

مقاله علمی-پژوهشی

## اولویت‌بندی الگوی کشت محصولات باغی با ترکیب مفاهیم آب مجازی (مطالعه موردی استان کردستان)

پویا رحمانی<sup>۱</sup>، محمدعلی غلامی سفیدکوهی<sup>۲\*</sup>، مجتبی خوش‌روش<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۵/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۱۴

### چکیده

با توجه به کمبود منابع آب و پراکنش مکانی اراضی حاصلخیز، به منظور افزایش بهره‌وری مصرف آب و امنیت غذایی، به کارگیری الگوی کشت مناسب امری ضروری است. هدف از این پژوهش دستیابی به الگوی کشت در استان کردستان با استفاده از روش مبادلات آب مجازی می‌باشد. داده‌های این پژوهش شامل اطلاعات سطح زیر کشت و عملکرد ۲۲ محصول باغی، آبیاری، داده‌های هواشناسی، جمعیت، مصرف سرانه محصولات غذایی و قیمت طی دوره آماری ۱۰ ساله (۱۳۹۸-۱۳۸۹) است. مقادیر نیاز آبی، آب مجازی کل، آب مجازی سبز، آب مجازی آبی و بیلان آب مجازی برای تمام محصولات محاسبه شد. نتایج نشان داد، افزایش عملکرد محصولات نقش مهم‌تری در رسیدن به امنیت آبی و امنیت غذایی در مقایسه با افزایش سطح زیر کشت در این استان دارد. علاوه بر این، عدم توجه به پراکنش مکانی کشت محصولات باغی باعث افزایش متوسط آب مجازی به میزان ۲۶/۷۵ مترمکعب بر کیلوگرم در سطح استان کردستان شد. آب مجازی آبی در سطح استان حدود ۹۷/۴ درصد از کل آب مجازی تمام محصولات را شامل می‌شود که نشان از وابستگی بخش کشاورزی به آبیاری در منطقه دارد. به‌طور کلی، براساس سه شاخص آب مجازی کل، ارزش واحد آب و نسبت آب موردنیاز به آب مجازی در دسترس از میان محصولات باغی مورد بررسی در استان، مناسب‌ترین الگوی کشت به ترتیب اولویت‌بندی‌ها محصولات باغی شامل محصولات دانه‌ریز، سردسیری، خشک، هسته‌دار و دانه‌دار می‌باشد. بر اساس یافته‌های این پژوهش، پیشنهاد می‌شود برای کاهش وابستگی به منابع آب جدید، تمرکز بر توسعه محصولات باغی دانه‌ریز و سردسیری و همچنین کشت محصولات باغی با بهره‌وری بیشتر، کشت شود.

واژه‌های کلیدی: آب آبی، امنیت غذایی، بهره‌وری آب، مدیریت منابع آب

### مقدمه

به محصولات کشاورزی بیش‌تر (به‌ویژه میوه) برای تأمین امنیت غذایی از یک سو و محدودیت منابع آب‌و خاک به‌عنوان بستر اصلی تولیدات کشاورزی، از سوی دیگر، مسئله کم‌آبی را به‌گونه‌ای بسیار جدی پیش روی کشور قرار داده است (Jafari et al., 2016). با توجه به نیاز روزانه بشر به محصولات کشاورزی از قبیل میوه‌جات در رژیم غذایی، تولید میوه کافی برای تأمین امنیت غذایی مستلزم افزایش و بهبود بهره‌وری تولید از اراضی باغی می‌باشد. این امر، می‌تواند علاوه بر تأمین سرانه مصرف روزانه میوه، فرصت مناسبی را برای افزایش درآمد کشاورزان و ارزآوری غیرنفتی در کشورهای با درآمد کم را فراهم کند (FAO<sup>۴</sup>, 2014). بخش کشاورزی محور اصلی اقتصاد و اشتغال استان کردستان است. یک میلیون و ۲۱۷ هزار و ۳۸ هکتار از مساحت استان کردستان به اراضی کشاورزی اختصاص

بخش کشاورزی ۷۰ تا ۹۰ درصد از آب شیرین را در کره زمین مصرف می‌کند و در ایران، سهم این بخش بیش از ۹۰ درصد است (Mohsenzadeh And Fokohi, 2019). ایران یکی از کشورهای واقع در کمربند خشک کره زمین است که با مشکل کم‌آبی و خشک‌سالی‌های متناوب مواجه است. افزایش روزافزون جمعیت و نیاز

۱- دانشجوی دکتری گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران  
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران  
۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران  
(\*- نویسنده مسئول: Email: magholamis@yahoo.com)

نشان داد که در الگوی کشت بهینه در سطح دشت، تنها محصول گندم به مقدار ۷۱ هزار هکتار دارای اهمیت است و سایر محصولات زراعی در الگو کشت بهینه جایی ندارند. همچنین خالص واردات آب مجازی در الگوی کشت مدل نسبت به الگوی کشت موجود منطقه به مقدار ۳۱۰ میلیون مترمکعب از برداشت منابع آبی منطقه کاسته است (Hosseini et al., 2017). سیدیان و فیروزآبادی در مطالعه‌ای باهدف تحلیل آب مجازی محصولات اساسی بخش کشاورزی استان همدان به این نتایج دست یافتند که محصولاتی نظیر گندم، جو، یونجه و ذرت دانه‌ای جزء محصولاتی با بهره‌وری پایین و آب مجازی بالا در استان همدان می‌باشد و محصولاتی عمده نظیر گندم، سیب‌زمینی، جو، یونجه، چغندرقد، ذرت دانه‌ای و سیر به ترتیب ۳۳، ۳۹۵، ۳۴، ۳۳/۸، ۶۹، ۶۰ و ۱۸/۵ میلیون مترمکعب صادرکننده آب مجازی می‌باشند و حجم صادرات آب مجازی این محصولات در سال ۱۳۹۴ حدود ۶۶۵ میلیون مترمکعب از استان همدان برآورد شد. از این رو، پیشنهاد گردید به دلیل کمبود آب در استان همدان از کشت محصولاتی نظیر سیب‌زمینی، و چغندرقد کاسته و محصولاتی نظیر ذرت علوفه‌ای و سیر که به آب مجازی کمتری نیاز دارند و با شرایط آب و هوایی این استان نیز سازگاری بهتری دارند جایگزین شوند (Seyedan and Firozabadi, 2018).

در استان کردستان مطالعات زیادی در خصوص تعیین الگوی کشت بهینه صورت گرفته است (ورزیری و همکاران، ۱۳۹۵؛ زمانی و همکاران، ۱۳۹۳؛ اسعدی و همکاران، ۱۳۹۸؛ شریعتی و همکاران، ۱۴۰۰) اما استفاده از مفهوم آب مجازی و تاثیر آن بر اصلاح الگوی کشت محصولات باغی در این استان بررسی نشده است. از این رو، با توجه به وجود کمبود پژوهشی در این زمینه و شرایط محدودیت منابع آبی، لازم است راهکارهایی برای اولویت‌بندی کشت محصولات با نیاز آبی کمتر و عملکرد بالاتر برای کاهش آثار منفی این محدودیت‌ها بررسی شود. بر این اساس، هدف تحقیق حاضر بررسی و تعیین اولویت‌بندی مناسب برای کشت محصولات باغی با استفاده از شاخص آب مجازی و مفهوم ارزش اقتصادی آب در استان کردستان می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

استان کردستان با مساحت ۲۸۲۰۳ کیلومترمربع در غرب ایران و در دامنه‌ها و دشت‌های پراکنده سلسله جبال زاگرس میانی قرار دارد. موقعیت استان کردستان در کشور و شهرستان‌های آن در شکل ۱ ارائه شده است. این استان دارای منابع آبی قابل‌توجهی است و در زمره مناطق پر آب کشور محسوب می‌شود. بخش عمده‌ای از ۵ حوزه آبریز کشور شامل قزل‌اوزن، زرینه‌رود، کرخه، سیروان و زاب کوچک

