تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی با تأکید بر بیشینه کردن منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی (مطالعه موردی دشت بهار همدان)

آزاده سادات حسینی[1*]، نادر مهرگان[2] و محسن ابراهیمی[3]

تاریخ دریافت: 95/3/29 تارخ پذیرش: 95/6/27

چکیده

دشت همدان- بهار در ناحیه اقلیمی نیمه‌خشک قرار گرفته است. از آن‌جا که روند توسعه کشت و جایگزینی محصولات با نیاز آبی بالا منجر به بیلان منفی این دشت شده است، برای پیشگیری از پیامدهای منفی این بحران لحاظ کردن محدودیت کشت محصولات زراعی با نیاز آبی بالا در دشت و هم‌چنین، افزایش واردات محصولات کشاورزی با توجه ویژه به مقوله‌آب مجازی بسیار ضروری است. لذا، در این پژوهش با استفاده از روش توصیفی- اسنادی- کتابخانه‌ای و مدل برنامه‌ریزی ریاضی به تعیین الگوی بهینه‌ای در کشت 5 محصول زراعی دارای ارزش اقتصادی و صنعتی دشت بهار همدان با تأکید بر آب مجازی مبادله شده و منافع خالص اجتماعی آن‌ها پرداخته شده است. نتایج این پژوهش نشان دادند که در الگوی کشت بهینه در سطح دشت تنها محصول گندم به مقدار 71 هزار هکتار دارای اهمیت است. در ادامه، بمنظور افزایش کارایی مصرف آب، محصولات از نظر زمان کشت دسته‌بندی شدند. بدین ترتیب مشخص شد با پایان یافتن زمان کشت گندم محصول سیب‌زمینی که دارای بهره‌وری آب بالایی است، باید جایگزین آن شود. در پایان نیز با توجه به مدل HSJ مشخص گردید که الگوی بهینه با کمینه‌کردن سطح زیر کشت محصولات صادراتی یونجه، سیب‌زمینی و چغندرقند و حداقل کردن سطح زیر کشت جو بیش‌ترین آب مجازی را وارد منطقه کرده است و در این الگو نیز تنها محصول گندم به زیر کشت خواهد رفت.

طبقه بندی JEL: Q10، Q12، Q25، Q17

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، آب مجازی، منافع خالص اجتماعی، واردات، دشت بهار همدان.

1- به ترتیب کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.
2- استاد، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.
3- دانشیار، گروه اقتصاد، دانشکده اقتصاد و علوم اجتماعی، دانشگاه بوعلی سینا همدان.
*- نویسنده مسئول مقاله: azade.hoseini67@gmail.com

پیشگفتار

مصرف جهانی آب در چهل سال گذشته تقریباً 2 برابر شده است به‌گونه‌ای‌که کمبود آب در بخش‌های زیادی از کره زمین، مشکلات زیادی را برای تأمین آب شرب سالم، تولید محصولات کشاورزی و در کل روند عمومی زندگی انسان‌ها بوجود آورده است. مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد تا سال 2025 میلادی، در حدود 50 تا 60 درصد مردم جهان با تنش آبی و مشکلات ناشی از کم‌آبی مواجه شوند (گلیک، 2003).

بخش کشاورزی نقش زیربنایی در اقتصاد ملی هر کشوری دارد. بررسی شرایط حاکم بر تولید محصولات کشاورزی و متغیرهای دخیل در مقدار مصرف آب، منجر به ابداع روش‌های محاسبه آب مصرف‌شده در تولید انواع محصولات کشاورزی، متناسب با شرایط گوناگون تولید در سراسر نقاط جهان گردید. در این میان واژه ((آب مجازی[1])) بکار برده شد تا نشان دهد توسعه تجارت مواد غذایی بر مبنای مزیت نسبی و استفاده بهینه از فرصت‌های ایجادشده، می‌تواند افزون بر دست‌یابی به منابع آب جهانی، سبب ارتقاء رشد اقتصادی و رفاه اجتماعی شود (نصیری و ناصری راد، 1390). با مطرح شدن ایده آب مجازی در سال‌های اخیر، روشن شده است که حجم زیادی از آب به‌صورت مجازی یا غیرمستقیم بین کشورهای گوناگون جهان جابه‌جا می‌شود. این ایده برای نخستین‌بار در دهه90 میلادی به وسیله آلن از دانشگاه کینگ لندن مطرح شد. آب مجازی، مقدار آب مصرفی برای یک کالا یا محصول در فرآیند تولید از لحظه شروع تا پایان است (آلن، 1997). آب مجازی مفاهیم کشاورزی و اقتصادی را با تأکید بر آب به‌عنوان یک عامل کلیدی در تولید، با یکدیگر تلفیق می‌کند (ویچلنز، 2001).

آب مجازی یک معیار و ابزار اساسی در مصرف واقعی آب یک کشور برای محصولات کشاورزی است. تعیین الگوی کشت مبتنی بر آب مجازی راه‌حل مناسبی برای بحران آب بویژه در کشورهای دارای آب و هوایی خشک است که کشاورزی آن‌ها فقط بستگی به آبیاری دارد و هم‌چنین، کارایی مصرف آب پایینی دارند. بنابراین، به‌جای مصرف منابع آب کمیاب، در تولید محصولاتی که مصرف آب آن‌ها زیاد است، می‌توان محصولاتی با مصرف آب پایین‌تر تولید کرده و از فشار بیش‌ازحد بر منابع آب خودداری نمود. بدین ترتیب مبادله آب مجازی داخل کشورها، بین کشورها و حتی قاره‌ها می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای ارتقاء کارایی مصرف آب در سطح جهانی، برای دست‌یابی به امنیت آبی در مناطق دارای فقر آبی و برای برطرف کردن محدودیت‌های محیطی، با تعیین محل‌های مناسب برای تولید، مورداستفاده قرار گیرد (تورتن، 2000).

