

## تغییر الگو و تراکم کاشت بر اساس ارزش آب مجازی با محوریت زعفران (مطالعه موردی: دشت بیرجند)

فاطمه پورصالحی<sup>۱\*</sup>، عباس خاشعی سیوکی<sup>۲</sup> و زهرا بیدختی<sup>۱</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد منابع آب دانشگاه بیرجند

۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه بیرجند

\*- نویسنده مسئول: E-mail: porsalehi1990@gmail.com

پورصالحی، ف.، خاشعی سیوکی، ع.، و بیدختی، ز.، ۱۳۹۴. تغییر الگو و تراکم کاشت بر اساس ارزش آب مجازی با محوریت زعفران (مطالعه موردی: دشت بیرجند). نشریه پژوهش‌های زعفران. ۳(۱): ۳۰-۱۸.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۱۸

### چکیده

کشاورزی در اقتصاد کشورهای در حال توسعه به خصوص ایران جایگاه ویژه‌ای دارد. برای داشتن منابعی پایدار در کشاورزی انتخاب یک الگوی کشت مناسب که در آن علاوه بر شرط حداکثر نمودن درآمد برای کشاورز، به استفاده صحیح و اصولی از منابع نیز توجه شود، ضروری است. زعفران جزء محصولات صادراتی با ارزش ایران است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک جنوب خراسان و برخی نقاط کشور کشت می‌شود. ارزش اقتصادی فراوان زعفران در بازارهای جهانی و اشتغال و درآمد مناسبی که پرورش این گیاه به دنبال دارد، بازده اقتصادی قابل توجهی برای این محصول ایجاد کرده است. این مطالعه با هدف توسعه کشت زعفران با تأکید بر ارزش آب مجازی در شهرستان بیرجند صورت گرفته است. به همین منظور ابتدا مقدار آب مجازی و ارزش آن با استفاده از اطلاعاتی نظیر نیاز آبی، عملکرد و قیمت محصول در دو حالت صادرات و واردات برای هشت محصول پنبه، عنب، زعفران، گندم، گوجه‌فرنگی، خربزه، پیاز و یونجه، محاسبه و سپس با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی LINGO سطح زیر کشت بهینه‌ی هر محصول تخمین زده شد. همچنین در این مطالعه دو سناریو تعریف گردید که در سناریوی اول سطح زیر کشت محصولات به ۱/۵ برابر سطح موجود محدود گردید و در سناریوی دوم این محدودیت برداشته شد. نتایج به دست آمده از ارزش آب مجازی و دو سناریو نشان داد که گیاه زعفران در منطقه بیرجند که نسبت به هفت محصول دیگر درآمد بالایی معادل ۴۶۷۶/۲۶ میلیون ریال ایجاد می‌کند، در اولویت کشت قرار گرفته و سطح زیر کشت آن در سناریوی اول و دوم به ترتیب برابر با ۲۰۱۰ و ۱۲۱۸۸/۶۵ هکتار به دست آمده است، در مقایسه با سطح زیر کشت موجود (۱۳۴۰ هکتار) افزایش قابل توجهی داشته است.

واژه‌های کلیدی: خشک و نیمه‌خشک، LINGO، سناریو، صادرات و واردات، منابع پایدار

## مقدمه

وی، امروزه دانش آب مجازی و تجارت آن مورد توجه مجامع علمی قرار گرفته و در سیاست‌گذاری‌های ملی و بین‌المللی جوامع و توسعه منابع آبی وارد شده است. در تعریفی روشن‌تر، آب مجازی مقدار آبی است که برای تولید یک محصول و حتی ارائه خدمات خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد (Hartli et al., 2006). با توجه به این مفهوم، اگر کشوری به جای مصرف آب برای تولید محصولی، آن را وارد کند، به همان میزان آب مجازی وارد کرده است. حال اگر تولید آن محصول در کشور صادرکننده نسبت به کشور واردکننده به آب کمتری نیاز داشته باشد، صرفه‌جویی در آب جهانی صورت می‌گیرد (Fraiture et al., 2004).

در رابطه با آب مجازی مطالعات متعددی انجام گرفته است که از جمله می‌توان به مطالعات فریچر و همکاران (Fraiture et al., 2004)، ولازکوئز (Velazquez, 2007) و چاگان و همکاران (Chapagain et al., 2006) اشاره کرد. دهقانپور و بخشوده (Dehghanpur & Bakhshudeh, 2008) در تحقیقی با هدف بررسی جنبه‌های محدودکننده آب مجازی، ابتدا الگوی بهینه کشت مشروط بر محدودیت‌های آب و زمین را تعیین و سپس با توجه به اهمیت مصرف نهاده‌ها و اشتغال نیروی کار، الگوهای تعدیلی بصورت حداکثرسازی تابع هدف مشروط به حفظ سطح فعلی اشتغال و با قید افزایش اشتغال را ارائه نمودند.

خلیلیان و همکاران (Khalilian et al., 2012) به ارائه روشی جهت تعیین الگوی بهینه کشت با تأکید بر حداکثر کردن منافع اجتماعی و خالص واردات آب مجازی منطقه ورامین پرداختند. محمدیان و همکاران (Mohammadian et al., 2007) نیز با استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی و با در نظر گرفتن مجموعه‌ای از اهداف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی، الگوهای بهینه کشت در طول برنامه‌ریزی ده ساله را برای دشت فریمان- تربت جام با تأکید بر آب مجازی پیشنهاد نمودند. صبحی و سلطانی (Sabuhi & Soltani, 2008) نیز تحقیقی با هدف ارائه روشی برای تعیین الگوهای بهینه کشت با تأکید بر منافع اجتماعی حداکثرسازی خالص واردات آب مجازی در منطقه خراسان انجام دادند.