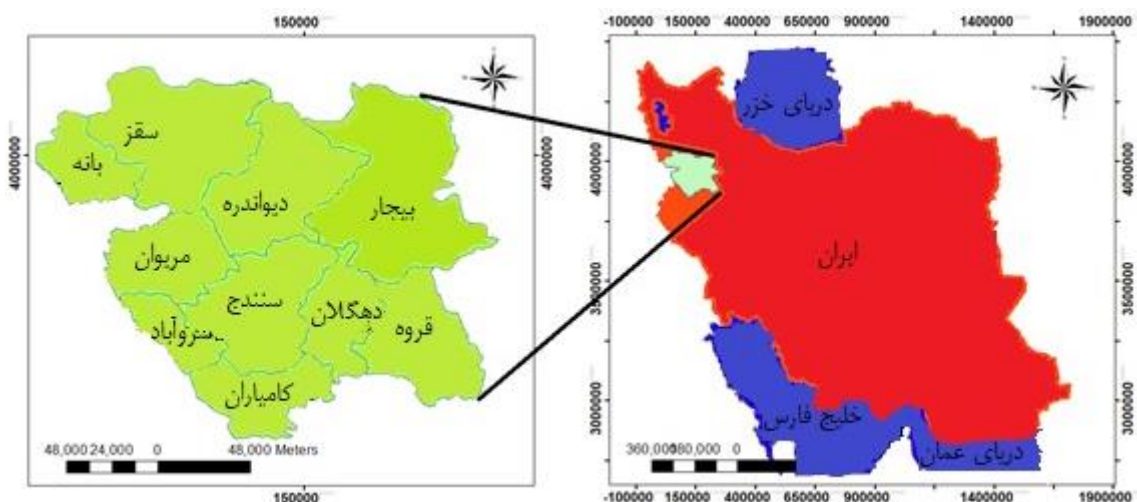
دارد که این میزان حدود پنج درصد اراضی کشاورزی کشور را تشکیل می‌دهد؛ از این مقدار، ۵۲ هزار و ۶۷۰ هکتار به اراضی باغی اختصاص دارد که میزان تولید سالانه از این باغات ۴۴۳ هزار تن می‌باشد (قادرزاده و همکاران، ۱۳۹۶). میانگین شاخص امنیت غذایی شهری استان کردستان در سال ۱۳۹۶ معادل ۵۴/۷ درصد ارزیابی شد (پروهان و همکاران، ۱۴۰۰). این شاخص نشان‌دهنده آسیب‌پذیر بودن امنیت غذایی در سطح استان کردستان می‌باشد. اگر چه استان کردستان در ابتدای دهه ۹۰ جزء استان‌های دارای امنیت آبی بود اما، خشک‌سالی‌های چند سال اخیر و مصرف بیش از ۹۵ درصد منابع آب در بخش کشاورزی باعث بروز مشکلات متعدد و حادی در بخش تأمین آب برای مصارف مختلف شرب، کشاورزی و صنعت شده است (مالکی و همکاران، ۱۴۰۰؛ باغبانیان و همکاران، ۱۳۹۹). بنابراین لازم است راهکارهایی را برای هم‌زیست شدن و سازگاری با شرایط اتخاذ کرد.

آب مجازی برای اولین بار در سال ۱۹۹۳ توسط آلن به کار گرفته شد (Allan, 1993). با مطرح‌شدن ایده آب مجازی در سال‌های اخیر، روشن شده است که حجم زیادی از آب به‌صورت مجازی بین کشورهای مختلف جهان جابجا می‌شود (Zhang et al., 2014). (Ababaei and Ramezani Etedali, 2017). مطالعات متعددی به‌منظور نهادینه کردن این مفهوم در مدیریت یکپارچه منابع آب ایران انجام شده است. در پژوهشی افشار و همکاران با هدف تعیین مقدار و ارزش آب مجازی محصولات عمده‌ی زراعی استان کرمانشاه شامل گندم آبی و دیم، جو آبی و دیم، نخود دیم، ذرت دانه‌ای، چغندرقد و گوجه‌فرنگی طی سال زراعی ۹۳-۹۴ پرداختند. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار آب مجازی با ترتیب مربوط با محصول گندم آبی (۰/۴۳۷-۰/۶۲۴ مترمکعب بر کیلوگرم) و گوجه‌فرنگی (۰/۰۹۳-۰/۳۸۵ مترمکعب بر کیلوگرم) بوده است. یکی از نتایج دیگر این تحقیق تعیین پهنه‌بندی مناسب برای تولید محصولات مورد مطالعه بر اساس سهم آب مجازی سبز و آبی بوده است که تأثیر به‌سزایی در امنیت غذایی و امنیت آبی کشور و استان کرمانشاه دارد (Afshar et al., 2020). در مطالعه‌ای دیگر مردانی و همکاران به بررسی تعیین الگوی کشت بهینه با استفاده از روش مبادلات آب مجازی در ۲۳ شهرستان استان اصفهان پرداختند. پژوهشگران دریافتند که استان اصفهان در الگوی کشت جاری خود ۱۱۸/۷ میلیون مترمکعب صادرات آب مجازی دارد و اجرای الگوی چندمعیاره منجر به بهبود خالص واردات آب مجازی مقدار ۱۳۶،۵ میلیون مترمکعب می‌گردد (Mardani et al., 2018).

در مطالعه‌ای حسینی و همکاران به تعیین الگوی کشت بهینه ۵ محصول زراعی (گندم، جو، یونجه، سیب‌زمینی و چغندرقد) دارای ارزش اقتصادی و صنعتی دشت بهار همدان با تأکید بر آب مجازی مبادله شده و منافع خالص اجتماعی آن‌ها پرداختند. نتایج این پژوهش

مترمکعب برآورد می‌شود (مرتضایی فریزهندی و همکاران، ۱۳۹۹).

در استان کردستان قرار دارد. مجموع رواناب‌های سطحی سالانه حاصل از ریزش‌های جوی در حوزه‌های آبریز پنج‌گانه، ۷۷۸۶ میلیون



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان کردستان و شهرستان‌های آن

محاسبه می‌شود.

$$\begin{cases} P_{eff} = \frac{p \times (125 - 0.2 \times 3 \times p)}{125} & \text{for } P \leq \frac{250}{3} \text{ mm} \\ P_{eff} = \left(\frac{125}{3}\right) + 0.1 \times P & \text{for } P > \frac{250}{3} \text{ mm} \end{cases} \quad (1)$$

در این رابطه،  $P_{eff}$  بارش مؤثر و  $P$  بارش سالانه. پس از محاسبه-ی آب سبز و آب آبی، مقدار آب مجازی سبز و آب مجازی آبی با استفاده از روابط ۲ و ۳ به دست آمد (Karandish et al., 2015).

$$GVW_{ij} = \frac{P_{eij}}{Y_{ij}} \times 10 \quad (2)$$

$$BVW_{ij} = \frac{CWD_{ij} - P_{eij}}{Y_{ij}} \times 10 \quad (3)$$

که در آن‌ها،  $GVW_{ij}$  آب مجازی سبز ( $m^3 kg^{-1}$ )،  $BVW_{ij}$  آب مجازی آبی ( $m^3 kg^{-1}$ )،  $P_{eij}$  بارش مؤثر  $CWD_{ij}$  (mm) نیاز آبی گیاه ( $mm$ )،  $Y_{ij}$  عملکرد محصول ( $kg ha^{-1}$ ) و  $i$  و  $j$  زبده ترتیب نشان‌دهنده‌ی نوع محصول و شهرستان می‌باشند. ضریب ۱۰ برای تبدیل عمق آب مصرفی به حجم برحسب مترمکعب در واحد سطح می‌باشد. میزان آب مجازی کل از مجموع آب مجازی سبز و آبی به دست آمد. بهره‌وری آب نیز به صورت معکوس آب مجازی کل محاسبه شد. به منظور محاسبه‌ی تجارت آب مجازی، امنیت غذایی به صورت حاصل ضرب مصرف سرانه محصول در تعداد جمعیت به علاوه‌ی ۲۰ درصد ذخیره در نظر گرفته شد (Wang et al., ۲۰۱۳). مصرف سالانه محصولات باغی و جمعیت هر شهرستان در جدول ۱ ذکر شده است. به این ترتیب، اگر میزان یک گروه از محصولات در یک شهرستان، بیش‌تر از حد نیاز باشد، محصول مازاد صادر می‌شود و چنانچه کم‌تر از آن باشد (کسری محصول)، وارد خواهد شد،