---

[1]- Virtual water

از جمله مطالعات نسبتاً جامع در مورد مبحث آب مجازی می‌توان به مطالعه هوکسترا و هانگ (2002) اشاره کرد. نتایج پژوهش‌های آن‌ها نشان می‌دهند که ایران در دوره زمانی 1995 تا 1999 میلادی با 29/1 میلیارد مترمکعب واردات خالص آب مجازی در رتبه نوزدهم واردکنندگان آب مجازی در سطح جهانی قرار گرفته است. کشور پهناور ایران با صادرات 5 میلیارد مترمکعب آب مجازی در رتبه 55 جهان طی سال‌های 1997 تا 2002 میلادی قرار داشته است. اوکی و کنائه (2004) اظهارنظرهای آماری مفصلی را در مورد مبادله آب مجازی ارایه کرده و نشان دادند که کشورهای دارای تنش آبی زمانی می‌توانند وضعیت خود را ارتقاء دهند که مبادله آب مجازی بشمار آورده شود. آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که می‌توان با در نظر گرفتن مبادله آب مجازی، شاخص کم‌آبی مناسب‌تری را معرفی کرد. آن‌ها ابراز می‌کنند که با افزودن واردات آب مجازی به منابع آب یک کشور، ممکن است آن کشور کمبود منابع آب خود را کاهش داده و یا حتی آن‌را برطرف سازد. هاناساکی و همکاران (2010) وضعیت صادرات و واردات آب مجازی محصولات عمده کشاورزی و دامی را در مقیاس جهانی با استفاده از مدل هیدرولوژیکی *H08* مورد بررسی قرار دادند. این مدل قادر است آب سبز و آب آبی را به گونه هم‌زمان در مناطق گوناگون برآورد کند. نتایج این پژوهش نشان دادند که صادرات آب مجازی پنج محصول (جو، ذرت، برنج، سویا و گندم) و سه محصول دامی (گوشت گاو، گوشت خوک و مرغ) 545 کیلومتر مکعب در سال می‌باشد.

چیذری و قاسمی (1378) به بررسی و تعیین الگوی بهینه محصولات زراعی در یک مزرعه نماینده 40 هکتاری در شهرستان اقلید استان فارس پرداختند. در این مطالعه که در آن روش برنامه‌ریزی خطی آرمانی به‌کار گرفته شد، اهداف به ترتیب اولویت عبارت از استفاده کم‌تر از نهاده‌های زمین و آب، کمینه نمودن هزینه‌های متغیر تولید، بیشینه کردن سود ناخالص مزرعه و تولید بهینه بودند. بر اساس نتایج بدست آمده از تابع فاصله اقلیدسی که در برنامه‌ریزی خطی بدست آمد، در الگوی بهینه دو محصول گندم و چغندر جای گرفتند و محصولات دیگر نظیر لوبیا، نخود و عدس که در هنگام مطالعه کاشته می‌شدند از الگوی بهینه حذف شدند. افزون بر این، مقدار سود در الگوی بهینه برنامه‌ریزی خطی از مقدار سود الگوی برنامه‌ریزی آرمانی بیش‌تر بود. صبوحی و سلطانی (1387) برای تعیین الگوی بهینه‌ی کشت در سطح حوضه آبریز حریرود و کشف رود خراسان رضوی مطالعه‌ای را بر اساس آب مجازی طراحی نمودند. آنان در مطالعه خود بر منافع اجتماعی به‌واسطه استفاده کارا از آب آبیاری در دسترس و جهت‌دهی الگوی بهینه کشت در راستای بیشینه سازی خالص واردات آب مجازی تأکید داشتند. آنان مدلی در سطح حوضه آبریز را در 5 سطح از ریسک در مقدار آب در دسترس و سه سطح بازده آبیاری 35، 45، 65 درصد در مقدار آب آبیاری مطرح کردند. این پژوهش نتایجی گوناگون در سطوح ریسک و بازده نشان داده

است به گونه‌ای که برخی از مدل‌ها در وضعیت مناسب از لحاظ واردات آب مجازی قرار داشتند. نتایج نشان دادند که الگوی بهینه کشت در سطح حوضه می‌تواند بر حسب بیشینه شدن منافع اجتماعی، کمینه شدن استفاده از آب آبیاری و بیشینه شدن واردات خالص آب مجازی شود. روحانی و همکاران (1387) مبادله محصولات غذایی و آب مجازی را با توجه به منابع آب موجود در کشور مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان دادند که از میان 21 محصول غذایی بررسی‌شده، غلات، حبوبات، خشکبار و دانه‌های روغنی براساس میزان آب مجازی برآورد شده آن‌ها، محصولاتی پرمصرف هستند. در حالی‌که میوه‌ها، سبزی‌ها و محصولات صنعتی، کم‌مصرف می‌باشند و بایستی مبادله آب مجازی با توجه کامل به مقدار مصرف آب، به‌صورت آگاهانه انجام گیرد.

گفتنی است نتایجی که در این پژوهش در مورد دشت بهار همدان بدست آمد، به نتایج کارهای مشابه، مانند مطالعه خلیلیان و همکاران (1391) که در منطقه ورامین انجام گرفت، نزدیک است با این تفاوت که در این پژوهش سعی شد با دسته‌بندی محصولات مورد مطالعه از نظر زمان کشت آن‌ها به دو گروه مجزا و مقایسه این گروهها، به یک الگوی بهینه کشت در تمام طول سال رسیده که در این الگو محصولاتی با نیاز آبی کم‌تر و سود خالص اجتماعی بیش‌تر کشت خواهد شد. افزون بر این، با توجه به دسته‌بندی ارائه‌شده اولویت کشت محصولات مورد بررسی در منطقه مورد نظر هم مشخص شد. در واقع، می‌توان گفت این دو مورد، نوآوری این مطالعه نسبت به موارد مشابه می‌باشد.

با توجه به موردهای ذکرشده، در این پژوهش به تعیین الگوی بهینه‌ای در کشت برخی محصولات زراعی دارای ارزش اقتصادی و صنعتی دشت بهار همدان با توجه به آب مجازی مبادله شده و منافع خالص اجتماعی آن‌ها می پردازیم تا بتوان از نتایج آن جهت مبادله آگاهانه آب مجازی به‌عنوان یک تدبیر اقتصادی و سیاسی در مدیریت منابع آب، همراه با اصلاحات منطقی در ساختار کشاورزی، امنیت بلندمدت مواد غذایی و مصرف پایدار آب استفاده کرد. هم‌چنین، این پژوهش در نظر دارد با تعیین الگوی کشت مبتنی بر آب مجازی راه‌حلی مناسب برای بحران آب در دشت بهار همدان ارایه دهد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، 5 محصول کشاورزی عمده استان همدان مورد بررسی قرار گرفت. محصولات یونجه و سیب‌زمینی در گروه محصولات زراعی، گندم و جو در گروه محصولات استراتژیک و راهبردی و چغندرقند در گروه محصولات صنعتی دسته‌بندی شدند. جهت محاسبه الگوی کشت

مبتنی بر آب مجازی و منافع اجتماعی، ابتدا مقدار آب مجازی و منافع اجتماعی محصولات مورد نظر که در بالا به آن‌ها اشاره کردیم، محاسبه شد و سپس با استفاده از روش توصیفی- اسنادی- کتابخانه‌ای، نرم‌افزار Excel و داده‌های سال 1388-89، مدل برنامه‌ریزی ریاضی ترکیب فعالیت‌های بیشینه‌کننده منافع اجتماعی و واردات آب مجازی برآورد شد. الگوی مورد استفاده در سطح دشت جهت تعیین الگوی بهینه کشت با تأکید بر واردات آب مجازی و بیشینه کردن منافع اجتماعی با دو محدودیت آب و زمین به‌صورت زیر بیان شد (صبوحی و همکاران، 1387):

$$Max: \quad NSP: \sum Y_i \times [(SP_i - SC_i) - VWC_i \times P_w] \times X_i \qquad (1)$$

محدودیت زمین:

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

محدودیت آب:

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

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 محصول i ام است که مقدار و روش رسیدن به آن در ادامه بیان شده است. $\overline{W}$ مقدار کل آب در 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.