بخش کشاورزی در اقتصاد کشورهای در حال توسعه به خصوص ایران به سبب دربرگرفتن فعالیت جمع‌کثیری از جمعیت، جایگاه ویژه‌ای دارد. رشد روزافزون جمعیت و محدودیت منابع موجود، بشر را وادار ساخته است تا با چاره‌اندیشی صحیح، مدیریت بهینه منابع را به عنوان یکی از راهکارهای اساسی در تخصیص منابع به بهترین صورت ممکن به کار گیرد تا با تخصیص بهینه منابع محدود به نیازهای نامحدود بشری پاسخ دهد. برای داشتن منابعی پایدار در کشاورزی ضرورت است که یک الگوی مناسب کشت که در آن علاوه بر داشتن شرط حداکثر درآمد ممکن برای کشاورز به استفاده صحیح و اصولی از منابع نیز توجه شود، انتخاب گردد (Fellegari et al., 2010).

به دلیل پایین بودن ریزش‌های جوی و پراکنش نامناسب زمانی و مکانی آن در ایران، این کشور در زمره کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود. با وجود این شرایط، رشد سریع جمعیت طی دهه‌های گذشته به همراه گسترش شهرنشینی باعث افزایش تقاضای آب از منابع محدود کشور شده است. به طوری که در حال حاضر، حدود ۶۹ درصد کل آب تجدیدپذیر کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد که در قیاس با سایر کشورهای جهان، بسیار زیاد به نظر می‌رسد. علاوه بر این‌ها فرآیند تغییر اقلیم نیز باعث گردیده تا امروزه تأمین آب یکی از بزرگترین و مهم‌ترین چالش‌های پیش روی انسان باشد. به ویژه در مناطق خشک کمبود گسترده و شدید آب، زندگی بسیاری را در معرض تهدید قرار داده و رشد روزافزون جمعیت باعث حادث‌تر شدن این مشکل شده است. با توجه به محدودیت منابع آب، توجه انسان به گزینه آب‌های نامتعارف از جمله پساب‌های تصفیه‌شده، زه‌آب‌های کشاورزی، نمک‌زدایی آب دریا و غیره جلب شده است. گزینه دیگری که امروزه جهت تأمین و ذخیره آب به ویژه در کشورهای مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان مورد بحث و بررسی قرار گرفته است، تجارت آب است که از آن به عنوان تجارت آب مجازی یاد می‌شود (Nejad Shamloo & Ghezelsolfloo, 2009).

مفهوم آب مجازی برای اولین بار توسط آلن (Allan, 1996) مطرح شد و به معنی آب محاط شده در کالاها تعریف گردید. پس از گذشت چندین سال از مطرح شدن این مفهوم توسط

کمک مؤثری به کشاورزان منطقه می‌شود، ارز قابل توجهی نیز وارد مملکت می‌کند (Shamsabadi et al., 2012).

باتوجه به آنچه بیان شد، در کشور ایران به ویژه مناطقی مانند استان خراسان جنوبی که با بحران کم‌آبی و خشکسالی مواجه‌اند، تولید محصولات کشاورزی آب‌بر می‌تواند فضا را برای صادرات آب مجازی فراهم آورد؛ در حالی که با برنامه‌ریزی صحیح در ارتباط با الگوی بهره‌برداری از اراضی (الگوی کشت) بر اساس معیار آب مجازی و ارزش آن، می‌توان تقاضا برای آب را مدیریت نمود. در واقع استفاده از معیار جدید ارزش آب مجازی در تعیین الگوی کشت، نه تنها الگوی کشت منطقه بلکه تجارت محصولات کشاورزی را نیز بهبود می‌بخشد. همچنین با کشت محصولاتی مانند زعفران می‌توان شرایط لازم برای افزایش درآمد کشاورزان و همچنین توسعه اقتصادی کشور را فراهم نمود.

گرچه مسئله آب مجازی بطور عمده در سطح کشور مطرح می‌شود، ولیکن بدلیل وجود گستردگی حوضه‌های آبریز کشور، در این مطالعه به بررسی الگوی کشت برای منطقه بیرجند در استان خراسان جنوبی اکتفا شده است. کوزه‌گران و همکاران (Kuzehgaran et al., 2011)، با بررسی درجه حرارت‌های حداقل، میانگین و حداکثر در خراسان جنوبی مناطق مستعد کشت زعفران را با استفاده از نرم‌افزار GIS شناسایی کردند. نتایج نشان داد که مناطق شمال و شمال شرقی استان دارای بهترین موقعیت از لحاظ درجه حرارت‌های حداقل، میانگین و حداکثر برای کشت زعفران بوده و مناطق مرکزی استان نیمه-مستعد و جنوب و جنوب‌غربی استان نامستعد می‌باشند. جاسمی و همکاران (Jasemi et al., 2011) با تجزیه و تحلیل عملکرد زعفران به صورت سری‌های زمانی سطح زیر کشت این محصول را در سه شهرستان بیرجند، قائن و سرایان رو به افزایش گزارش کردند. بذرافشان و ابراهیم زاده (Bazrafshan & Ebrahimzadeh, 2006) نیز با به‌کارگیری روش تحلیلی-تطبیقی نشان دادند که گسترش سطح زیر کشت زعفران به دلیل مزایای نسبی در استان‌های خراسان سریع‌تر است و همچنین افزایش سطح کشت این محصول با کاهش نزولات جوی و کاهش منابع آبی معادله معنی‌داری دارد.

هدف از این پژوهش تغییر الگوی کشت دشت بیرجند با در نظر گرفتن ارزش آب مجازی با محوریت زعفران بود. بررسی‌ها

خاشعی سیوکی و همکاران (Khashei et al., 2013) با تعریف چهار سناریوی نرمال، خشکسالی، خشکسالی شدید و ترسالی و با استفاده از روش بهینه‌سازی PSO، الگو و تراکم کشت بهینه محصولات زراعی را در دشت نیشابور تعیین نمودند.

نخعی (Nakhaei, 2012) با استفاده از مدل‌های AHP و برنامه‌ریزی خطی LINGO و با در نظر گرفتن سناریوهایی در مساحت کشت که معادل ۱۵، ۳۰ و ۵۰ درصد سطح زیر کشت می‌باشد، الگوهای مناسب کشت در دشت بیرجند را شناسایی و با مقایسه آن‌ها بهترین الگوی کشت را محاسبه نمود.

زعفران (*Crocus sativus* L.) از خانواده زنبق‌گران‌بهترین گیاه دارویی زمین است که در منطقه آب و هوایی مدیترانه و غرب آسیا- از عرض جغرافیایی ۳۰ تا ۵۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۱۰ درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی- در مناطق بسیار کم باران ایران- توران که دارای زمستان سرد و تابستان گرم هستند گسترش دارد (Kafi et al., 2001).