#### داده‌های مورد استفاده

اطلاعات سطح زیر کشت و عملکرد ۲۲ محصول باغی عمده استان کردستان در بازه زمانی ۱۳۸۹ لغایت ۱۳۹۸ جمع‌آوری شد. این محصولات بر اساس تقسیم‌بندی فائو در پنج کلاس عمده شامل میوه‌های دانه‌دار (سیب، گلابی، به)، هسته‌دار (آلبالو، گیلاس، گوجه، آلو، هلو، شفتالو، زردآلو، شلیل)، دانه‌ریز (انگور، توت درختی، توت‌فرنگی، تمشک)، خشک (گردو، بادام، پسته، فندق، سنجد) و سردسیری (زالزالک، سماق) طبقه‌بندی شد (Allen et al., 1998). اطلاعات هواشناسی از قبیل بارش روزانه، دما، رطوبت نسبی و سرعت باد در بازه زمانی ۱۳۸۹ لغایت ۱۳۹۸ از سازمان هواشناسی و جمعیت از مرکز آمار ایران دریافت شد.

#### تعیین آب مجازی

آب مجازی سبز و آب مجازی آبی و همچنین میزان بارش مؤثر برای تمامی محصولات باغی به تفکیک هر شهرستان در طول سال آماری ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ در محیط Microsoft Excel صورت پذیرفت. با استفاده از سطح زیر کشت، میانگین ۱۰ ساله پارامترهای آب مجازی در مقیاس استان و شهرستان برای هر یک از پنج کلاس محصولات بررسی گردید. بر اساس منابع موجود، می‌توان گفت که روش آبیاری در استان کردستان معمولاً سنتی است و منابع آبی در این منطقه اکثراً منابع آب سطحی هستند. نیاز آبی محصولات با استفاده از نرم‌افزار CROPWAT محاسبه گردید (FAO, 2013). مقدار آب سبز (بارش مؤثر) با استفاده از رابطه سازمان خاک حفاظت آمریکا تعیین شد (FAO, 2014). میزان بارش مؤثر از رابطه (۱)

نشان می‌دهد. در نهایت تراز آب مجازی ( $VWB_{ij}$ ) با رابطه‌ی (۵) محاسبه شد.

$$VWB_{ij} = EVW_{ij} - IVW_{ij} \quad (۵)$$

اگر بیلان آب مجازی در یک منطقه مثبت باشد، آن منطقه صادرکننده‌ی خالص محصول و اگر منفی باشد، واردکننده‌ی خالص خواهد بود. تجارت آب مجازی در هر شهرستان و استان محاسبه شد.

به این ترتیب، میزان تجارت آب مجازی از رابطه‌ی (۴) محاسبه شد (Karandish et al., 2015).

$$EVW_{ij} \text{ or } IVW_{ij} = IC_{ij} \times TVW_{ij} \quad (۴)$$

که در آن  $EVW_{ij}$  و  $IVW_{ij}$  به ترتیب صادرات و واردات آب مجازی،  $IC_{ij}$  کسری و یا مازاد محصول تولیدی و  $TVW_{ij}$  میزان آب مجازی کل محصول موردنظر می‌باشد. مقادیر مثبت  $IC_{ij}$  نشان دهنده‌ی مازاد محصول و علامت منفی آن کسری محصول را

جدول ۱- مصرف سالانه محصولات باغی و تعداد جمعیت به تفکیک شهرستان

شهرستان	جمعیت (نفر)	مصرف سالانه (kg)
بانه	۱۵۸۶۹۰	۲۲۲۱۶۶۰۰
بیجار	۸۹۱۶۲	۱۳۴۸۲۶۸۰
سقز	۲۲۶۴۵۱	۳۱۷۰۳۱۴۰
سنندج	۵۰۱۴۰۲	۷۰۱۹۶۲۸۰
قروه	۱۴۰۱۹۲	۱۹۶۲۶۸۸۰
دیواندره	۸۰۰۴۰	۱۱۲۰۵۶۰۰
دهگلان	۶۴۰۱۵	۸۹۶۲۱۰۰
کامیاران	۱۰۲۸۵۶	۱۴۳۹۹۸۴۰
سروآباد	۴۴۹۴۰	۶۲۹۱۶۰۰
مریوان	۱۹۵۲۶۳	۲۷۳۳۶۸۲۰

کشاورزی پایدار مستلزم اتخاذ تصمیماتی جهت جلوگیری از تخریب محیط‌زیست خواهد بود. در هر صورت، هر میزان کاهش در شاخص  $Rt$ ، به افراد اجازه خواهد داد تا بخشی از آب را جهت استفاده‌های اقتصادی - اجتماعی ضروری تر ذخیره نمایند سالاری و همکاران (۱۳۹۳). به این ترتیب بر اساس میانگین حسابی از سه شاخص فوق، اولویت‌بندی کشت مناسب برای هر شهرستان و همچنین در سطح استان پیشنهاد گردید.

## نتایج و بحث

### ارزیابی الگوی کشت فعلی

شکل ۲ درصد سطح زیر کشت و درصد تولیدات باغی به تفکیک شهرستان‌های استان کردستان را نشان می‌دهد. یافته‌ها نشان می‌دهد، طی بازه ۱۰ ساله دوره بررسی، افزایش ۳۲ درصدی سطح زیر کشت منتج به افزایش ۱۵۰ درصدی تولیدات باغی شد. هرچند این مساله باعث افزایش امنیت غذایی می‌شود، اما برداشت‌های بی‌رویه از منابع آب سطحی و زیرزمینی به منظور تأمین نیاز آبی محصولات باغی باعث افزایش فشار بر منابع محدود استان می‌شود. بیش‌ترین میانگین ۱۰ ساله سطح زیر کشت مربوط به شهرستان سنندج (۲۸ درصد) و شهرستان دیواندره با سهم ۲ درصد، کم‌ترین میانگین را در کل سطح زیر کشت استان به خود اختصاص داده است. نتایج نشان

### اولویت‌بندی الگوی کشت

جهت تعیین الگوی کشت بهینه در این پژوهش، نحوه توزیع مکانی آب مجازی در استان کردستان بر اساس سه شاخص مورد بررسی قرار گرفت این شاخص‌ها، شامل میزان آب مجازی کل، ارزش واحد آب آبی و شاخص  $Rt_i$  (میزان آب آبیاری مورد نیاز به حد مجاز برداشت از منابع آب موجود) بودند. هرچه میزان آب مجازی کم‌تر باشد، صرفه‌جویی در میزان آب مصرفی بیشتر خواهد بود. با این وجود، قبول یک طرح جدید توسط کشاورزان نیازمند توجیه اقتصادی آن خواهد بود. از این رو، ارزش واحد آب با استفاده از رابطه‌ی (۶) محاسبه گردید.