برای دست‌یابی به یک برآورد صحیح از واردات خالص آب مجازی در الگوی کشت موجود، از رابطه زیر استفاده شد (چاپاگین و هوکسترا، 2003):

$$NVWI = VWI - VWE \qquad (2)$$

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

محاسبه آب مجازی

برای محاسبه مقدار آب مجازی محصولات کشاورزی مورد مطالعه ابتدا مقدار آب مصرفی محصولات با استفاده از رابطه (3) محاسبه و سپس از نسبت آب مصرفی گیاه به مقدار عملکرد محصول استفاده شد (رابطه 4) (چاپاگین و هوکسترا، 2003):

$$CWU_i = ET_i \times e \quad (3)$$

$$VWC_i = \frac{CWU_i}{Y_i} \quad (4)$$

که در آن VWC_i مقدار آب مجازی گیاه i برحسب مترمکعب بر کیلوگرم می‌باشد. ET_i نیاز آبی گیاه i برحسب مترمکعب بر هکتار (که در این پژوهش با استفاده از نرم‌افزار $NETWAT$ که زیر نظر سازمان هواشناسی کشور طراحی گردیده است، مقدار نیاز آبی محصولات مورد مطالعه در دشت بدست آمد)، Y_i مقدار 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

در این پژوهش برای محاسبه مزیت نسبی محصولات در منطقه و بیشینه کردن منافع خالص اجتماعی از معیار منافع خالص اجتماعی (NSP)[1] استفاده شد. این معیار سود بدست آمده از تولید محصول را با بکارگیری قیمت‌های سایه‌ای محصول و نهاده‌های تولید داخلی و خارجی محاسبه می‌کند. این شاخص از کسر هزینه‌های سایه‌ای از درآمد سایه‌ای حاصل می‌شود و بیانگر 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) بدست آمده و جهت محاسبه درآمد نیز از قیمت‌های سایه‌ای محصولات استفاده شده است. اگر هزینه فرصت محصول، نهاده‌های تولید داخلی و نهاده‌های تولید خارجی به‌ترتیب با P, P_d, P_t نشان داده شوند، آنگاه می‌توان منافع خالص اجتماعی (NSP) را به صورت زیر تعریف کرد:

$$NSP = p \times Q \times P_d \times X_d - p_t \times X_t \quad (5)$$

که در آن Q مقدار محصول تولیدشده، X_d مقدار نهاده‌های تولید داخلی مصرف‌شده در محصول و X_t مقدار نهاده‌های تولید خارجی مصرف‌شده در محصول می‌باشند و P_t, P_d, P به ترتیب 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، 1382). به‌منظور محاسبه شاخص یادشده، محاسبه قیمت سایه‌ای محصولات و هم‌چنین، قیمت سایه‌ای نهاده‌های به‌کار رفته در تولید محصولات و نرخ ارز واقعی الزامی است که

[1] - Net Social Profit

در ادامه به توضیح هر یک از آن‌ها می‌پردازیم.

روش محاسبه قیمت اجتماعی (سایه‌ای) محصولات تولیدی

قیمت‌های جهانی مبنای محاسبه قیمت‌گذاری اجتماعی و تجزیه و تحلیل کارایی در بخش کشاورزی می‌باشد. قیمت اجتماعی یک کالای کشاورزی قیمت سر مرز آن کالاست و عرضه‌کنندگان خارجی با استفاده از آن، کالای موردنظر را به بازار داخلی تحویل می‌دهند. قیمت‌های اجتماعی هزینه فرصت کالای موردنظر نیز می‌باشد. با توجه به این‌که این محصولات ممکن است صادراتی یا وارداتی باشند، روش اندازه‌گیری قیمت‌های سایه‌ای این محصولات نیز متفاوت می‌باشد. برای محصولات وارداتی، قیمت سیف (CIF)[1] آن‌ها در سر مرز در نظر گرفته می‌شود و تمامی هزینه‌های حمل و نقل آن‌ها از سر مرز تا بازارهای داخلی نیز به آن افزوده می‌شود. برای محصولات صادراتی نیز قیمت فوب (FOB)[2] آن‌ها در سر مرز به‌دست می‌آید و تمام هزینه‌های حمل‌ونقل آن‌ها از بازارهای داخلی تا سر مرز از آن کم می‌گردد (مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی، 1382).

روش محاسبه قیمت سایه‌ای نهاده‌ها

نهاده‌ها به دو دسته قابل تجارت و غیرقابل تجارت تقسیم می‌شوند. نهاده‌های قابل تجارت (مبادله‌ای) نهاده‌هایی هستند که قابلیت تبادل در بازارهای جهانی را دارند و به بیان دیگر، قابلیت تجارت دارند. نهاده‌هایی که در این گروه واقع می‌شوند شامل: بذر، بخشی از ماشین‌آلات، کود شیمیایی، سم (علف‌کش، حشره‌کش و قارچ‌کش) می‌باشند. برای نهاده‌های کود شیمیایی و سم (نهاده‌های وارداتی از کشورهای مختلف) قیمت سیف (CIF) آن‌ها مبنای قیمت سایه‌ای قرار گرفت (نوری و جهان‌نما، 1387). هم‌چنین، میانگین قیمت خرید بازاری بذر خریداری‌شده برای محصولات مورد مطالعه به‌عنوان ارزش سایه‌ای بذر در نظر گرفته شد (نوری و جهان‌نما، 1387). نهاده‌های غیرقابل تجارت مورد استفاده در تولید محصولات شامل نهاده‌هایی است که قابلیت خرید و فروش در بازارهای جهانی را ندارند. از این‌رو، نهاده‌هایی که در این گروه قرار می‌گیرند (شامل: آب، زمین، نیروی کار، کود حیوانی و بخشی از ماشین‌آلات) به دلیل بازرگانی خارجی فاقد قیمت می‌باشند. قیمت سایه‌ای نهاده‌های داخلی در واقع برابر هزینه فرصت آن‌هاست. بدین ترتیب قیمت سایه‌ای این‌گونه نهاده‌ها برابر ارزش آن‌ها در بهترین حالت کاربردشان است (حاجی رحیمی، 1376).