زعفران به عنوان ارزشمندترین محصول کشاورزی و دارویی جهان و چاشنی غذایی جایگاه ویژه‌ای در بین محصولات صنعتی و صادراتی ایران دارد. در حال حاضر، ایران بزرگترین تولید کننده و صادرکننده زعفران در جهان است و بیش از ۹۰ درصد تولید جهانی این محصول گران‌بها به ایران اختصاص دارد (Kafi et al., 2001).

سطح زیرکشت و میزان تولید زعفران در استان‌های خراسان طی ۲۵ سال اخیر از رشد قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده است، بطوری که سطح زیر کشت از ۵۵۳۰ هکتار در سال زراعی ۶۳-۱۳۶۲ به حدود ۵۵۹۴۷/۵ هکتار در سال ۱۳۸۴ افزایش یافته است. همچنین میزان تولید از ۱۸/۵ تن در سال ۱۳۶۲ به ۲۳۲/۸ تن در سال ۱۳۸۴ افزایش پیدا کرده است. این افزایش سطح زیر کشت و به تبع آن افزایش تولید در شرایطی رخ داده است که محدوده مورد مطالعه در طی دوره مورد نظر (۸۵-۱۳۶۰) مواجه با خشکسالی‌های دوره‌ای نیز بوده است (Bazrafshan & Ebrahimzadeh, 2006). بررسی‌های

تاریخی نشان می‌دهد که ایران در گذشته و حال جایگاه زعفران بوده و کشت این محصول ویژه خراسان، امروزه به علت بازار مطلوبی که دارد به شدت در حال گسترش است. تحقیق روی این گیاه استراتژیک منطقه خراسان از جنبه‌های مختلف تغذیه‌ای، دارویی، صنعتی حائز اهمیت بوده و ضمن اینکه

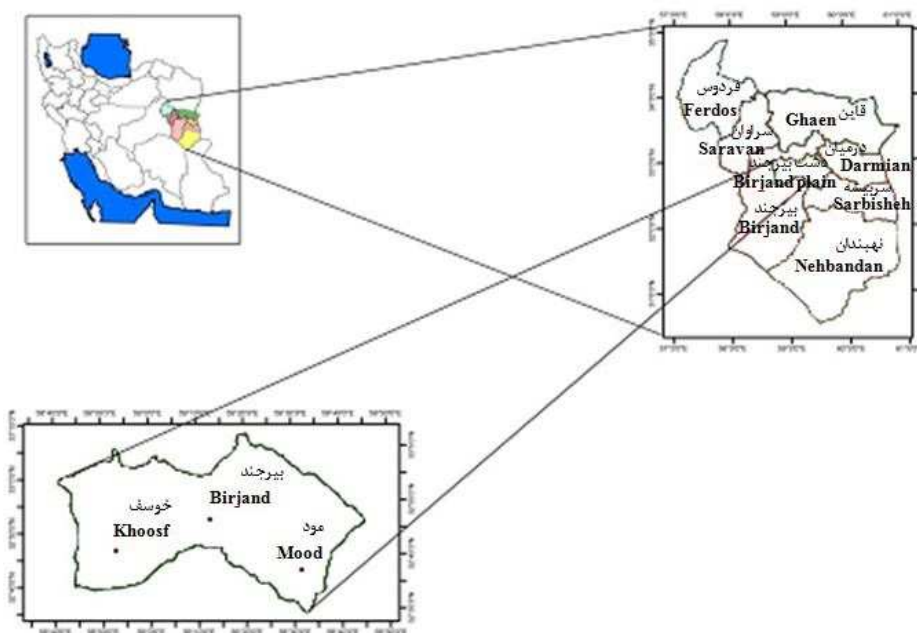
شکراب به صورت نوار باریکی در جهت شرقی- غربی امتداد دارد (Zia et al., 2006).

طول جغرافیایی این دشت نیز از  $۵۷^{\circ}۴۵'$  تا  $۶۰^{\circ}۵۰'$  شمالی و عرض جغرافیایی  $۳۱^{\circ}۱۰'$  تا  $۳۳^{\circ}۱۵'$  شرقی برآورد گردیده است. میانگین دمای سالانه آن  $۱۶/۴$  درجه سانتیگراد و اقلیم منطقه به روش دومارتن، خشک می‌باشد. پوشش گیاهی منطقه نیز به طور کلی به سه دسته اصلی نیمه‌بیابانی و حاشیه کویری، نیمه‌بیابانی و کوهپایه‌ای و پوشش گیاهی کوهستانی تقسیم می‌شود (Bahmanyar, 2002). از نظر توپوگرافی مرتفع‌ترین نقطه آن مربوط به ارتفاعات شمالی منطقه بند دره با ارتفاع ۲۷۸۷ متر و پست‌ترین نقطه آن در خروجی دشت در روستای فدشک با ارتفاع ۱۲۴۰ متر بالاتر از سطح دریاهای آزاد قرار دارد. شیب زمین در قسمت‌های شرقی زیاد و در قسمت غرب و قسمت‌های انتهایی دشت، شیب آن کم شده و سطح زمین تقریباً حالت مسطح دارد (Sadeghian et al., 2011).

نشان داد که تاکنون در استان خراسان جنوبی مطالعه‌ای در زمینه آب مجازی، ارزش آن، تغییرات سطح زیر کشت زعفران و نیز تغییر سطح زیر کشت این منطقه با در نظر گرفتن دو سناریو متفاوت که در سناریوی اول سطح زیر کشت محصولات به  $۱/۵$  برابر سطح فعلی آن‌ها محدود شده و در سناریوی دوم محدودیتی از نظر کشت بیشتر از سطح موجود نداشته باشد، انجام نشده است. با بررسی نتایج حاصل از این مطالعه، می‌توان با تغییر سطح زیر کشت منطقه مورد مطالعه و به حداکثر رساندن تولیدات زعفران، ترتیبی اتخاذ نمود که امکان افزایش واردات خالص آب مجازی در مواردی که از لحاظ اقتصادی و حفظ منابع آبی این منطقه مقرون به صرفه است، فراهم گردد.