$$UBVW_{ij} = \frac{cpi}{BVW_{ij}} \quad (۶)$$

که در آن  $UBVW_{ij}$  ارزش واحد آب (ریال بر مترمکعب) و  $cpi$  (ریال بر کیلوگرم) درآمد ناشی از محصول  $i$  ام می‌باشد. مقادیر بالاتر این شاخص درآمد بیشتر به ازای واحد آب مصرفی را نشان می‌دهند. شاخص  $Rt$  میزان فشار بر منابع آبی در منطقه موردنظر را نشان می‌دهد. اگر  $Rt > 1$  باشد، نشان می‌دهد که حجم آب اختصاص داده‌شده به بخش کشاورزی جهت تأمین نیاز آبی گیاهان مورد بررسی کافی نیست. این مسئله باعث بهره‌برداری غیرمجاز از منابع آبی موجود خواهد شد. در چنین شرایطی، رسیدن به امنیت غذایی و

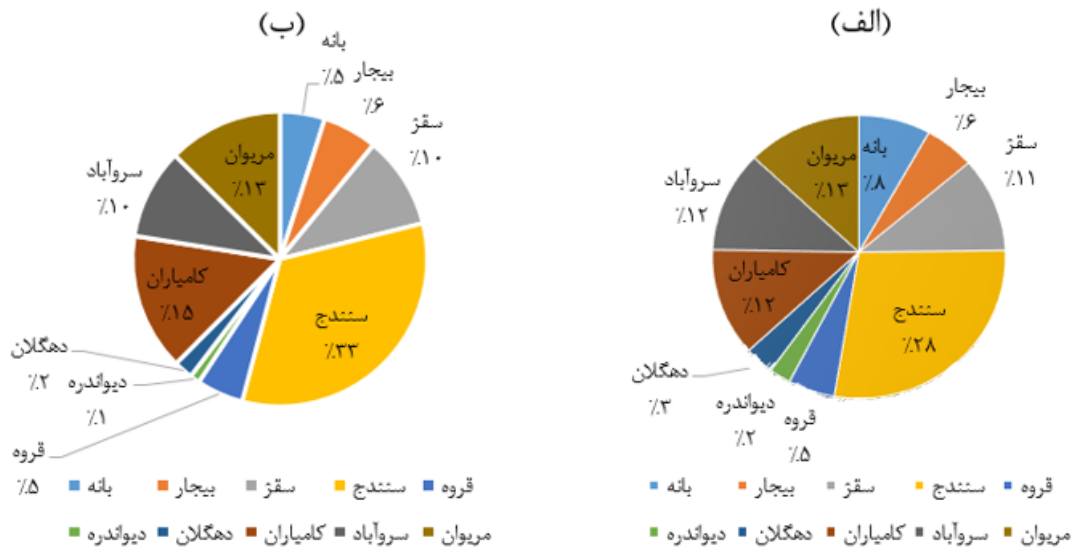
بین ۱۱ - ۶ درصد، نقش اندکی در تأمین نیاز آبی محصولات باغی مورد بررسی دارد. میانگین نیاز آبی محصولات باغی در استان بین ۱۹۸۰ میلی‌متر (برای محصولات دانه‌دار) تا ۶۵۷ میلی‌متر (برای محصولات دانه‌ریز) متغیر می‌باشد. با این وجود، نیاز آبی به‌تنهایی نمی‌تواند معیار مناسبی برای ارزیابی الگوی کشت در یک منطقه باشد. آب مجازی به دلیل در نظر گرفتن هم‌زمان بهره‌وری آب و عملکرد محصول، معیار مناسب‌تری است. به عنوان نمونه، میوه‌های دانه‌ریز علی‌رغم زیاد بودن نیاز آبی، به دلیل عملکرد مطلوب، تقریباً کم‌ترین آب مجازی آبی را دارند؛ ولی میوه‌های خشک، به دلیل نیاز آبی نسبتاً بالا، رتبه‌ی اول را از نظر آب مجازی کل به خود اختصاص دادند. پایین بودن عملکرد محصول در این گروه و نیاز آبی نسبتاً بالای آن‌ها، باعث خواهد شد تا کشت آن‌ها در استان به دلیل آب مجازی بسیار بالا، فشار مضاعفی را بر منابع آبی وارد کند. همچنین، سطح زیر کشت نسبتاً زیاد و مصرفی بیش از ۱۴/۵ میلیون مترمکعب آب آبی در فصول کشت میوه‌های خشک، ارزشی معادل ۱۰۳۴۴ ریال به ازای هر مترمکعب آب مصرفی عاید کشاورزان خواهد نمود. میوه‌های دانه‌ریز با آب آبی معادل ۰/۸۶ مترمکعب بر کیلوگرم، ۴۶۵۱۱ ریال به ازای هر مترمکعب آب مصرفی درآمدزایی برای کشاورزان دارد. نتایج ارزیابی شاخص آب مجازی کل نشان داد محصولات دانه‌ریز با ۰/۹ مترمکعب بر کیلوگرم کم‌ترین و محصولات خشک با ۱۴/۹ مترمکعب بر کیلوگرم بیش‌ترین مقدار را داشتند. شاخص ارزش واحد آب برای محصولات دانه‌ریز با ۴۶۵۱۱ ریال بر مترمکعب بیش‌ترین و محصولات دانه‌دار با ۵۰۸۴ ریال بر مترمکعب کم‌ترین ارزش را دارند.

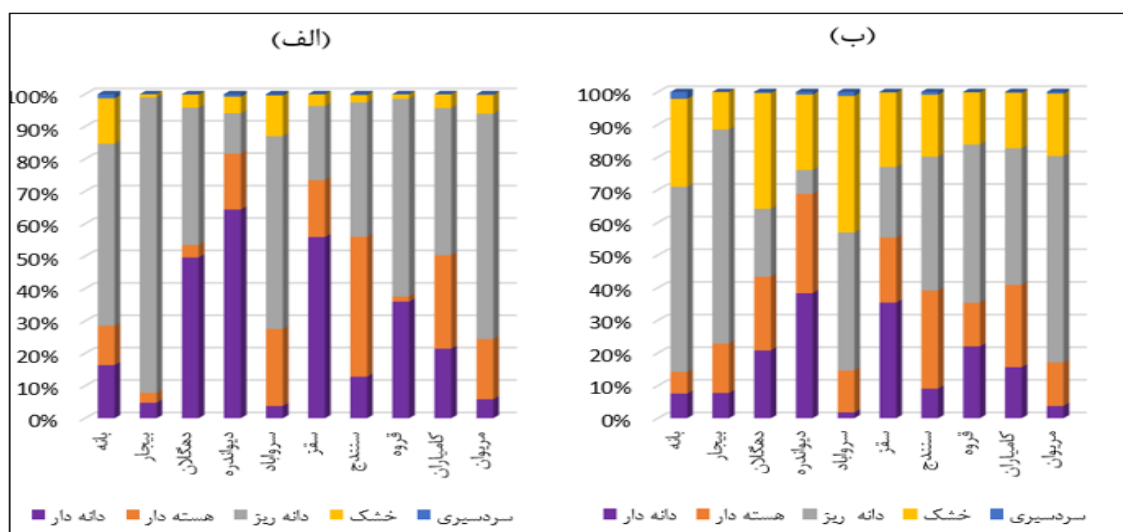
داد ۳۳ درصد از کل تولیدات باغی استان کردستان در سنندج تولید می‌شود و شهرستان دیواندره با ۱ درصد در جایگاه آخر تولیدات باغی قرار دارد.