[1]- Cost Insurance Freight
[2] -Free on Board

روش محاسبه نرخ ارز واقعی

نرخ رسمی ارز در واقع قیمت داخلی ارز است و این قیمت نیز مانند قیمت‌های داخلی محصولات، بیش‌تر بر اثر دخالت‌های دولت از مقدار واقعی خود منحرف می‌شود. روش‌هایی بسیار متنوع برای محاسبه نرخ سایه‌ای ارز وجود دارد که در برآورد قابل قبول ارزش واقعی ارز بکار می‌روند. روش نسبتاً رایج جهت محاسبه نرخ واقعی ارز که در این مطالعه نیز از آن استفاده شده، نظریه برابری قدرت خرید[1] است. در این نظریه، قیمت کالاهای تجاری یا سطح عمومی قیمت‌ها بین دو کشور تعیین‌کننده نرخ ارز تعادلی است و به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$RER = ER \times \frac{PT}{PN} \qquad (6)$$

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، 1382).

اصلاح مدل جهت لحاظ کردن پویایی در آن و تعیین اولویت کشت محصولات

در مدل مرجع یا همان رابطه (1)، محصولات مورد مطالعه با هم و یک‌جا وارد مدل شد و الگوی بهینه کشت از نظر بیشینه کردن منافع اجتماعی بدست آمد، ولی این مدل از پویایی برخوردار نیست، به این دلیل که زمان کشت محصولات لحاظ نشده است. منظور از مدل پویا در این پژوهش پویایی از لحاظ کشاورزی است و جنبه اقتصادی آن مدنظر نمی‌باشد. برای وارد کردن پویایی در مدل و کامل‌تر کردن آن، محصولات از نظر زمان کشت به دو گروه تقسیم شدند. به این صورت که محصولات گندم و جو که دارای زمان کشت یکسان هستند و هردو در زمستان کشت می‌شوند در یک گروه و محصولات یونجه، سیب‌زمینی و چغندرقند نیز که هر سه در تابستان کشت می‌شوند، در یک گروه قرار گرفته و دسته‌بندی شدند. ابتدا محصولات گروه نخست و سپس محصولات گروه دوم وارد مدل مرجع شدند و پاسخ‌های بهینه (در جهت بیشینه کردن منافع اجتماعی و نیاز آبی کم‌تر محصولات) بدست آمد. در مرحله بعد، برای تعیین اولویت کشت، محصولات مورد مطالعه در چند دسته مجزا وارد مدل مرجع شده و مورد مقایسه قرار گرفتند. بدین ترتیب مشخص شد که کدام محصول از نظر مقدار کشت آن در منطقه نسبت به دیگری اولویت دارد و بهتر است سطح زیر کشت آن افزایش یابد. به این صورت الگوی بهینه کشت از نظر بیشینه‌کردن منافع اجتماعی و نیاز آبی کم‌تر محصولات بدست آمد.

[1]- Perchasing Power Parity (PPP)

اصلاح مدل جهت تقویت واردات آب مجازی

در روش برنامه‌ریزی خطی بهینه تقریبی از فنون متفاوتی استفاده می‌شود (گایدلی و باری، 1986) که یکی از آن‌ها روش HSJ[1] می‌باشد. در این روش نخستین گام، حل مسئله اصلی برای تعیین پاسخ 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 پاسخ مدل مرجع درصدی کم یا اضافه شده و در سمت راست محدودیت جدید قرار می‌گیرد، به‌گونه ای‌که در این پژوهش درصد یاد شده به مقدار 3 درصد در نظر گرفته شد و در مرحله آخر توابع هدف گوناگون با توجه به پاسخ اصلی مدل اولیه برای این مجموعه فرصت جدید منظور گردید (صبوحی و سلطانی، 1387). در این مطالعه پس از حل مدل مرجع، تابع هدف به محدودیت‌های مدل اضافه شد و سپس توابع هدف (کمینه‌کردن سطح زیر کشت محصولات وارداتی مانند گندم و جو به‌تنهایی و با هم و محصولات صادراتی مانند یونجه، سیب‌زمینی، چغندرقند) برای تعیین الگوهای بهینه کشتی حل شد که افزون بر بیشنه‌کردن منافع اجتماعی از لحاظ خالص واردات آب مجازی در شرایط مناسب‌تری باشند. مدل HSJ مورد نظر به‌صورت زیر می‌باشد (1 تا 4 توابع هدفی هستند که به‌ترتیب در هر بار حل مدل، کمینه می‌شوند):

(1) $\min: X_1$
(2) $\min: X_2$
(3) $\min: (X_1 + X_2)$
(4) $\min: (X_3 + X_4 + X_5)$

$$
\begin{aligned}
&s.t \\
&\sum Y_i \times \left[(SP_i - SC_i) - VWC_i \times P_w \right] \times X_i \geq (1 - \%3) \times NSP \\
&\sum_{i=1}^{n} X_i = \overline{X} \\
&\sum_{i=1}^{n} Y_i \times VWC_i \times X_i \leq \overline{W} + NVWI \\
&X_i \geq 0
\end{aligned}
\qquad (7)
$$

در روابط بالا X_1سطح زیر کشت گندم می‌باشد که مقدار آن در تابع هدف نخست کمینه شده است. X_2 نیز سطح زیر کشت جو می‌باشد که مقدار آن در تابع هدف دوم کمینه شده است. هم‌چنین، تابع هدف سوم کمینه کردن همزمان سطح زیر کشت گندم و جو را نشان می‌دهد. X_3 نیز سطح زیر کشت یونجه، X_4سطح زیر کشت سیب‌زمینی،X_5 سطح زیر کشت چغندرقند می‌باشد که سطح زیر کشت آن‌ها به‌گونه هم‌زمان کمینه شده‌اند.Y_i هم عملکرد تولید محصول i ام، SP_i ارزش اجتماعی یا قیمت سایه‌ای هر واحد محصول i ام در منطقه، SC_iهزینه‌های

[1] -Hop-Skip-Jump Model

اجتماعی تولید هر واحد محصول i ام در منطقه بدون هزینه آب، P_w قیمت اجتماعی هر مترمکعب آب و NSPمیزان کل مزیت نسبی منطقه می‌باشد. هم‌چنین، X_i سطح زیر کشت محصول i ام، $\overline{X}$ کل سطح زیر کشت منطقه و VWC_iمقدار آب مجازی است که برابر با آب مصرفی یک کیلوگرم محصول i ام (برحسب مترمکعب بر کیلوگرم) می‌باشد و $\overline{W}$ مقدار کل آب در دسترس در منطقه است. سرانجام NVWIخالص واردات آب مجازی در منطقه در یک سال می‌باشد.