### مواد و روش‌ها

دشت بیرجند با مساحت تقریبی  $۱۰۴۵$  کیلومترمربع، در استان خراسان جنوبی قرار گرفته است. این دشت با ارتفاع متوسط  $۱۴۰۰$  متر از سطح دریاهای آزاد در بین دو رشته کوه باقران و



شکل ۱- موقعیت کلی محدوده مطالعه (بدون مقیاس) - (محمدی، ۱۳۹۲)

Fig. 1- The general location of the study area (Without scale) - (Mohammadi, 2013)

$$VWC_i = \frac{CWU_i}{Yield_i} \quad (2)$$

$VWC_i$  مقدار آب مجازی گیاه  $i$  بر حسب مترمکعب بر کیلوگرم و  $Yield_i$  میزان عملکرد گیاه  $i$  بر حسب کیلوگرم بر هکتار است.  $CWU_i$  نیز مقدار آب مصرفی گیاه  $i$  (Crop Water Use) می‌باشد که از معادله ۱ بدست می‌آید.  $ET_c$  در معادله ۱ نیاز آبی گیاه  $i$  در ناحیه بیرجند است که با توجه به مقادیر نیاز آبی ماهانه  $ET_o$  و  $k_c$  در مراحل رشد محصولات،  $ET_c$  با استفاده از معادله ۳ محاسبه شد و پس از کسرکردن مقدار بارندگی مؤثر و اعمال راندمان آبیاری مقدار  $CWU_i$  حاصل گردید.

$$ET_c = k_c \times ET_o \quad (3)$$

برای تعیین الگوی کشت مبتنی بر آب مجازی ابتدا مقدار آب مجازی محصولات مورد نظر در دو حالت وارداتی (کشت در خارج از کشور) و صادراتی (کشت در منطقه بیرجند) محاسبه شد. سپس مقدار آب مجازی به ازای قیمت محصول در صورت وارداتی و صادراتی بودن آن بدست آمد. در نهایت، با هدف حداکثر نمودن سود خالص و بر اساس مدل برنامه‌ریزی خطی، الگوی بهینه کشت منطقه مبتنی بر آب مجازی تعیین گردید تا در واقع از این طریق الگوی کشتی که از لحاظ اقتصادی و حفظ منابع آبی این منطقه مقرون به صرفه است، مشخص شود. جهت محاسبه مقدار آب مجازی محصولات کشاورزی مورد مطالعه در صورتی که در بیرجند کشت شوند، ابتدا مقدار آب مصرفی محصولات در منطقه‌ی بیرجند با استفاده از معادله ۱ محاسبه و سپس برای تعیین مقدار آب مجازی از نسبت آب مصرفی گیاه به میزان عملکرد محصول در این منطقه استفاده گردید (معادله ۲).

$$CWU_i = ET_c / \text{Efficiency} \quad (1)$$

جدول ۱- نیاز آبی محصولات مورد مطالعه

Table 1- Water requirement of the study crops

نیاز آبی محصول در دشت بیرجند Water requirement – (مترمکعب در هکتار) of Product in plain Birjand (cubic meters per ha)	نیاز آبی محصول وارد شده Water – (مترمکعب در هکتار) requirement of imported Product (cubic meters per ha)	محصول Product
6150	2000	گوجه فرنگی Tomato
3900	1705	گندم Wheat
179.4	0	زعفران Saffron
5482	0	عناّب Jujube
13100	6790	پنبه Cotton
6660	2712.5	خربزه Melon
10260	7250	پیاز Onion
13430	12000	یونجه Alfalfa

$VWCI_i$  مقدار آب مصرفی و عملکرد محصولات کشاورزی در کشورهایی که صادر کننده‌ی عمده‌ی این محصولات به ایران هستند در نظر گرفته شد و در مواردی که مقدار آب مصرفی و عملکرد محصول به طور دقیق در دسترس نبوده است از متوسط جهانی برای آن محصول استفاده گردید (جدول ۲).

**Efficiency** راندمان آبیاری است که بر اساس روش‌های مختلف آبیاری متفاوت است و در این تحقیق باتوجه به اطلاعات کسب شده از سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی مقدار آن برابر ۰/۳۱ فرض شده است. برای محاسبه‌ی مقدار آب مجازی محصولات کشاورزی مورد مطالعه در صورتی که وارداتی باشد

جدول ۲- مقدار آب مصرفی، قیمت و عملکرد محصول  
Table 2- Water used quantity, price and product performance

عملکرد محصول در بیرجند (کیلوگرم در هکتار) Product yield in Birjand (Rls)	عملکرد محصول وارداتی (کیلوگرم در هکتار) Imported product yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	قیمت محصول در بیرجند (ریال) Product price In plain Birjand (Rls)	قیمت محصول وارداتی (ریال) Imported product price (Rls)	نیاز آبی ناخالص محصول در بیرجند (مترمکعب در هکتار) Gross water requirement of Product in plain Birjand (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	نیاز آبی ناخالص محصول وارد شده (مترمکعب در هکتار) Gross water requirement of imported product (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	نام کشور وارد کننده محصول Name of the country importer of the product	محصول Product
7816.57	27000	10000	6193.42	19838.71	6451.61	عراق Iraq	گوجه فرنگی Tomato
2974.88	2000	3800	2815.26	12580.64	5500	امارات UAE	گندم Wheat
3.2	0	25860000	33080.94	578.65	0	-	زعفران Saffron
1370.46	0	45000	15835.2	17683.87	0	-	عناب Jujube
2342.12	783	18000	16810.89	42258.06	21903.22	ایتالیا Italy	پنبه Cotton
13398.28	21600	12000	18770	21483.87	8750	امارات UAE	خریزه Melon
4780.8	42000	5200	2121	33096.77	23387.10	هند India	پیاز Onion
9683.66	10130	2480	11514	43322.58	38709.7	چین China	یونجه Alfalfa

وارد شده و  $VWCO_i$  مقدار آب مجازی صادر شده بر حسب مترمکعب بر کیلوگرم است.