میانگین ۱۰ ساله‌ی پراکنش سطح زیر کشت و میزان تولیدات باغی در طبقه‌بندی پنج‌گانه به تفکیک شهرستان‌های مختلف استان در شکل ۳ ارائه شده است. به‌طور کلی نتایج نشان داد شهرستان‌های بیجار، مریوان و قروه برای محصولات باغی دانه‌ریز، شهرستان‌های دیواندره، سقز و دهگلان برای محصولات باغی دانه‌دار، شهرستان‌های سنندج، کامیاران و مریوان برای محصولات باغی هسته‌دار، شهرستان‌های سروآباد، دهگلان و بانه برای محصولات خشک و شهرستان‌های بانه، سروآباد و سنندج بیش‌ترین سطوح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌اند. به‌طور کلی مطابق با شکل ۳ نتایج نشان می‌دهد که میزان درصد تولیدات باغی با مساحت سطح کشت این محصولات مطابقت ندارد به‌عنوان مثال در شهرستان سروآباد میزان تولید محصولات دانه‌ریز بیشتر از مساحت اختصاص داده شده به این محصول است و همچنین در این شهرستان میزان تولید محصولات خشک کمتر از مساحت اختصاصی به این محصول می‌باشد، برای بیشتر شهرستان این موضوع صدق می‌کند که این امر بیانگر الگوی نامناسب کشت محصولات باغی در استان کردستان می‌باشد.

### مصارف آبی و آب مجازی

میانگین ۱۰ ساله آب مجازی و اجزای آن برای گروه‌های مختلف محصولات باغی استان در جدول ۲ ارائه شده است. آب سبز با سهمی





شکل ۳- الف) میانگین ۱۰ ساله پراکنش مکانی الگوی کشت از نظر سطح زیر کشت (ب) میانگین ۱۰ ساله پراکنش مکانی تولیدات باغی

جدول ۲- میانگین ۱۰ ساله‌ی آب مجازی و اجزای آن در استان کردستان برای گروه‌های مختلف محصولات باغی

UBVW (Rial/ m <sup>3</sup> )	GWR	TVW (m <sup>3</sup> /kg)	BVW (m <sup>3</sup> /kg)	GVW	CWD	NBW	Peff	محصولات
۵۰۸۴	۱۱	۶/۰۲	۵/۹	۰/۱۲	۱۹۸۰	۱۹۳۹	۴۱	دانه‌دار
۲۵۰۰۰	۶	۱/۸۲	۱/۸	۰/۰۲	۹۸۰	۹۳۹	۲۳	هسته‌دار
۴۶۵۱۱	۸/۵	۰/۹	۰/۸۶	۰/۰۴	۶۵۷	۶۲۶	۳۱	دانه‌ریز
۱۰۳۴۴	۸	۱۴/۹	۱۴/۵	۰/۴	۹۰۴	۸۷۴	۳۰	خشک
۱۹۹۳۳	۷/۳	۳/۱۱	۳/۰۱	۰/۱	۷۸۳	۷۵۷	۲۶	سردسیری

اهمیت اصلاح الگوی کشت محصولات باغی با هدف افزایش درآمد اقتصادی و کاهش آب مصرفی را به اثبات می‌رساند.

### مبادلات محصولات باغی و آب مجازی

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد در محصولات دانه‌دار فقط شهرستان‌های سقز و کامیاران هستند که با تولید ۳/۳ و ۸/۶ هزار تن از این محصول مازاد بر نیاز شهرستان تولید داشته‌اند که این امر بیانگر توان صادر نمودن ۵۲ و ۲۰ میلیون مترمکعب آب مجازی به نواحی دیگر می‌باشد. باقی شهرستان‌ها از نظر تولید این گروه از محصولات باغی، واردکننده‌ی آب مجازی محسوب می‌شوند. نتایج ارزیابی محصولات دانه‌دار نشان می‌دهد که استان کردستان ۷۱ میلیون مترمکعب واردکننده آب مجازی است. برای محصولات هسته‌دار نیز پنج شهرستان دهگلان، سروآباد، سقز، سنندج و کامیاران مازاد بر مصرف سرانه شهرستان تولید این محصول را داشته‌اند و پنج شهرستان بانه، بیجار، دیواندره، قروه و مریوان علاوه بر تأمین نکردن نیاز مصرف سرانه با کمبود تولید این محصول مواجه هستند. نتایج خاطر نشان می‌کند که محصولات هسته‌دار با حجم مازاد ۴۱ میلیون

یافته‌ها نشان می‌دهد محصولات خشک دارای بیش‌ترین آب مجازی در بین سایر محصولات بوده است اما از نظر شاخص ارزش واحد آب محصولات دانه‌دار کم‌ترین ارزش را دارند. همچنین، محصولات دانه‌ریز کم‌ترین میزان آب مجازی را به خود اختصاص می‌دهند که به تبع از نظر شاخص ارزش واحد آب در رتبه اول قرار می‌گیرند. مطابق نتایج به دست آمده عوامل متعددی همچون تغییرات منطقه‌ای نیاز آبی، تغییرات مکانی بهره‌وری تولید محصولات باغی بر تغییرات مکانی آب مجازی تأثیرگذار هستند. از سویی دیگر، عوامل دیگری همچون نوع و گونه‌ی گیاه، ویژگی‌های خاک و نحوه‌ی مدیریت مزرعه نیز می‌تواند با تأثیر بر نیاز آبی، میزان آب مجازی محصولات را به صورت غیرمستقیم تغییر دهد. میزان درجه‌ی حرارت در طول فصل رشد می‌تواند بر میزان تأمین نیاز گرمایی، طول دوره‌ی رشد و متعاقباً عملکرد و آب مجازی تأثیر بگذارد (Fader et al., 2011). میزان بارندگی، تابش خورشیدی سرعت باد نیز به صورت مستقیم روی نیاز آبی تأثیر گذاشته و به دلیل ارتباط خطی بین آب مصرفی و عملکرد، میزان محصول را تغییر می‌دهد که این نتایج با یافته‌های کاراندیش و همکاران (۱۳۹۳) مطابقت دارد. این مسائل،

محصولات باغی مربوط به شهرستان سنندج با ۵۹ میلیون مترمکعب در تولید محصولات خشک می‌باشد. همچنین، شهرستان کامیاران نیز با حجم ۶۰ میلیون مترمکعب برای تولید محصولات سردسیری بیش‌ترین صادرات آب مجازی را به خود اختصاص داده است. باین‌وجود، مقایسه‌ی میزان صادرات و واردات نمی‌تواند معیار قضاوت برای تعیین میزان فشار بر منابع آبی قرار گیرد. تراز آب مجازی معیاری برای تعیین میزان خودکفایی یک منطقه از نظر مصرف آب در تولید محصولات مورد نیاز است (Zhang et al., 2014). از این‌رو رسیدن به خودکفایی تولید در مناطقی که کمبود آب شدید وجود دارد سبب ایجاد فشار مضاعف بر منابع آب شده و پایداری را به مخاطره خواهد انداخت. در چنین شرایطی، اصلاح الگوی کشت ممکن است با کاهش حجم آب آبی مصرفی در بخش کشاورزی، باعث کاهش میزان وابستگی آبی یک منطقه شود.