نتایج و بحث

میزان آب مصرفی (CWU) محصولات مورد مطالعه با استفاده از رابطه 3 بدست آمد. سپس با استفاده از رابطه 4 مقدار آب مجازی (VWC) محصولات مورد بررسی محاسبه شد. نتایج بدست آمده از محاسبه مقدار آب مجازی با استفاده از دو رابطه یاد شده و هم‌چنین نیاز آبی محصولات مورد مطالعه در جدول 1 نشان داده شده است. چنان‌که پیداست، در صورت واردات محصولات، به ازای هر کیلوگرم گندم، جو، یونجه، سیب‌زمینی و چغندرقند به‌ترتیب 4/5، 2/45، 0/81، 0/28 و 0/29 مترمکعب واردات آب مجازی بدست می‌آید. گندم و جو به‌دلیل عملکرد پایین، به‌ترتیب در مقایسه با سایر محصولات مقدار آب مجازی بالایی دارند. مقدار آب مصرفی آن‌ها نیز از سه محصول دیگر پایین‌تر می‌باشد. در بین محصولات مورد بررسی، بیش‌ترین مقدار نیاز آبی مربوط به گیاه چغندرقند و کم‌ترین آن مربوط به گیاه جو می‌باشد که به‌ترتیب معادل 989 و 245 میلی‌متر در هکتار بدست آمده است.

نتایج محاسبه مزیت نسبی (سود اجتماعی) محصولات مورد مطالعه

میزان سود خالص اجتماعی محصولات مورد بررسی با استفاده از رابطه 5 بدست آمده است. نتایج بدست آمده از محاسبه میزان این شاخص با استفاده از رابطه یاد شده در جدول 2 نشان داده شده است. همان‌گونه که پیداست، در منطقه مورد مطالعه به‌جز محصول چغندرقند که دارای زیان اجتماعی به مقدار 5 میلیون ریال است، دیگر محصولات دارای مزیت نسبی می‌باشند. در این میان، محصولات سیب‌زمینی و گندم از بیش‌ترین منفعت اجتماعی به مقدار 44 میلیون ریال در هکتار برخوردار هستند.

الگوی بهینه کشت در سطح حوضه آبریز

همان‌گونه که بیان شد، الگوی بهینه کشت در سطح منطقه الگویی است که سود اجتماعی و واردات آب مجازی را بیشینه می‌کند. در این بخش، مدل مرجع با استفاده از نرم‌افزار Excel برآورد

شده و نتایج بدست آمده از اجرای مدل مرجع در جدول 3 نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در الگوی کشت بهینه مدل تنها محصول گندم به مقدار 71 هزار هکتار دارای اهمیت شده است. هم‌چنین، در الگوی بهینه کشت با توجه به صفر شدن سطح زیر کشت دیگر محصولات، سایر محصولات از الگوی کشت موجود خارج شده‌اند و نباید کشت شوند. از سوی دیگر، سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل برابر 3782390 میلیون ریال محاسبه شده که تفاوت آن با سود خالص اجتماعی موجود 3778715,5 میلیون ریال می‌باشد که این به‌دلیل سود اجتماعی بالای گندم نسبت به سایر محصولات است. در این بخش افزون بر الگوی بهینه کشت، مقدار خالص واردات آب مجازی محصولات مورد نظر نیز تعیین شد. خالص واردات آب مجازی در منطقه در الگوی کشت مدل نسبت به الگوی کشت موجود به مقدار 310 میلیون مترمکعب کاهش یافته و به به بیان دیگر، به مقدار 310 میلیون مترمکعب آب از منابع آبی منطقه کاسته شده است.

الگوی بهینه کشت با لحاظ کردن پویایی در مدل مرجع و تعیین اولویت کشت محصولات

همان‌گونه که بیان شد، جهت وارد کردن پویایی در مدل و کامل‌تر کردن آن، محصولات از نظر زمان کشت به دو گروه تقسیم شدند. نتایج بدست آمده از اجرای این دو مدل در جداول 4 و 5 آورده شده اند. پاسخ بهینه الگوی کشت پویای گروه نخست در جدول 4 نشان داده شده است. در این گروه بین دو محصول گندم و جو، محصول گندم با سطح زیر کشت 71 هزار هکتار به‌عنوان جواب بهینه بدست آمد. در جدول 5 نیز پاسخ بهینه الگوی کشت پویای گروه دوم مشخص شده است. در این گروه همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بین محصولات یونجه، سیب‌زمینی و چغندرقند محصول سیب‌زمینی به مقدار 71 هزار هکتار دارای اهمیت شده است و دو محصول دیگر با توجه به صفر شدن سطح زیر کشت آن‌ها از الگوی موجود خارج شده‌اند. وارد کردن زمان کشت محصولات در مدل و بدست آمدن محصولات گندم و سیب‌زمینی به‌عنوان پاسخ بهینه در هر گروه به کشاورز کمک می‌کند، زمانی‌که تاریخ کشت محصول گندم به پایان رسید، در تابستان محصول سیب‌زمینی را کشت کند. بدین ترتیب، یک الگوی بهینه کشت را در تمام طول سال خواهد داشت که در این الگو محصولاتی با نیاز آبی کم‌تر و سود خالص اجتماعی بیش‌تر نسبت به دیگر محصولات مورد مطالعه کشت می‌شود. در این بخش افزون بر وارد شدن پویایی در مدل، اولویت کشت محصولات مورد بررسی در منطقه مورد نظر هم مشخص شد. با توجه به نتایج جدول 3 یا همان مدل مرجع که در آن همه محصولات با هم وارد مدل شدند، محصول گندم در اولویت کشت قرار می‌گیرد. هم‌چنین، با توجه به دسته‌بندی ارایه شده در این بخش و نتایج بدست آمده در جداول 4 و 5 محصول گندم از گروه نخست در مقایسه با جو و محصول سیب‌زمینی از گروه دوم