در این مطالعه، محدودیت‌های مدل برنامه‌ریزی خطی LINGO نیز به صورت زیر تعریف گردید:

۱- مجموع کل آب‌های آبیاری برای تمامی سطوح زیر کشت برای محصولات مورد نظر از مقدار کل آب موجود

ساختار تابع هدف نیز با در نظر گرفتن آب مجازی و قیمت محصولات به صورت زیر در نظر گرفته شد:

$$\text{Max: } \sum_{i=1}^n ((VWCI_i \times MI_i) - (VWCO_i \times MO_i)) \times A_i \quad (4)$$

که در معادله فوق،  $MI_i$  و  $MO_i$  به ترتیب قیمت محصول ورودی و قیمت محصول خروجی بر حسب ریال بر کیلوگرم می‌باشد. همچنین  $VWCI_i$  مقدار آب مجازی

$$A_{ib} \times 0.7 \leq A_i \quad (۸)$$

۴- همچنین سطح زیر کشت تمامی محصولات بزرگتر از صفر باشد.

$$A_i \geq 0 \quad (۹)$$

در معادله فوق،  $A_i$  سطح زیر کشت جدید گیاه  $i$  بر حسب هکتار است (در محاسبات انجام شده تمامی ضرایب به ضریب گندم تقسیم شده‌اند. در هر دو سناریو باید قیود ۱ و ۲ نیز رعایت شود). از طرفی، برای محاسبه ارزش آب مجازی هر محصول، آب مجازی متناظر با آن در قیمت محصول بر حسب ریال در دو حالت صادرات و واردات ضرب گردید.

$$\text{value of } VWC_i = VWC_i \times M_i \quad (۱۰)$$

در معادله فوق،  $VWC_i$  آب مجازی هر محصول بر حسب متر مکعب بر کیلوگرم و  $M_i$  قیمت هر محصول بر حسب ریال می‌باشد.

### نتایج و بحث

آب مجازی محاسبه شده برای محصولات از معادله (۲)، در دو حالت واردات و صادرات در جدول ۳ نشان داده شده است. مقایسه آب مجازی محصولات صادر شده با یکدیگر نشان می‌دهد که آب مجازی محصول زعفران نسبت به سایر محصولات دارای مقدار بالاتری می‌باشد که دلیل بالا بودن آن عملکرد پایین این محصول است. بنابراین، در این مطالعه با در نظر گرفتن قیمت هر کدام از محصولات، ارزش آب مجازی متناسب با هر محصول محاسبه گردید (معادله ۹). نتایج ارزش آب مجازی محصولات حاکی از آن است که کشت زعفران به دلیل حاصل نمودن درآمد بیشتر به ازای یک کیلوگرم این محصول، برای این منطقه بهینه می‌باشد.

در بیرجند که مجموع آب چشمه‌ها، قنات‌ها و چاه‌ها می‌باشد (۱۱۷/۴ میلیون متر مکعب)، کم‌تر است.

$$\sum_{i=1}^c f_i A_i \leq w_t \quad (۵)$$

که در آن،  $A_i$  سطح زیر کشت گیاه  $i$  بر حسب هکتار،  $f_i$  ضریب آبی مربوط به گیاه  $i$  بر حسب متر مکعب در هکتار ( $f_i$  نیاز آبی ناخالص هر محصول) و  $w_t$  نیز مقدار کل آب موجود در بیرجند است.

۲- مجموع سطوح زیر کشت این محصولات باید از کل سطح زیر کشت آبی و دیم در منطقه بیرجند کم‌تر باشد.

$$\sum_{i=1}^c A_i \leq A_t \quad (۶)$$

که در این معادله،  $A_i$  سطح زیر کشت گیاه  $i$  بر حسب هکتار و  $A_t$  نیز سطح زیر کشت کل در منطقه بیرجند می‌باشد.

برای محدودیت سوم دو سناریو به صورت زیر تعریف شد:

۳- سناریو اول: سطح زیر کشت هر محصول باید از ۰/۷ سطح زیر کشت فعلی بیشتر باشد و به دلیل وجود برخی از مسائل مانند کمبود کارگر و منابع انسانی، کمبود ماشین‌آلات کشاورزی، تنوع کشت، نوع تقاضای موجود در محدوده مورد مطالعه و ... به ۱/۵ برابر سطح زیر کشت فعلی محدود گردد.

$$A_{ib} \times 0.7 \leq A_i \leq A_{ib} \times 1.5 \quad (۷)$$

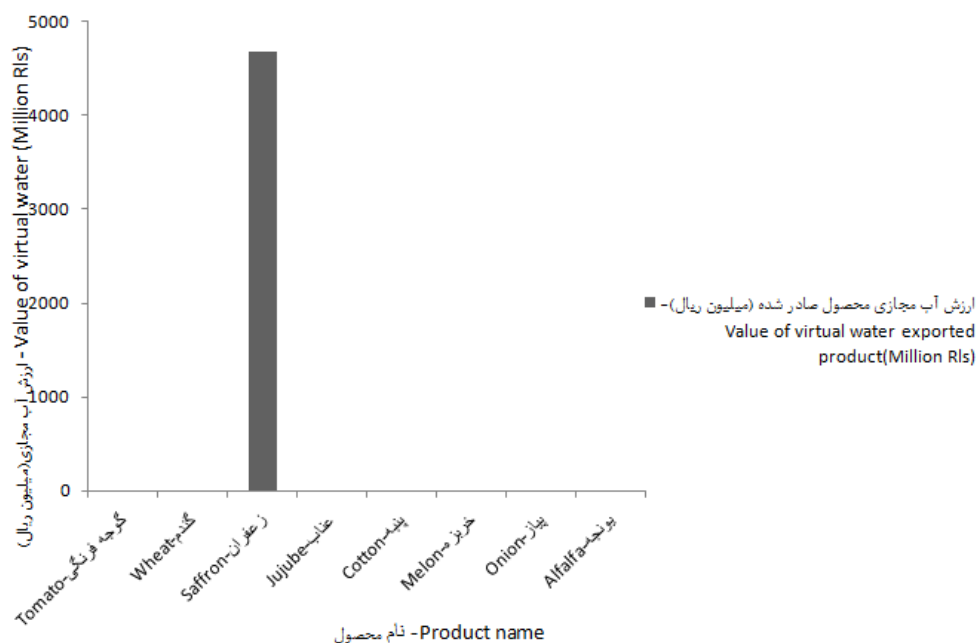
در معادله فوق،  $A_i$  سطح زیر کشت جدید گیاه  $i$  بر حسب هکتار و  $A_{ib}$  سطح زیر کشت فعلی گیاه  $i$  بر حسب هکتار در نظر گرفته شده است.

۳- سناریوی دوم: سطح زیر کشت هر محصول باید از ۰/۷ سطح زیر کشت فعلی بیشتر باشد و هیچ محدودیتی از نظر کشت بیش از مقدار سطح زیرکشت فعلی وجود ندارد.

جدول ۳- آب مجازی و ارزش آب مجازی محصولات

Table 3- Virtual water and virtual water value of products

ارزش آب مجازی محصول صادر شده (میلیون ریال) Value of virtual water of exported product (Million Rls)	ارزش آب مجازی محصول وارد شده (میلیون ریال) Value of virtual water of imported product (Million Rls)	آب مجازی محصول صادر شده (مترمکعب بر کیلوگرم) Virtual water of exported product (m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup> )	آب مجازی محصول وارد شده (مترمکعب بر کیلوگرم) Virtual water of imported product (m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup> )	محصول Product
0.025	0.0014	2.54	0.24	گوجه فرنگی Tomato
0.016	0.0077	4.23	2.75	گندم Wheat
4676.26	0	180.83	0	زعفران Saffron
0.58	0	12.9	0	عناب Jujube
0.32	0.47	18.04	27.97	پنبه Cotton
0.019	0.007	1.6	0.4	خربزه Melon
0.035	0.001	6.92	0.56	پیاز Onion
0.011	0.034	4.47	3.82	یونجه Alfalfa

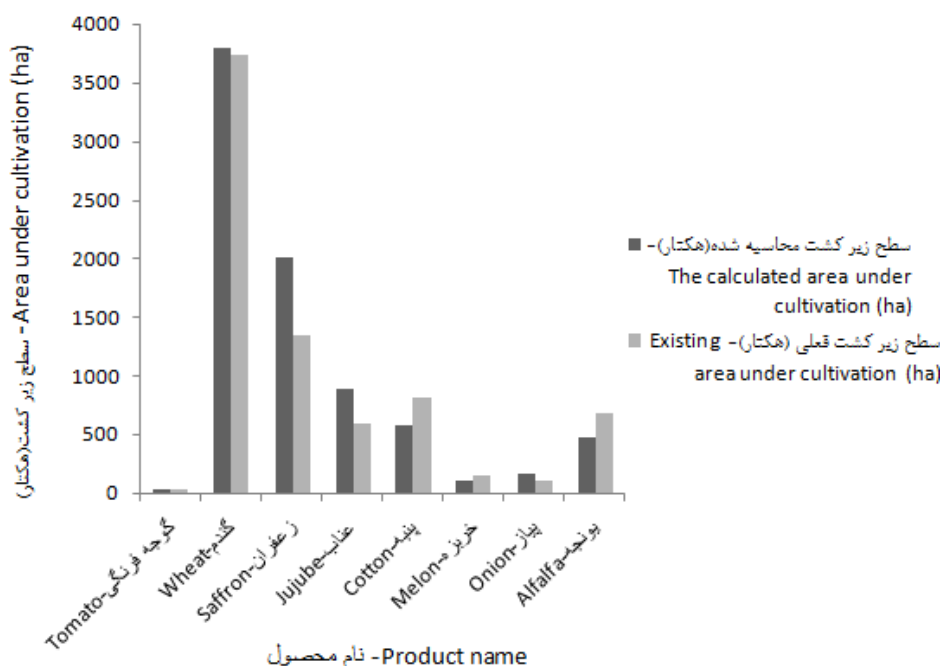


شکل ۲- ارزش آب مجازی صادر شده به ازای هر کیلوگرم از محصولات  
Fig. 2- Value of exported virtual water per kilogram of product



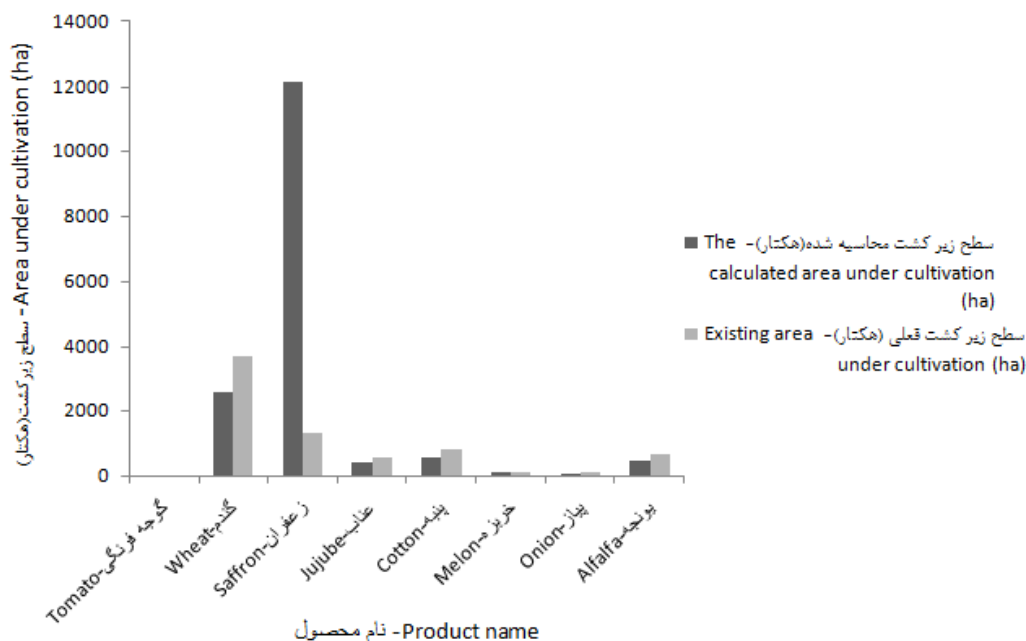
همچنین نتایج به دست آمده از مدل از سناریوی اول (شکل ۳) نشان می‌دهد که سطح زیر کشت محصولاتی مانند گوجه‌فرنگی، زعفران، عناب و پیاز ۵۰ درصد و گندم به میزان ۱/۷ درصد افزایش و در مقابل سطح زیر کشت محصولات پنبه، خربزه و یونجه به ترتیب به میزان ۳۰، ۲۷ و ۳۰ درصد کاهش یافته است. از طرفی، نتایج به دست آمده از مدل از سناریوی دوم (شکل ۴)، بیانگر این مطلب است که بیشترین سطح زیر کشت از بین محصولات در نظر گرفته شده به زعفران با سطحی معادل ۱۲۱۸۸/۶۵ هکتار تعلق دارد و این مقدار ۹/۱ برابر سطح زیر کشت موجود است و سایر محصولات مانند گوجه‌فرنگی، عناب، گندم، پنبه، خربزه، یونجه و پیاز با کاهش ۳۰ درصدی مواجه شده‌اند. بنابراین، با توجه به افزایش سطح زیر کشت زعفران در سناریوی اول و دوم و همچنین ارزش آب مجازی زعفران که بیشتر از سایر محصولات در نظر گرفته شده است، می‌توان نتیجه گرفت که کشت زعفران در دشت بیرجند در اولویت کشت قرار خواهد گرفت. همچنین در این مطالعه مدل LINGO با تعریف محدودیت‌ها و سناریوهای جدید نیز اجرا گردید. در سناریوی اول با در نظر گرفتن محدودیت‌های  $0.5 Aib < Ai < 1.3 Aib$ ،  $0.7 Aib < Ai < 1.3 Aib$

ترتیب به میزان ۲۰، ۳۰ و ۵۰ درصد نسبت به سطح زیر کشت موجود افزایش یافته است و در سناریوی دوم با اعمال محدودیت  $0.5 Aib < Ai$  سطح زیر کشت زعفران به بیش از نه برابر سطح زیر کشت موجود رسیده است. جاسمی و همکاران (Jasemi et al., 2011) نیز روند تغییرات سطح زیر کشت و عملکرد زعفران (در فاصله سال‌های ۸۸-۱۳۶۳) را در سه شهرستان بیرجند، قائن و سرایان استان خراسان جنوبی در قالب سری‌های زمانی مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و وضعیت آینده تولید آن‌ها در کشور با ادامه سری زمانی برای سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ را پیش‌بینی کردند. نتایج نشان داد که در مجموع سطح زیر کشت زعفران در این شهرستان‌ها طی سال‌های گذشته افزایش یافته است. تحقیقات بذرافشان و ابراهیم‌زاده (Bazrafshan & Ebrahimzadeh, 2006) نیز نشان داد که معادله معنی‌داری بین کاهش نزولات جوی و متعاقباً کاهش منابع آبی از یک سو با افزایش سطح زیر کشت زعفران (برخلاف رویه عمومی کشت محصولات کشاورزی) وجود داشته و دارد. همچنین معلوم گردید که به دلیل مزایای نسبی زعفران در مقایسه با سایر محصولات کشاورزی در استان‌های خراسان، روند گسترش سطح زیر کشت آن بسیار سریع‌تر بوده است.



شکل ۳- مقایسه سطح زیر کشت فعلی و محاسبه شده- سناریو اول

Fig. 3- Comparison of the existing area under cultivation and the calculated- the first scenario



شکل ۴- مقایسه سطح زیر کشت فعلی و محاسبه شده سناریوی دوم

Fig. 4- Comparison of the existing area under cultivation and the calculated-the second scenario

منطقه مورد مطالعه در مقایسه با سایر محصولات کشت گیاه زعفران با سطحی معادل ۲۰۱۰ هکتار از سناریوی اول و ۱۲۱۸۸/۶۵ هکتار از سناریوی دوم، در جایگاه بالاتری از نظر ارزش آب مجازی و همچنین سطح زیر کشت قرار دارد.

### سیاسگزاری

بدین وسیله از سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان جنوبی بخاطر همکاری، تشکر و قدردانی می‌گردد.

### نتیجه‌گیری

بنابراین، با توجه به بحران کم‌آبی ایران و رشد روزافزون جمعیت و تقاضای آب باید سیاست‌ها و روش‌های مدیریتی ویژه‌ای برای حفاظت از منابع آب کشور اتخاذ گردد. استفاده از آب مجازی یکی از راهکارهای مناسب جهت جلوگیری از نابودی منابع آب بالاخص در مناطق خشک و نیمه‌خشکی مانند ایران می‌باشد. همچنین به دلیل نقش گسترده‌ای که کشاورزی در مصرف آب دارد، باید به نقش آب مجازی در بخش کشاورزی و تعیین الگوی بهینه کشت توجه گردد. در این مطالعه، ارزش آب مجازی هشت محصول در دشت بیرجند محاسبه شد و با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی LINGO الگوی کشت بهینه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در

## منابع

- Allan, J.A., 1996. Policy responses to the closure of water resources: regional and global issues. In: Howsam, P. (Ed.), *Water Policy: Allocation and Management in Practice*. Taylor and Francis, London, UK, pp. 3-12.
- Bahmanyar, M., 2002. *Birjand Negin Kavir*, Tehran University Publications, Tehran, Iran. pp 254. [In Persian].
- Bazrafshan, J., Ebrahimzadeh, E., 2006. Analysis of the spatial - local distribution saffron in Iran and factors affecting that Case study: Khorasan. *J. Geogr. Dev. (Fall and Winter)*, 61-84. [In Persian].
- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y., Savenije, H.H.G., 2006. Water saving through international trade of agricultural products. *J. Hydrol. Earth Syst. Sci.* 10, 455-468.
- Dehghanpour, H., Bakhshudeh, M., 2008. Investigating virtual water trade limitation issues in Marvdasht region. *J. Agric. Sci. Technol. Econ. Agric. Dev.* 22(1), 147-137. [In Persian with English Summary].
- Fellehgari, R., Navid, H., Taghizadeh, S., Jamshidifar, M., 2010. Optimum cropping pattern analysis with risk factor consideration and water use standards of Kordistan regional water company (case study: 150 hectares farm area in Ghorveh plain, Iran). *J. Agric. Sust. Prod.* 2/20(3), 85-96. [In Persian with English Summary].
- Fraiture, C., Cai, X., Amarasinghe, U., Rosegrant, M., Molden, D., 2004. Does international cereal trade save water? The impact of virtual water trade on global water use. *Comprehensive Assessment Research Report 4*. Colombo, Sri Lanka, Comprehensive Assessment Secretariat.
- Hatirli, S.A., Ozkan, B., Fert, C., 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renew. Energ. J.* 31, 427-438.
- Jasemi, K.H., Behdani, M.A., Korduni, F., Nasiri, N., 2011. Checking of changes in area under cultivation and the saffron *Crocus sativus* L. and predict future status case study: South Khorasan province. The First National Conference Strategies to Achieve Sustainable Agriculture, Ahvaz, Payame Noor University Khuzestan province. [In Persian].
- Kafi, M., Rashed Mohasel, M.H., Koocheki, A., Mollafilabi, A., 2002. *Saffron, Production and Processing*. Zaban va Adab Publications, Iran. 276 p. [In Persian].
- Khalilian, S., Chizari, A., Afsari Badi, R., 2012. Determining the optimal planting crops with an emphasis on maximum social benefits and Net virtual water import, Case study: Varamin. *Agric. Econ. Dev.* (79), 1-23. [In Persian].
- Khasheisiuki, A., Ghahraman, B., Kouchakzadeh, M., 2013. Application of agriculture water allocation and management by PSO optimization technical (Case study: Neyshabur Plain). *J. Water Soil.* 27(2), 292-303. [In Persian with English Summary].
- Kuzehgaran, S., Musavibayegi, M., Sanayinezhad, S.H., Behdani, M.A., 2011. Study of the minimum, average and maximum temperature in South Khorasan to identify relevant areas for saffron cultivation using GIS. *J. Water Soil.* 25(4), 892-904. [In Persian with English Summary].
- Mohammadi, H., 2013. A regional approach to vulnerability analysis of water resources system in Birjand Plain to water scarcity. MSc dissertation, Faculty of Agriculture, the University of Birjand, Iran. [In Persian with English Summary].
- Mohammadian, F., Alizadeh, A., Nayrizi, S., Arabi, A., 2007. Development of a sustainable cropping pattern based on virtual water trade. *Iran. J. Irrig. Drain.* 2(1), 126-109. [In Persian with English Summary].
- Nakhaei, M., 2012. A study on hierarchy analysis for determination appropriate crop pattern (Case study: Birjand Plain). MSc Dissertation, Faculty of Agriculture, the University of

- Birjand, Iran. [In Persian with English Summary].
- Nejad Shamloo, A.R., Ghezelsoloo, A.A., 2009. Virtual water a solution to water crisis in arid and semi-arid countries. First International Conference on Water Resources Management, Shahrood University of Technology, Iran. [In Persian with English Summary].
- Sabuhi, M., Soltani, G.H., 2008. Optimizing cropping patterns in the Catchment area with an emphasis on social benefits and net imports of virtual water: Case study of Khorasan Province. *Sci. Technol. Agric. Natur. Resour.* 43, 313-297. [In Persian with English Summary].
- Sadeghian, A., Vagheei, Y., Mohammadzadeh, M., 2011. Spatial-temporal prediction of groundwater level in Birjand region using Kriging method. *J. Water Wastewater.* (1), 94-100. [In Persian with English Summary].
- Shamsabadi, V., Mohammadianfar, A., Esmaeljami, U., 2012. Application and Properties of saffron. National Conference of Saffron Latest Research, Integrated Higher Education Torbat Heidarieh. [In Persian].
- Velazquez, E., 2007. Water trade in Andalusia, virtual water: An alternative way to manage water demand. *J. Ecol. Econ.* 63(1), 201-208.
- Zia, H., Lashkaripour, G.H., Rostami barani, H.R., 2006. Geoelectric study Artificial recharge Flood Distribution in the Birjand for Detection of hydrogeological conditions. Tenth Symposium of Geological Society of Iran, Tarbiat Modarres University. [In Persian].

## Changes in cropping pattern and intensification based on virtual water with the saffron centrality (Case Study: Birjand plain)

Fatemeh Pour Salehi<sup>1\*</sup>, Abbas Khashei Siuki<sup>2</sup> and Zahra Bidokhti<sup>1</sup>

1- Msc in Water Resource Engineering, University of Birjand, Iran

2-Assistant Professor of Water Engineering Department, University of Birjand, Iran

\*- Corresponding author E-mail: poursalehi1990@gmail.com

Pour Salehi, F., Khashei Siuki, A., and Bidokhti, Z., 2015. Changes in pattern and cultivation intensity based on virtual water with the saffron centrality (Case Study: Birjand plain). *Journal of Saffron Research*. 3(1): 18-30.

Submitted: 17-12-2013

Accepted: 09-09-2014

### Abstract

Agricultural in economies of developing countries especially Iran has an effective role. For having sustainable sources in agriculture choose a suitable cropping patterns in which besides the maximize income condition for farmers has essential role in appropriate use of resources. Saffron is an Iranian valuable export products that is produced in arid and semi arid areas of south of Khorasan (about 95 percent) and is cultivated in some parts of country. The plenty economic value of saffron in global markets and jobs and appropriate income that grow this crop has followed, substantial economic returns has created for this product. This study with the purposes for development of saffron emphasizing in the value of virtual water was performed in Birjand. For this purpose initially amount of virtual water and its value using information such as water requirement, yield and crop price in two cases exports and imports for eight products cotton, jujube, saffron, wheat, tomatoes, melons, onions, and alfalfa were calculated and then optimal cultivation of each crop was estimated by using linear programming model Lingo. Two scenarios were also defined that in the first scenario, the area under crops was limited to 1.5 times for the existing level and this limitation was removed in the second scenario. Results of virtual water for two scenarios showed that saffron cultivation in Birjand were created high income equivalent to 4676.26 million Rials compared to other seven products, priority on cultivation. Under cultivation surface is obtained equivalent to 2010 ha for the first scenario and 12188.65 ha for the second scenario compared with existing area under cultivation (1340 ha) has significantly increased.

**Keywords:** Arid and semiarid, Exports and imports, LINGO, Scenario, Sustainable resource