مترمکعب صادر کننده آب مجازی می‌باشند. در محصولات دانه‌ریز شهرستان‌های دهگلان و دیواندره توان تولیدی برابر با ۰/۲- و ۲/۷۵- هزار تن که این امر نشان‌دهنده‌ی عدم تولید کافی محصول بر اساس نیاز شهرستان‌ها می‌باشد؛ اما سایر شهرستان‌های استان صادر کننده آب مجازی با حجمی برابر ۱۰۸ میلیون مترمکعب می‌باشند. شهرستان‌های بیجار، دیواندره و قروه در تولید محصولات خشک موفق به تأمین مصرف سرانه شهرستان نبوده‌اند در حالی‌که بقیه شهرستان‌های استان علاوه بر مصرف سرانه تولیدی مازاد داشته‌اند. در نهایت استان از نظر تولید محصولات خشک صادر کننده آب مجازی می‌باشد. تمامی شهرستان‌های استان کردستان با کمبود تولید محصولات سردسیری مواجه هستند که نشان می‌دهد استان از نظر تولید محصولات سردسیری با ۱۹۳ میلیون مترمکعب واردکننده آب مجازی می‌باشد. بیش‌ترین واردات آب مجازی در تولید

جدول ۳- مبادلات استانی محصولات باغی و آب مجازی به تفکیک شهرستان

محصولات	پارامتر	واحد	بانه	بیجار	دهگلان	دیواندره	سروآباد	سقز	سنندج	قروه	کامیاران	مریوان
دانه‌دار	Ic	( $\times 10^3$ MCM)	-۳/۹	-۲/۰۷	-۰/۲	-۰/۵	-۰/۹	۸/۶	-۸/۸	-۱/۴	۳/۳	-۵/۸
	IVW	(MCM)	۲۳/۸	۱۲/۴	۱/۲۷	۳/۴	۵/۴	۰	۵۳	۸/۶	۰	۳۵/۲
	EVW	(MCM)	۰	۰	۰	۰	۵۲	۰	۰	۰	۲۰	۰
	BVW	(MCM)	-۲۳/۸	-۱۲/۴	-۱/۲	-۳/۴	-۵/۴	-۵/۴	-۵۳/۱	-۸/۶	۲۰/۳۸	-۳۵/۲
هسته‌دار	Ic	( $\times 10^3$ MCM)	-۴/۲	-۰/۵	-۰/۰۲	-۱/۱	۴/۷	-۱/۸	۱۸/۳	-۳/۱	۸	-۰/۳
	IVW	(MCM)	۷/۷	۱/۰۳	۰	۲/۰۵	۰	۰	۰	۵/۶	۰	۰/۶۵
	EVW	(MCM)	۰	۰	۰/۰۰۴	۰	۸/۶	۱/۴	۳۳/۳	۰	۱۴/۵	۰
	BVW	(MCM)	-۷/۷	-۱/۰۳	-۰/۰۴	-۲/۰۵	۸/۶	-۱/۴	-۳۳/۳	-۵/۶	۱۴/۵	-۰/۶۵
دانه‌ریز	Ic	( $\times 10^3$ MCM)	۱۲/۳	۹/۵	-۰/۲	-۲/۷	۱۹/۸	۶۳/۱	۳۲/۱۳	۳/۷۲	۱۶/۰۶	۲۸/۰۴
	IVW	(MCM)	۰	۰	۰/۱۹	۲/۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	EVW	(MCM)	۱۱/۱	۸/۶	۰	۰	۱۷/۸	۱/۴	۲۸/۹	۳/۳	۱۴/۴	۲۵/۲
	BVW	(MCM)	۱۱/۱	۸/۶	-۰/۱۹	-۲/۴۷	۱۷/۸	۱/۴۷	۲۸/۹	۳/۳۴	۱۴/۴	۲۵/۲
خشک	Ic	( $\times 10^3$ MCM)	۲/۴	-۱/۳	۱/۴	-۱/۶	۱۹/۵	۲/۲	۳/۹	-۲/	۴/۰۳	۲/۹
	IVW	(MCM)	۰	۱۹/۵	۰	۲۴/۴	۰	۰	۰	۳۸/۷	۰	۰
	EVW	(MCM)	۳۶/۹	۰	۲۲/۱	۰	۲۹/۱/۷	۳۳/۶	۵۹/۴	۰	۶۰/۱	۴۳/۳
	BVW	(MCM)	۳۶/۹	-۱۹/۵	۲۲/۱	-۳۴/۴	۲۹/۱/۷	۳۳/۶	۵۹/۴	-۳۸/۷	۶۰/۱	۴۳/۳
سردسیری	Ic	( $\times 10^3$ MCM)	-۵/۷	-۳/۶	-۲/۵	-۳/۲	-۱/۲	-۹/۱	-۱۹/۳	-۵/۶	-۴/۰۲	-۷/۷
	IVW	(MCM)	۱۷/۹	۱۱/۲	۷/۹	۹/۹	۳/۷	۲۸/۴	۶۰	۱۷/۶	۱۲/۵	۲۳/۹
	EVW	(MCM)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
	BVW	(MCM)	-۱۷/۹	-۱۱/۲	-۷/۹	-۹/۹	-۳/۷	-۲۸/۴	-۶۰	-۱۷/۶	-۱۲/۵	-۲۳/۹

باغی فقط در شهرستان سروآباد با مقدار Rt معادل ۰/۹۸ بیش‌تر از نیاز واقعی محصولات باغی بود و در تمامی شهرستان‌های دیگر مقدار آب اختصاص داده شده به محصولات باغی کم‌تر از نیاز واقعی

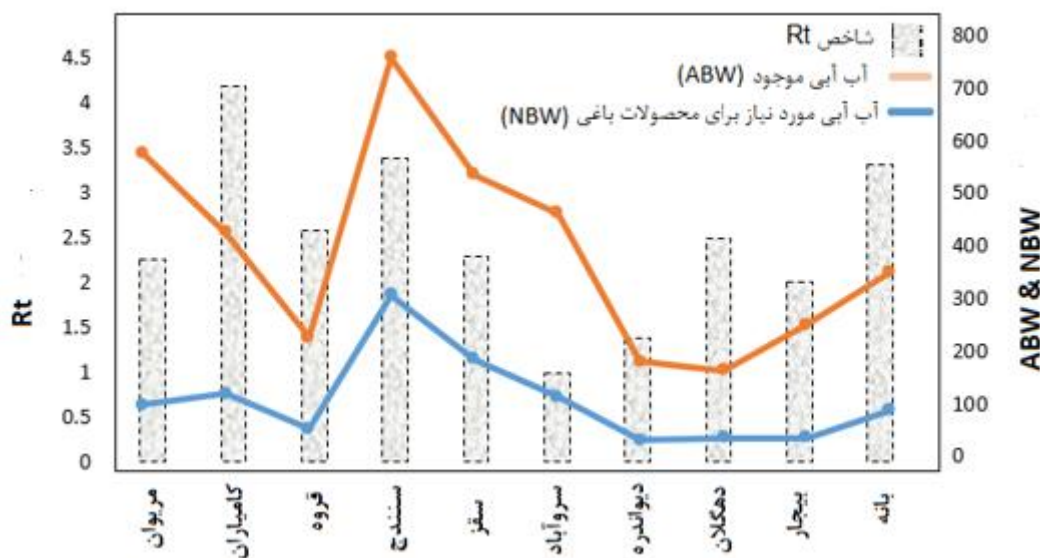
### اولویت‌بندی کشت محصولات باغی

شکل ۴ میزان شاخص Rt در شهرستان‌های مختلف استان را نشان می‌دهد. حجم منابع آبی اختصاص داده شده به محصولات



مساله، برداشت‌های بی‌رویه و غیرمجاز از منابع آب سطحی و زیرزمینی خواهد بود که در نهایت منتج به برداشت‌های بی‌رویه از ذخایر آب سطحی و زیرزمینی خواهد داشت.

محصولات باغی است. در این شرایط، بی‌شک استراتژی کم آبیاری توصیه می‌شود و کشاورزان ناچار به اعمال آن برای حفظ کشاورزی در اراضی خود خواهند بود. اگرچه اعمال این روش راهی منطقی در شرایط بحران کم آبی است ولی کم آبیاری غالباً با کاهش محصول و ضررهای اقتصادی به همراه است (Stone, 2003; Klocke et



شکل ۴- پراکنش مکانی مقادیر شاخص‌های پراکنش مکانی مقادیر شاخص‌های آب آبی موجود، آب آبی مورد نیاز محصولات باغی و نسبت آب آبی مورد نیاز به حد مجاز برداشت از منابع آب موجود

افزایش مصرف آب، ارزش واحد آب کم‌تری دارد. بر اساس متوسط وزنی شاخص‌های آب مجازی آبی و ارزش واحد آب، گروه میوه‌های دانه‌ریز، دانه‌دار، هسته‌دار و خشک به ترتیب اولویت‌های اول تا پنجم را برای کشت در استان دارند. بیش‌ترین نیاز این استان، حذف گروه میوه هسته‌دار و دانه‌ریز است که سهم قابل‌توجهی در سطح زیر کشت دارند.

در نهایت، اولویت‌بندی الگوی کشت مناسب برای هر شهرستان و همچنین در سطح استان بر اساس میانگین حسابی سه شاخص Rt، آب مجازی کل و ارزش واحد آب صورت گرفت. یافته‌های جدول (۴) نشان می‌دهد که سه گروه میوه‌های خشک، دانه‌دار و سردسیری اولویت‌های کشت در بیش‌تر شهرستان‌ها از نظر مزیت نسبی کاشت به خود اختصاص داده و کشت میوه‌های دانه‌ریز و هسته‌دار علاوه بر

جدول ۴- اولویت‌بندی کشت مکانی محصولات باغی در استان کردستان

ترتیب کشت محصولات بر اساس شهرستان									
دانه‌دار	سنندج	سقز	دهگلان	مریوان	بانه	دیواندره	سروآباد	بیجار	دهگلان
هسته‌دار	سنندج	کامیاران	سقز	سروآباد	بانه	دیواندره	بیجار	قروه	دهگلان
دانه‌ریز	سنندج	مریوان	سقز	قروه	بانه	سقز	دهگلان	بیجار	دیواندره
خشک	سروآباد	مریوان	سنندج	کامیاران	بانه	سقز	دهگلان	قروه	دیواندره
سردسیری	سنندج	بانه	مریوان	سروآباد	کامیاران	سقز	دیواندره	دهگلان	قروه

رتبه اول قرار دارد. همچنین کشت محصولات دانه‌ریز و خشک نیز در سه شهرستان دارای اولویت اول کشت می‌باشند. از طرفی محصولات دانه‌ریز در چهار شهرستان بیجار، دهگلان، قروه و مریوان دارای

در جدول (۵) اولویت‌بندی کشت محصولات باغی استان کردستان ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد اولویت کشت محصولات سردسیری در سه شهرستان بانه، دیواندره و سنندج در



با توجه به میزان صادرات و واردات آب مجازی محصولات سردسیری و دانه‌دار وارد کننده آب مجازی بوده و دارای اولویت کشت در شهرستان‌ها می‌باشند. همچنین محصولات دانه‌ریز و خشک بیش‌ترین صادرات آب مجازی را دارند که این مسئله بیانگر اولویت پایین‌تر این محصولات در استان کردستان از نظر صادرات و واردات آب مجازی می‌باشد.

اولویت دوم کشت می‌باشد. محصولات هسته‌دار نیز در سه شهرستان اولویت دوم را داشته است. نتایج ارزیابی نشان می‌دهد به ترتیب محصولات دانه‌ریز، سردسیری، خشک، هسته‌دار و دانه‌دار اولویت اول کشت در استان کردستان می‌باشند. همچنین در تحلیل الگوی کشت محصولات باغی استان کردستان بایستی میزان صادرات و واردات آب مجازی این محصولات نیز در نظر گرفته شود تا با تعیین الگوی کشت اصلاح گامی به سوی مدیریت یکپارچه منابع آب برداشت. لذا

جدول ۵- اولویت‌بندی کشت محصولات به تفکیک شهرستان در استان کردستان

شهرستان	اولویت کشت			
	اول	دوم	سوم	چهارم
بانه	سردسیری	خشک	دانه‌ریز	-
بیجار	خشک	دانه‌ریز	سردسیری	-
دهگلان	دانه‌دار	دانه‌ریز	خشک	هسته‌دار
دیواندره	سردسیری	هسته‌دار	دانه‌دار	خشک
سروآباد	خشک	سردسیری	دانه‌ریز	دانه‌دار
سقز	دانه‌دار	هسته‌دار	خشک	سردسیری
سنندج	سردسیری	هسته‌دار	دانه‌ریز	دانه‌دار
قروه	دانه‌دار	دانه‌ریز	خشک	سردسیری
کامیاران	هسته‌دار	دانه‌دار	دانه‌ریز	خشک
مریوان	خشک	دانه‌ریز	هسته‌دار	سردسیری

افزایش بهره‌وری آب در کشاورزی و جلوگیری از بحران آب موثر باشد. علاوه بر این کشت محصولات با نیازآبی کم می‌تواند کاهش هزینه‌های تولید، افزایش تنوع محصولات و کاهش تاثیرات منفی بر محیط زیست نقش بسزای داشته باشد. به این ترتیب در شرایط موجود استفاده از مفهوم آب مجازی می‌تواند پایداری تولید محصولات باغی در استان کردستان را تا حد زیادی تضمین نماید.

### منابع

- اسعدی، م. ع.، حاجی رحیمی، م. و مرتضوی، ق. ۱۳۹۸. اثرات سیاست محدودیت عرضه آب کشاورزی بر الگوی کشت: مطالعه موردی دشت دهگلان در استان کردستان. نشریه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۱۰۷(۲۷): ۱۱۱-۱۳۲.
- باغبانیان م، امام وردی ق ا، قادرزاده ح، دامن کشیده م. و رشتی، ا. ۱۳۹۹. بررسی آب مجازی و شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات عمده زراعی (مطالعه موردی: شهرستان سقز استان کردستان). نشریه آبیاری و زهکشی ایران. ۱۴(۳): ۱۰۴۶-۱۰۵۴.
- پروهان ف، قادر زاده ح. و حاجی رحیمی، م. ۱۴۰۰. مقایسه وضعیت امنیت غذایی در شهرستان‌های استان کردستان. دوازدهمین کنفرانس ملی اقتصاد کشاورزی کردستان: ۱-۹.

### نتیجه‌گیری

در این پژوهش، وضعیت الگوی کشت محصولات باغی استان کردستان در قالب پنج گروه شامل محصولات دانه‌دار، هسته‌دار، دانه‌ریز، خشک و سردسیری بر اساس سه شاخص شامل نسبت آب مورد نیاز به آب موجود، آب مجازی آبی و ارزش واحد آب آبی ارزیابی شد و مطابق آن مناسب‌ترین الگوی کشت برای هر شهرستان و بهترین مکان برای کشت پنج گروه محصول باغی در استان با هدف کاهش فشار بر منابع آب و حفظ منافع اقتصادی پیشنهاد شد. بر اساس یافته‌های تحقیق حاضر محصولات سردسیری و دانه‌ریز از اولویت کشت بالاتری نسبت به سایر محصولات برخوردار می‌باشند. آنالیز زمانی و مکانی حاکی از وجود یک الگوی کشت نامناسب در محصولات باغی است که منجر به اعمال فشار مضاعف بر منابع آب و تخریب‌های زیست‌محیطی در نتیجه برداشت‌های بی‌رویه و غیرمجاز شده است. علاوه بر آن، با حذف محصولات کم بازده می‌توان تا ۳۰ درصد از آب مصرفی در بخش کشاورزی استان را کاهش داد و اختصاص این سطوح به کشت محصولاتی مانند میوه‌های سردسیری و دانه‌ریز، بهره‌وری آب و درآمد حاصل به ازای آب مصرفی را افزایش خواهد داد. همچنین استفاده از شاخص‌های بهره‌وری فیزیکی و اقتصادی آب می‌تواند بر کاهش فشار بر منابع آب،

- evapotranspiration. *Agronomy journal*. 81(4): 650-662.
- Fader, M., Gerten, D., Thammer, M., Heinke, J., Lotze-Campen, H., Lucht, W. and Cramer, W. 2011. Internal and external green-blue agricultural water footprints of nations, and related water and land savings through trade. *Hydrology and Earth System Sciences*. 15(5): 1641-1660.
- FAO, 2010. AQUASTAT. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>.
- FAO. 2014. *Fao statistical year book. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome: 352-358.*
- Hosseini, Z., Mehrgan, N. and Ebrahimi, M. 2017. Determining the optimal cultivation of crops with emphasis on the maximum social pattern and virtual water purification (Case study of Bahar plain of Hamadan). *Journal of Agricultural Economics*. 8(3):123-143.
- Jafari, j., Malekmahmodi, M., Naserizadeh, M. and Ghomseri, S. 2016. Survey and solutions for water resources management in Iran. *International Conference on Science Research in Technology (Venue: Berlin)*. 2(1):21-29.
- Karandish, F., Salari, S., and Darzi-Naftchali, A. 2015. Application of virtual water trade to evaluate cropping pattern in arid regions. *Water resources management*. 29(11): 4061-4074.
- Klocke, N. L., Schneekloth, J. P., Melvin, S. R., Clark, R. T. and Payero, J. O. 2004. Field scale limited irrigation scenarios for water policy strategies. *Applied engineering in agriculture*. 20(5): 623-642.
- Mardani, M., Ziaei, S. and Nikouei, A. 2018. Optimizing the trade of virtual water in regional cropping pattern of the 1192sfahan province: application of multi-criteria models. *Agricultural Economics and Development*. 25(4): 39-88.
- Mohsenzadeh, R. and Fakouhi, N. 2019. Iran's Water Crisis in relation to the Country's Agriculturization and De-agriculturalization: Explaining the Relationship between Water Crisis in Agriculture Sector and Country's Oil Dependency. *Community Development (Rural and Urban Communities)*. 11(1): 267-292.
- Payero, J.O., Melvin, S.R., Irmak, S., and Tarkalson, D. 2006. Yield response of corn to deficit irrigation in asemiarid climate. *Agricultural Water Management*. 84 (2): 101-112.
- Seyedan, S. M., and Ghadami Firouzabadi, A. 2018. Estimation of virtual water in major crop horticultural crops (Case Study Hamedan province). *Irrigation and Water Engineering*, 9(1): 102-111
- زمانی، ا.، قادر زاده، ح. و مرتضوی، ق. ۱۳۹۳. تعیین الگوی کشت با تأکید بر مصرف بهینه‌ی انرژی و کشاورزی پایدار «مطالعه موردی شهرستان سقز استان کردستان». نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۱۱(۱): ۲۴-۳۶.
- شریعتی، ه.، معتمد وزیری، ب.، گودرزی، م. و احمدی، ح. ۱۴۰۰. بهینه‌سازی الگوی کشت با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی و نرم‌افزار Lingo در دشت دهگلان استان کردستان، ایران. مجله جغرافیا و پایداری محیط. ۱۱(۳): ۸۱-۹۶.
- قادرزاده، ح.، باقری، ک. و د امین‌پور. ۱۳۹۶. سنجش سطح توسعه یافتگی شهرستان‌های استان کردستان با استفاده از شاخص‌های عمده بخش کشاورزی. مجله اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۵(۹۷): ۴۱-۱۸
- کاراندیش، ف.، سالاری، س. و درزی نفت چالی، ع. ۱۳۹۳. اولویت‌بندی مکانی تولید محصول پیاز در مناطق گرم و خشک (مطالعه موردی: استان سیستان و بلوچستان). نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی. ۲۲(۱): ۱۹۱-۲۱۲.
- مالکی، ع.، شاکری بستان‌آباد، ح.، صالحی کمرودی، م. و سیدآبادی، ا. ۱۴۰۰. بررسی وضعیت شاخص ترکیبی امنیت آبی استان‌های ایران در بازه ۱۳۹۰-۱۳۹۵: کاربردی از روش‌های تحلیل چندمعیاره. آب و توسعه پایدار. ۸(۲): ۲۱-۳۲.
- مرتضایی فریزه‌ندی، ق.، لطفی مغانجوقی، ع.، خلیقی سیگارودی، ح.، محسنی ساروی، م. و نظری سامانی، د. ۱۳۹۹. تحلیل و بررسی شاخص‌های خشکسالی هیدرولوژیکی استان کردستان. مهندسی و مدیریت آبخیز. ۱۱(۲): ۴۴۱-۴۵۳.
- وزیرری، آ.، وکیل‌پور، م. ح. و مرتضوی، س. ا. ق. ۱۳۹۵. بررسی اثر قیمت‌گذاری اقتصادی آب آبیاری بر الگوی کشت در دشت دهگلان. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی. ۸(۳۱): ۸۱-۱۰۰.
- Ababaei, B., and Etedali, H. R. 2017. Water footprint assessment of main cereals in Iran. *Agricultural water management*. 17(9): 401-411.
- Afshar, B. N., Zarafshani, K. and Farhadi, B. B. 2020. The Zoning of Kermanshah Province Townships Based on Virtual Water Content and Value among Major Crops. *Journal of Water and Soil Science*. 34(2): 287-300.
- Allan, J. A. 1993. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible. *Priorities for water resources allocation and management*. 13(4): 26-34.
- Allen, R. G., Jensen, M. E., Wright, J. L. and Burman, R. D. 1989. Operational estimates of reference

- footprint and virtual water trade of Beijing, China. *Journal of Cleaner Production*. 42(1): 172-179.
- Zhang, C., McBean, E. A. and Huang, J. 2014. A virtual water assessment methodology for cropping pattern investigation. *Water resources management*. 28(8): 2331-2349.
- Stone, L.R. 2003. Crop water use requirements and water use efficiencies. In: *Proceedings of the 15<sup>th</sup> through trade*. *Hydrological Earth System Sciences*. 15(5): 1641–1660.
- Wang, Z., Huang, K., Yang, S. and Yu, Y. 2013. An input–output approach to evaluate the water

## Prioritizing the Cultivation Pattern of Garden Crops by Combining the Concepts of Virtual Water (Case study of Kurdistan Province)

P. Rahmani<sup>1</sup>, M. A. Gholami Sefidkouhi<sup>2\*</sup>, M. Khoshravesh<sup>3</sup>

Received: Jul.31, 2023

Accepted: Nov.05, 2023

### Abstract

Considering the crisis of water resources and spatial distribution of fertile lands, in order to reduce water consumption and increase food security, it is necessary to use a suitable cultivation model. The purpose of this research is to achieve a suitable cultivation pattern using the method of determining virtual water exchanges in Kurdistan province. The data of this research during the 10-year statistical period (1389 to 1398) in Kurdistan province includes information on the cultivated area and yield of 22 garden crops, irrigation information, meteorological data, population, per capita consumption of food products and their prices, which are calculated in Microsoft Excel (2021) has been accepted. The indices related to water requirement values, total virtual water, green virtual water, blue virtual water and virtual water balance were calculated for all selected products. The results showed that increasing the production capacity of crops plays a more important role compared to the cultivated area in achieving water security and food security in this province. In addition, the lack of attention to the spatial distribution of horticultural crops increased the average virtual water by 26.75 cubic meters per kilogram in Kurdistan province. Virtual water includes 97.4% of the total virtual water for all products investigated in the province, which shows the dependence of the agricultural sector on irrigation in the region. In general, by adopting three indicators of total virtual water, unit value of water and the ratio of required water to available virtual water among the horticultural crops examined, the most suitable cultivation pattern for Kurdistan province in order of priorities is horticultural crops such as seed crops, cold-season crops is dry, nucleated and grainy. Based on the results of this research, it is suggested to the provincial managers related to the issue that in order to reduce the pressure on the water resources of Kurdistan province and virtual water exchanges, instead of paying attention to the seeded and seeded horticultural products, more attention should be paid to small-grained and cold-season horticultural products.

**Keywords:** Blue water, Food security, Water productivity, Water resources management

1- Ph.D. Student, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

3 -Associate Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

(\* - Corresponding Author Email: magholamis@yahoo.com)