در مقایسه با یونجه و چغندرقند در اولویت قرار گرفتند. در ادامه محصول جو از گروه نخست به همراه محصولات گروه دوم در یک مدل وارد شدند که نتایج آن در جدول 6 نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می‌شود در این مدل مقایسه‌ای محصول سیب‌زمینی تمام سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده و از 12 هزار هکتار به 71 هزار هکتار افزایش یافته است. تا این مرحله مشخص شد که در منطقه مورد مطالعه ابتدا محصول گندم و پس از آن محصول سیب‌زمینی باید کشت شوند. در مرحله بعد به همین صورت که توضیح داده شد، محصول جو با محصولات چغندر و یونجه و نیز در آخر دو محصول چغندر و یونجه با هم مورد مقایسه قرار گرفتند که نتایج آن در جداول 7 و 8 آورده شده است. همان‌گونه که در جدول 7 مشاهده می‌شود، محصول جو در مقایسه با محصولات یونجه و چغندرقند دارای اولویت کشت می‌باشد. هم‌چنین، با توجه به نتایج جدول 8 محصول یونجه نسبت به چغندرقند از اولویت کشت برخوردار است. با توجه به نتایجی که گفته شد، اولویت کشت بهینه محصولات مورد مطالعه در جدول 9 آورده شده است. هم‌چنین، اولویت کشت جاری محصولات نیز در این جدول نشان داده شده و نسبت به اولویت کشت بهینه، مورد مقایسه قرار گرفته است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، اولویت کشت جاری در مقایسه با اولویت کشت تعیین‌شده تقریباً بهینه است و تنها تفاوت آن در اولویت کشت یونجه نسبت به سیب‌زمینی و جو می‌باشد که باید سطح زیر کشت آن نسبت به این دو محصول (سیب‌زمینی و جو) کاهش یابد و پس از آن‌ها قرار گیرد تا بدین ترتیب بتوانیم الگوی کشت بهینه‌ای از لحاظ اولویت کشت این محصولات داشته باشیم و سطح زیر کشت محصولاتی که نیاز آبی کم‌تر و سود اجتماعی بیش‌تر را دارند، افزایش دهیم و این امر باعث کاهش فشار بر منابع آبی منطقه خواهد شد.

الگوی بهینه کشت در راستای افزایش خالص واردات آب مجازی با تأکید بر کمینه کردن سطح زیر کشت گندم و کمینه کردن سطح زیر کشت هم‌زمان گندم و جو (توابع هدف 1 و 3)

در این بخش با برآورد مدل HSJ الگوی کشت بهینه با تأکید بر کمینه‌کردن سطح زیر کشت گندم و کمینه کردن سطح زیر کشت هم‌زمان گندم و جو در راستای افزایش خالص واردات آب مجازی بدست آمد به‌گونه‌ای‌که برآورد برای هر دو الگوی کشت یکسان شد. همان‌گونه که در جدول 10 مشاهده می‌شود، زمانی که سطح زیر کشت گندم و سطح زیر کشت هم‌زمان گندم و جو کمینه می‌شود، در الگوی بهینه کشت نسبت به الگوی بهینه مرجع با تأکید بر کمینه کردن کشت گندم، سطح زیر کشت محصول گندم از 71 هزار هکتار به 59,875 هزار هکتار کاهش می‌یابد. از سوی دیگر، سطح زیر کشت چغندرقند در الگوی بهینه با تأکید بر کمینه کردن سطح زیر کشت گندم با افزایش نسبت به الگوی مرجع به 11,125 هزار هکتار رسیده است. در ضمن، همان‌گونه

که مشاهده می‌شود، در این حالت سود خالص اجتماعی الگوی کشت بهینه (کمینه‌کردن گندم) نسبت به الگوی کشت مرجع به مقدار 784850 میلیون ریال کاهش یافته است و لذا، می‌توان گفت با کاهش سطح زیر کشت گندم در الگوی کشت، بیشینه‌شدن خالص واردات آب مجازی حکم می‌کند تا سطح کاهش یافته به محصول چغندرقند که از خالص واردات آب مجازی پایین‌تری نسبت به محصولات دیگر در منطقه برخوردار است، اختصاص یابد و از آن‌جا که محصول چغندرقند در منطقه دارای زیان اجتماعی است، این امر باعث کاهش در منافع خالص اجتماعی جامعه خواهد شد. الگوی بهینه کشت از لحاظ خالص واردات آب مجازی نسبت به الگوی کشت مرجع به مقدار 14 میلیون مترمکعب آب مجازی را در وضعیت بهتری قرار داده است.

الگوی بهینه کشت در راستای افزایش خالص واردات آب مجازی با تأکید بر کمینه‌کردن سطح زیر کشت جو و سطح زیر کشت محصولات صادراتی یونجه، سیب‌زمینی و چغندرقند (توابع هدف 2 و 4)

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 برآورد زده شد به‌گونه‌ای‌که برآورد برای هر دو الگوی کشت یکسان بدست آمد. همان‌گونه که در جدول 11 مشاهده می‌شود، زمانی که سطح زیر کشت جو و محصولات صادراتی کمینه می‌شود، سطح زیر کشت گندم از 71 هزار هکتار در الگوی بهینه کشت مرجع به 62/584 هزار هکتار کاهش می‌یابد، ولی سطح زیر کشت گندم نسبت به الگوی بهینه با کمینه کردن سطح زیر کشت گندم، افزایش می‌یابد. در این حالت که سطح زیر کشت جو به‌عنوان یک محصول وارداتی کاهش می‌یابد، بیشینه شدن خالص واردات آب مجازی حکم می‌کند سطح زیر کشت محصولاتی که از خالص واردات آب مجازی بالایی برخوردار هستند، افزایش یابد و این الزاماً سطح زیر کشت محصولات صادراتی نخواهد بود. به همین دلیل، سطح زیر کشت گندم نسبت به الگوی کشت مرجع (جدول 3) کاهش یافته، ولی نسبت به الگوی کشت مدلی که گندم در آن کمینه شده (جدول 10) افزایش یافته است. در ضمن، همان گونه که مشاهده می‌شود، در این حالت سود خالص اجتماعی الگوی کشت بهینه (کمینه کردن جو) نسبت به الگوی کشت مرجع به مقدار 616550 میلیون ریال کاهش یافته، ولی نسبت به الگوی بهینه با کمینه کردن سطح زیر کشت گندم افزایش یافته است و دلیل این افزایش، زیاد شدن سطح زیر کشت گندم در الگوی کشت بهینه با کمینه کردن سطح زیر کشت جو و بالا بودن سود اجتماعی گندم می‌باشد. هم‌چنین، خالص واردات آب مجازی در این حالت به مقدار 116 میلیون مترمکعب نسبت به الگوی کشت مرجع (جدول 3) در وضعیت بهتری قرار گرفته است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این پژوهش نشان داد که می‌توان با اجرای مدل توسعه‌یافته با تأکید بر حداکثر منافع 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 الگوی کشت بهینه در سطح دشت تنها محصول گندم به مقدار 71 هزار هکتار حائز اهمیت شد. در ادامه به‌منظور افزایش کارایی مصرف آب، محصولات از نظر زمان کشت دسته‌بندی شدند و مدل پویا گردید. بدین ترتیب مشخص شد با پایان یافتن زمان کشت گندم محصول سیب‌زمینی که دارای بهره‌وری آب بالایی است، باید جایگزین آن شود. همچنین با توجه به نتایج مدل HSJ، الگوی بهینه با حداقل کردن سطح زیر کشت محصولات صادراتی و حداقل کردن سطح زیر کشت جو بیش‌ترین آب مجازی را وارد منطقه کرده و در این الگو نیز تنها محصول گندم به زیر کشت رفته است که این نشان می‌دهد کشت گندم به دلیل نیاز آبی کم‌تر باعث کاهش فشار بر منابع آبی منطقه می‌شود. سرانجام این‌که باید 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 این امر نباید مانع سرمایه‌گذاری در افزایش کارایی مصرف آب در منطقه گردد. همچنین می‌توان موارد زیر را با الهام از نظریه‌ی آب مجازی توصیه کرد:

1. یافتن نقطه‌ی بهینه‌ی میزان واردات و صادرات محصولات کشاورزی با در نظر گرفتن جوانب سیاسی و اجتماعی
2. قیمت‌گذاری آب و ارزیابی آب مجازی محصولات کشاورزی از دیدگاه اقتصادی-کشاورزی
3. ارزیابی آب مجازی مبادلاتی محصولات کشاورزی با در نظر گرفتن میزان ماده‌ی خشک محصولات
4. استفاده از مدل‌ها و الگوهای مختلف حداکثرسازی سود، حداقل‌سازی هزینه و مدل‌های داده ستانده در تعیین میزان مطلوب صادرات و واردات کالاها و خدمات مختلف با توجه به محدودیت منابع از جمله محدودیت آب و در نظر داشتن موضوع تجارت آب مجازی

منابع

- چیذری، ا ح. قاسمی، ع. (1378). کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی. اقتصاد کشاورزی و توسعه. شماره 28. ص 61-76.
- حاجی رحیمی، م. (1376). انگیزه‌های اقتصادی و مزیت نسبی تولید محصولات زراعی در استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شیراز.

- خلیلیان، ص. چیذری، ا. افسری بادی، ر. (1391). تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی با تأکید بر حداکثر کردن منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی: مطالعه موردی منطقه ورامین. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. شماره 79. ص 1- 23.

- روحانی، ن. یانگ، ه. سیچانی، س ا. افیونی، م. موسوی، ف. (1378).ارزیابی مبادله محصولات غذایی و آب مجازی با توجه به منابع آب موجود در ایران. فصلنامه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. علوم آب و خاک. شماره 46. اصفهان. ص 417-432.

- صبوحی، م. سلطانی، غ ر. (1387).بهینه‌سازی الگوهای کشت در سطح حوضه آبریز با تأکید بر منافع اجتماعی و واردات خالص آب مجازی: مطالعه موردی منطقه خراسان. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. شماره 43 (الف). ص 297-313.

- مؤسسه پژوهش‌های برنامه‌ریزی و اقتصاد کشاورزی. (1382).بررسی مزیت‌های نسبی محصولات کشاورزی منتخب. انتشارات تابان.

- نصیری س. ناصری راد ه. (1390).جایگاه و ارزش آب مجازی در عرصه کشاورزی ایران و جهان. ماهنامه سنبله. شماره 213. تهران. ص 28-29.

- نوری ک. جهان‌نما ف. (1387).بررسی مزیت نسبی تولید سویای بهاره در ایران. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره 79. ص 26-35.

- Allan, J. A. (1997). "Virtual Water: A Long-term Solution for Water-Short Middle Eastern Economies?", Paper presented at British Association Festival of Science, Roger Stevens Lecture Theatre, University of Leeds, Water and Development Session-TUE.51, 14.45.

- Chapagain, A. K. & Hoekstra, A. Y. (2003). "Virtual water trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to trade of livestock and livestock products", Value of water Research Report Series No. 13, UNESCO-IHE, pp. 49-76.

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

- Gleick, P. H. (2003). "Global freshwater resources: Soft-path solutions for the 21st century", Science 1089967, American Association for the Advancement of Science Publishing, 302: 1524-1528.

- Hanasaki, N., Inuzuka, T., Kanae, S. & Oki, T. (2010). "An estimation of global virtual water flow and sources of water withdrawal for major crops and livestock products using a global hydrological model", Hydrology Journal, 384: 232-244.

- Hoekstra, A. Y. & Hung, P. Q. (2002). "Virtual Water Trade: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade",

Value of Water Research Report Series No.11, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands, pp. 25-47.
- Oki, T. & Kanae, S. (2004). "Virtual water trade and world water resources", Water Sci. Technol. 49(7): 203-209.
- Turton, A. R. (2000). "Precipitation, people, pipelines and power: Towards a virtual water based political ecology discourse", MEWREW Occasional paper NO 11.
- Wichelns, D. (2001). "The role of virtual water in efforts to achieve food security and other national goals, with an example from Egypt", J. Agric. Water Manage, 49: 131-151.

پیوست‌ها

جدول 1- مقدار نیاز آبی، آب مصرفی و آب مجازی محصولات مورد بررسی،

محصول	مقدار نیاز آبی محصول (میلی‌متر در هکتار)	آب مصرفی یک هکتار از محصول ($m^3\ ha^{-1}$)	مقدار آب مجازی محصول ($m^3\ kg^{-1}$)
گندم	307	7422	4/5
جو	245	6550	2/45
یونجه	939	8714	0/81
سیب‌زمینی	858	8439	0/28
چغندرقند	989	8330	0/29

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول 2- سود اجتماعی محصولات مورد بررسی (میلیون ریال)،

محصول	سود خالص جاری هر محصول در هر هکتار
گندم	44
جو	11
یونجه	19
سیب‌زمینی	44
چغندرقند	-5

منبع: یافته‌های پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول 3- خالص واردات آب مجازی و الگوی بهینه کشت در سطح حوضه آبریز.

شرح	گندم	جو	یونجه	سیب‌زمینی	چغندرقند
سطح زیر کشت مدل (هزار هکتار)	71	0	0	0	0
سطح زیر کشت موجود (هزار هکتار)	18	8	15	12	0/2
سود خالص اجتماعی جاری هر فعالیت (میلیون ریال)	44	11	19	44	-5
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل (میلیون ریال)			3782390		
سود خالص اجتماعی الگوی کشت جاری (میلیون ریال)			3674/5		
تفاوت سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل با الگوی کشت موجود (میلیون ریال)			3778715/5		
خالص واردات آب مجازی الگوی کشت مدل (میلیون مترمکعب)			-463		
خالص واردات آب مجازی الگوی کشت موجود (میلیون مترمکعب)			-153		
تفاوت خالص واردات آب مجازی الگوی کشت مدل با الگوی کشت موجود (میلیون مترمکعب)			-310		

منبع: یافته‌های پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول 4- جواب بهینه الگوی کشت پویای گروه اول

شرح	گندم	جو
سطح زیر کشت مدل پویا (هزار هکتار)	71	0
سطح زیر کشت الگوی مرجع (هزار هکتار)	71	0
سود خالص اجتماعی جاری هر فعالیت (میلیون ریال)	44	11
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل پویا (میلیون ریال)	3782390	
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مرجع (میلیون ریال)	3782390	
تفاوت سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل پویا با الگوی کشت مرجع (میلیون ریال)	0	

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول 5- جواب بهینه الگوی کشت پویای گروه دوم.

شرح	یونجه	سیب‌زمینی	چغندرقند
سطح زیر کشت مدل پویا (هزار هکتار)	0	71	0
سطح زیر کشت الگوی مرجع (هزار هکتار)	0	0	0
سود خالص اجتماعی جاری هر فعالیت (میلیون ریال)	19	44	-5
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل پویا (میلیون ریال)		3771570	
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مرجع (میلیون ریال)		3782390	
تفاوت سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل پویا با الگوی کشت مرجع (میلیون ریال)		-10820	

منبع: یافته‌های پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جدول 6- مقایسه جو با سه محصول گروه دوم برای تعیین اولویت کشت محصولات مورد مطالعه

شرح	جو	یونجه	سیب‌زمینی	چغندرقند
سطح زیر کشت مدل مقایسه‌ای (هزار هکتار)	0	0	71	0
سطح زیر کشت الگوی مرجع (هزار هکتار)	0	0	0	0
سطح زیر کشت موجود (هزار هکتار)	8	15	12	0/2
سود خالص اجتماعی جاری هر فعالیت (میلیون ریال)	11	19	44	-5
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل مقایسه‌ای (میلیون ریال)			3771340	

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول 7- مقایسه جو با محصولات یونجه و چغندرقند برای تعیین اولویت کشت محصولات مورد مطالعه.

شرح	جو	یونجه	چغندرقند
سطح زیر کشت مدل مقایسه‌ای (هزار هکتار)	71	0	0
سطح زیر کشت الگوی مرجع (هزار هکتار)	0	0	0
سطح زیر کشت موجود (هزار هکتار)	8	15	0/2
سود خالص اجتماعی جاری هر فعالیت (میلیون ریال)	11	19	-5
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل مقایسه‌ای (میلیون ریال)		3761790	

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول 8- مقایسه دو محصول یونجه و چغندرقند برای تعیین اولویت کشت محصولات مورد مطالعه.

شرح	یونجه	چغندرقند
سطح زیر کشت مدل مقایسه‌ای (هزار هکتار)	71	0
سطح زیر کشت الگوی مرجع (هزار هکتار)	0	0
سطح زیر کشت موجود (هزار هکتار)	15	0/2
سود خالص اجتماعی جاری هر فعالیت (میلیون ریال)	19	-5
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل مقایسه‌ای (میلیون ریال)	3762980	

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول 9- اولویت کشت بهینه و جاری محصولات مورد مطالعه در منطقه مورد نظر.

اولویت کشت بهینه محصولات مورد مطالعه	اولویت کشت جاری محصولات مورد مطالعه
گندم	گندم
سیب‌زمینی	یونجه
جو	سیب‌زمینی
یونجه	جو
چغندرقند	چغندرقند

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول 10- خالص واردات آب مجازی و الگوی کشت در سطح حوضه آبریز با تأکید بر توابع هدف 1 و 3.

شرح	گندم	جو	یونجه	سیب‌زمینی	چغندرقند
سطح زیر کشت مدل با تأکید بر کمینه کردن کشت گندم (هزار هکتار)	59/875	0	0	0	11/125
سطح زیر کشت الگوی مرجع (هزار هکتار)	71	0	0	0	0
سود خالص اجتماعی جاری هر فعالیت (میلیون ریال)	44	11	19	44	-5
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل با تأکید بر کمینه کردن کشت گندم (میلیون ریال)			2997540		
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مرجع (میلیون ریال)			3782390		
تفاوت سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل با الگوی کشت مرجع (میلیون ریال)			-784850		
خالص واردات آب مجازی الگوی کشت مدل با تأکید بر کمینه کردن کشت گندم (میلیون مترمکعب)			-449		
خالص واردات آب مجازی الگوی کشت مدل مرجع (میلیون مترمکعب)			-463		
تفاوت خالص واردات آب مجازی الگوی کشت مدل با الگوی کشت مرجع (میلیون مترمکعب)			14		

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول 11- خالص واردات آب مجازی و الگوی کشت در سطح حوضه آبریز با توجه به توابع هدف 2 و 4.

شرح	گندم	جو	یونجه	سیب‌زمینی	چغندرقند
سطح زیر کشت مدل با تأکید بر کمینه کردن کشت جو (هزار هکتار)	62/584	0	0	0	0
سطح زیر کشت الگوی مرجع (هزار هکتار)	71	0	0	0	0
سود خالص اجتماعی جاری هر فعالیت (میلیون ریال)	44	11	19	44	-5
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل با تأکید بر کمینه کردن کشت جو (میلیون ریال)			3165840		
سود خالص اجتماعی الگوی کشت مرجع (میلیون ریال)			3782390		
تفاوت سود خالص اجتماعی الگوی کشت مدل با الگوی کشت مرجع (میلیون ریال)			-616550		
خالص واردات آب مجازی الگوی کشت مدل با تأکید بر کمینه کردن کشت جو (میلیون مترمکعب)			-347		
خالص واردات آب مجازی الگوی کشت مدل مرجع (میلیون مترمکعب)			-463		
تفاوت خالص واردات آب مجازی الگوی کشت مدل با الگوی کشت مرجع (میلیون مترمکعب)			116		

منبع: یافته‌های پژوهش

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی