۹۶۹۶						
خالص واردات آب مجازی الگوی کشت مدل با تأکید بر حداقل کردن کشت گندم (میلیون مترمکعب)	-۶۲۷						
خالص‌واردات‌آب‌مجازی‌الگوی کشت‌مدل‌مرجع(میلیون مترمکعب)	-۶۳۶						
تفاوت‌خالص‌واردات‌آب‌مجازی الگوی کشت مدل با الگوی کشت مرجع (میلیون مترمکعب)	۹						

مأخذ: یافته‌های تحقیق

الگوی بهینه کشت در جهت افزایش خالص واردات آب مجازی با تأکید بر حداقل کردن سطح زیر کشت جو و سطح زیر کشت محصولات صادراتی خیار، گوجه‌فرنگی و کاهو(توابع هدف ۲ و ٤)

در این بخش، الگوهای کشت بهینه با تأکید بر حداقل کردن سطح زیر کشت جو و سطح زیر کشت محصولات صادراتی در جهت افزایش خالص واردات آب مجازی تخمین زده شد به‌طوری‌که تخمین برای هر دو الگوی کشت یکسان به‌دست آمد.

همان‌گونه که در جدول ۷ مشاهده می‌شود، زمانی که سطح زیر کشت جو و محصولات صادراتی حداقل می‌شود، سطح زیر کشت گندم به میزان ۱۳/۷ درصد نسبت به الگوی کشت مرجع (جدول ۳) کاهش می‌یابد ولی سطح زیر کشت گندم نسبت به الگوی بهینه با حداقل کردن سطح زیر کشت گندم افزایش پیدا می‌کند. در این حالت که سطح زیر کشت جو به‌عنوان یک محصول وارداتی کاهش می‌یابد، حداکثر شدن خالص واردات آب مجازی حکم می‌کند سطح زیر کشت محصولاتی که از خالص واردات آب مجازی بالایی برخوردار هستند افزایش پیدا کند و این الزاماً سطح زیر کشت محصولات صادراتی نخواهد بود. به همین دلیل، سطح زیر کشت گندم نسبت به الگوی کشت مرجع (جدول ۳) کاهش یافته ولی نسبت به الگوی کشت مدلی که گندم در آن حداقل شده (جدول ۴) افزایش پیدا کرده است. در این حالت خالص واردات، آب مجازی به میزان ۱۱۲ میلیون مترمکعب نسبت به الگوی کشت مرجع (جدول ۳) در وضعیت بهتری قرار گرفته است.

جدول ۷. خالص واردات آب مجازی و الگوی کشت در سطح حوضه آبریز با توجه به توابع هدف ۲ و ٤

شرح	گندم	جو	ذرت علوفه‌ای	یونجه	خیار	گوجه‌فرنگی	کاهو
سطح‌زیرکشت‌مدل‌باتأکیدبرحداقل کردن کشت جو(هزار هکتار)	۶۰/۳۵۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سطح زیر کشت الگوی مرجع (هزار هکتار)	۷۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
درصد تغییر سطح زیر کشت مدل نسبت‌به‌الگوی‌کشت مرجع (درصد)	-۱۳/۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰
سود خالص اجتماعی جاری هر فعالیت (میلیون ریال)	۱۶	-۴/۱	۳/۶	-۶/۶	۱۶	۸	-۱۰
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل با تأکید بر حداقل کردن کشت جو (میلیون ریال)	۹۶۵۶۸۰						
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مرجع (میلیون ریال)	۱۱۲۰۰۰۰						
تفاوت سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل با الگوی کشت مرجع (میلیون ریال)	-۱۵۴۳۲۰						
خالص واردات آب مجازی الگوی کشت مدل با تأکید بر حداقل کردن کشت جو (میلیون مترمکعب)	-۵۲۴						
خالص واردات آب مجازی الگوی-کشت مرجع(میلیون مترمکعب)	-۶۳۶						
تفاوت خالص واردات آب مجازی الگوی کشت مدل با الگوی کشت مرجع (میلیون مترمکعب)	۱۱۲						

مأخذ: یافته‌های تحقیق

جمعبندی و پیشنهاد

نتایج این تحقیق نشان داد الگوی کشت حاضر در حوضه آبریز ورامین یک الگوی بهینه نبوده و می‌توان با اجرای مدل توسعه یافته با تأکید بر حداکثرمنافع اجتماعی و خالص واردات آب مجازی، به یک الگوی بهینه در جهت سود اجتماعی بیشتر و مصرف آب کمتر دست یافت. با توجه به نتایج به‌دست آمده در این مطالعه، الگوی بهینه با حداقل کردن سطح زیر کشت محصولات صادراتی و حداقل کردن سطح زیر کشت جو بیشترین آب مجازی را وارد منطقه کرده‌اند و در این الگو تنها محصول گندم به زیر کشت رفته است که این نشان می‌دهد کشت گندم به‌دلیل نیاز آبی کمتر باعث کاهش فشار بر منابع آبی منطقه می‌شود. در پایان پیشنهاد می‌شود در مناطق دارای منابع آبی اندک با استفاده از الگوی مناسب با تأکید بر منافع خالص اجتماعی و آب مجازی، الگوی کشت به سمتی برده شود که از فشار منابع آبی کاسته شود ولی باید توجه کرد که این امر نباید مانع سرمایه‌گذاری در افزایش کارایی مصرف آب در منطقه شود. سرانجام اینکه با انجام تحقیقات مشابه در زمینه واردات آب مجازی در مناطق مختلف کشور، می‌توان به الگویی مناسب در جهت واردات آب مجازی دست یافت.

منابع

۱. جولایی، ر.، ع. آذر و ا. چیذری (۱۳۸۴)، مدلهای برنامه‌ریزی چندمنطقه‌ای وکاربرد آن در کشاورزی: مطالعه موردی استان فارس، *اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۱۳ (۵۱): ۸۷-۱۱۲.

۲. صبوحی، م. و غ. سلطانی (۱۳۸۷)، بهینه‌سازی الگوهای کشت در سطح حوضه آبریز با تأکید بر منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی:مطالعه موردی منطقه خراسان، *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی*، ۱۲ (۴۳): ۲۹۷-۳۱۳.

۳. مؤسسه پژوهشهای برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی (۱۳۸۲)، بررسی مزیت‌های نسبی محصولات کشاورزی منتخب، انتشارات تابان.

۴. وزارت جهادکشاورزی، اداره‌کل آمار و اطلاعات، آمارنامه کشاورزی، سالهای مختلف.

5. Allan, J.A. (1997), Virtual water: A long term solution for water short Middle Eastern economies? Paper presented at the 1997 British Association Festival of Science, University of Leeds, 9 September 1997.

6. Allan, J.A. (2003), Virtual water eliminates water wars? A case study from the Middle East, Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade, Edited by A.Y. Hoekstra, February 2003, *Value of Water Research Report Series* 12: 137-145.

7. Hoekstra A.Y. and A.K. Chapagain (2003), Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international trade of livestock and livestock products, Proceedings of the international expert meeting on virtual water trade, Edited by A.Y. Hoekstra, February 2003, *Value of Water Research Report Series*, 12: 5-77.

8. Charnes, A. and W.W. Cooper (1959), Chance constrained programming, *manag. Sci.,* 6:73-79.

9. Earle, A. and A. Turton (2003), The virtual water trade amongst countries of the southern African development community (SADC), Proceedings of the international expert meeting on virtual water

trade, Edited by A.Y. Hoekstra, February 2003, *Value of Water Research Report Series,* 12: 183-200.

10. Geidely, J. S. and M. F. Bari (1986), Modeling to generate alternatives in: M. Karamus, R. R. Baumli and W. J. Brick (Ed.), Water Forum.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی