



## برآورد تراز تجاری آب مجازی محصولات کشاورزی استان همدان

حمید بلالی<sup>۱</sup>، مصطفی بنی‌اسدی<sup>۲</sup>، لیلا مظفری<sup>۳</sup>

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۰۶/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۲۵

مقاله پژوهشی، برگرفته از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد

### چکیده

مفهوم آب مجازی از پتانسیل قابل توجهی برای کمک به بهبود مدیریت آب، به خصوص در بخش کشاورزی برخوردار است. لذا تحلیل آب مجازی محصولات اساسی بخش کشاورزی می‌تواند ما را در سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی در مصرف بهینه از منابع آبی یاری دهد. در این مطالعه، مقدار آب مجازی و شاخص‌های مرتبط با آن، با استفاده از رهیافت پایه تعیین شد و سپس براساس مقدار تولید و تقاضای استان برای محصولات کشاورزی، مقدار مبادلات کشاورزی و تراز تجاری آب مجازی در استان همدان در سال ۱۳۹۷ برآورد گردید. نتایج نشان داد که جریان تجارت محصولات مورد مطالعه، حجمی معادل ۹۲۴/۷ میلیون مترمکعب صادرات آب مجازی به خارج از استان و ۳۳/۴ میلیون مترمکعب واردات آب مجازی به داخل استان را در پی داشته است. براین اساس تراز تجاری آب مجازی، ۸۹۱/۳ میلیون مترمکعب برآورد شد. این نتایج نشان می‌دهد، استان همدان محصولات آب‌بر را در داخل استان تولید و صادر می‌کند. تراز تجاری مثبت و قابل توجه لزوم تغییر الگوی کشت در استان را با توجه به مسئله کمبود منابع آبی نشان می‌دهد. با توجه به نتایج مطالعه پیشنهاد می‌شود سطح زیر کشت محصولاتی نظیر ذرت دانه‌ای، حبوبات و یونجه با محتوای آب مجازی بالا، کاسته شود و محصولاتی نظیر ذرت علوفه‌ای و چغندر قند که به آب مجازی کم تری نیاز دارند، جایگزین شوند.

واژه‌های کلیدی: استان همدان، بخش کشاورزی، بهره‌وری آب، تجارت آب مجازی، رد پای آب.

<sup>۱</sup> دانشیار اقتصاد کشاورزی، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، Email: [h-balali@basu.ac.ir](mailto:h-balali@basu.ac.ir) (نویسنده مسئول)

<sup>۲</sup> استادیار اقتصاد کشاورزی، گروه ترویج و آموزش کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، Email: [m.baniasadi@basu.ac.ir](mailto:m.baniasadi@basu.ac.ir)

<sup>۳</sup> کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران، Email: [leyla.mozafari72@gmail.com](mailto:leyla.mozafari72@gmail.com)

## مقدمه

توسعه فعالیت‌های اقتصادی، افزایش جمعیت و افزایش نیاز به مواد غذایی و تولیدات کشاورزی سبب شده، تقاضا در طی زمان برای منابع آب افزایش یابد. از طرف دیگر در سالهای اخیر اکثر مناطق کشور با خشکسالی مواجه بوده است بطوریکه میانگین بارندگی بلند مدت کشور از حدود ۲۵۰ میلیمتر در سال به ۲۰۶ میلیمتر کاهش یافته است (قدمی فیروز آبادی و سیدان، ۱۳۹۸). بروز تغییرات اقلیمی، افزایش دما و کاهش بارندگی، فشار بر منابع آب را افزایش داده است. به ویژه این موضوع در کشورهای واقع در مناطق خشک و نیمه خشک، از جمله ایران، به بحران کمبود منابع آب تبدیل شده است. فدراسیون جهانی اقتصاد، در گزارش سالانه خود، بحران‌های آب را یکی از تهدیدهای بازارهای مالی جهان به حساب می‌آورد (Hoekstra, 2018). براساس اطلاعات موجود میزان سرانه آب تجدیدپذیر کشور در سال ۱۳۰۰ حدود ۱۳۰۰۰ مترمکعب در سال بوده و در حال حاضر به کمتر از ۱۷۰۰ مترمکعب در سال رسیده است و پیش‌بینی می‌شود در سال ۱۴۰۰ به کمتر از ۱۰۰۰ مترمکعب در سال برسد (حمدی احمد آباد و همکاران، ۱۳۹۸). از سویی بخش عمده منابع آب کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود که ضرورت برنامه‌ریزی در جهت مصرف کاراتر و افزایش بهره‌وری منابع آب در این بخش را گوشزد می‌کند.

مشکل کمبود منابع آب، می‌تواند نتیجه سازوکارهای اجتماعی و یا تغییرات اقلیمی باشد. اما مهم‌تر از آن، چگونگی مقابله با این مساله و یافتن راه حل است (معصومی و همکاران، ۱۳۹۷). روش‌های مختلفی جهت مدیریت منابع آب از سمت عرضه تا سمت تقاضا ارائه شده و در مطالعات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. یکی از جنبه‌های مدیریت مصرف منابع آب، تخصیص بهینه این منابع ارزشمند، با توجه به شرایط اقلیمی، ویژگی‌های منطقه‌ای و وضعیت منابع آب در نقاط مختلف است. مفهوم آب مجازی از مفاهیم نظری است که در پاسخ به این نگرانی‌ها ارائه گردیده است (قدوسی و داوری، ۱۳۹۵).

اصطلاح آب مجازی اولین بار در اوایل دهه نود میلادی توسط آنتونی آلن در سمیناری در SOAS در سال ۱۹۹۳ معرفی شد (قبل از آن مفهومی نسبتاً نزدیک با این موضوع وجود داشت که به آن آب پنهان گفته می‌شد)، که تا حدود ده سال بعد توجه بین‌المللی را در میان کارشناسان به خود جلب نکرد (Hoekstra, 2003). آب مجازی به محتوای آبی پنهان در هر محصول اشاره دارد که از طریق تجارت محصولات کشاورزی، از یک منطقه به منطقه دیگر منتقل می‌شود. تجارت آب مجازی در سال‌های اخیر در جهان و ایران رشد داشته است. با توجه به ماهیت بخش کشاورزی و مصرف قابل توجه منابع آب به عنوان یک نهاده ضروری و غیرقابل جایگزین در تولیدات کشاورزی، کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده منابع آب در جهان به شمار می‌آید و تجارت محصولات کشاورزی اصلی‌ترین تجارت آب مجازی محسوب می‌شود. محصولات زراعی در حدود ۶۷ درصد از تجارت آب مجازی و محصولات دامی و صنعتی به ترتیب ۲۳ و ۱۰ درصد از حجم مبادلات آب مجازی جهان را به خود اختصاص داده‌اند (Tian, 2013).

از این رو توجه به محتوای آب مصرفی در تعیین الگوی کشت به ویژه در مناطق کم آب دارای اهمیت است. برخی از محققان استدلال می‌کنند که می‌توان با وارد کردن محصولات با محتوای آب مجازی بالا در مناطق دچار کمبود آب، و تولید و صادر کردن محصولاتی که میزان آب مجازی بسیار کمی دارند، کارآیی مصرف آب در سطح جهانی را افزایش داد (Ababaei and Ramezani Etedali, 2014). با توجه به افزایش جمعیت، لزوم تامین غذا، حفظ محیط زیست و مدیریت پایدار منابع آب سطحی و زیرزمینی، ردپای آب مجازی<sup>۱</sup> و تجارت آب مجازی<sup>۲</sup> مفاهیمی پویا برای مدیریت منابع آب در همه بخش‌ها تلقی می‌گردند. تجارت آب مجازی راهکاری برای ذخیره‌سازی منابع آب هر منطقه می‌باشد. با توجه به اهمیت این موضوع در مدیریت کارآمد منابع آب، در مطالعه حاضر، ضمن محاسبه مقدار آب مجازی

<sup>۱</sup> Virtual water Footprint

<sup>۲</sup> Trade virtual water

عنوان محرک‌های جریان تجارت دو جانبه مجازی آب طی دوره مورد بررسی، نقش اصلی داشته‌اند.

فضل‌الهی و همکاران (۱۳۹۹) کاربرد مبانی آب مجازی در افزایش ارزش اقتصادی منابع آب کشاورزی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که ارزش اقتصادی منابع آب کشاورزی دشت اراک، با لحاظ آب مجازی افزایش می‌یابد و منجر به جایگزینی محصولات و تغییر الگوی کشت می‌شود. شیرزادی و همکاران (۱۳۹۸)، به بررسی عوامل مؤثر بر تجارت آب مجازی (VWT)، با استفاده از مدل جاذبه (GM) بر اساس تئوری H-O پرداختند. نتایج نشان داد که در طی بازه زمانی مورد مطالعه، کل حجم آب مجازی وارد شده و صادر شده گندم به ترتیب معادل ۴۴/۱ و ۲۳۵/۷ میلیارد متر مکعب بوده است. همچنین آنها دریافتند که قیمت آب بر تجارت آب مجازی بی اثر است. معلمی (۱۳۹۷)، تاثیر رشد درآمد سرانه را بر خالص واردات آب مجازی در کشورهای منتخب در دوره زمانی ۲۰۱۲-۲۰۰۱، با استفاده از روش داده‌های پانل، تخمین زدند. نتایج تخمین آنها نشان داد، یک ارتباط U وارون بین رشد درآمد سرانه و رشد واردات آب مجازی وجود دارد به گونه‌ای که واردات آب مجازی در کشورهایی با درآمد سرانه پایین‌تر (کشورهای حوزه خلیج فارس) در مقایسه با سایر کشورهای مورد بررسی با رشد فزاینده‌ای مواجه است. تهامی‌پور زرنندی و قربانی (۱۳۹۵)، ردپای آب مصرفی کشور در بخش صنعت و معدن و تعیین سهم هر یک از فعالیت‌های مختلف صنعتی و معدنی در صادرات و واردات آب مجازی را با استفاده از روش رهیافت شاخص‌های فنی- پایه، تعیین کردند. نتایج نشان داد که کشور ایران در بخش صنعت واردکننده خالص و در بخش معدن صادرکننده خالص آب مجازی می‌باشد. اویسی و همکاران (۱۳۹۸) در مطالعه‌ای به بررسی آب مجازی و ردپای اکولوژیک آب موجود در محصول گندم استان اصفهان، از سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ تا ۹۴-۱۳۹۳ پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که استان اصفهان فقط در سال ۱۳۸۶ صادرکننده آب مجازی محصول گندم بوده و از طریق صادرات گندم در این سال حدود ۰/۱۵ میلیارد

موجود در محصولات باغی و زراعی استان همدان، تراز تجاری آب مجازی، به عنوان یک متغیر ارزشمند برای جهت دهی به الگوی کشت، برآورد خواهد شد.

در مطالعات مختلفی، موضوع ردپا و تجارت آب مجازی در بخش کشاورزی و سایر بخش‌های اقتصادی و همچنین برآورد تراز تجاری آب مجازی مورد بررسی قرار گرفته است که به برخی از آنها اشاره می‌شود.

Feng et al. (2011) الگوی تجارت آب مجازی به تفکیک آب سبز و آبی و همچنین، خانوار شهری و روستایی را در حوزه رودخانه زرد بررسی کردند. آنها این حوزه آبی را براساس ویژگی‌های متفاوت، به سه منطقه فوقانی، میانی و پایینی تقسیم کردند. نتیجه این مطالعه حاکی از این بوده که هر سه منطقه صادر کننده آب مجازی هستند و تولیدات خارج از این منطقه به منابع آب رودخانه زرد فشار می‌آورد. آنها پیشنهاد نمودند که محصولات با مصرف آب کمتر و ارزش افزوده بالاتر در این مناطق تولید شود و محصولات آب‌بر از جنوب چین که دارای منابع آب غنی‌تری است، وارد شود. Wang et al. (2015) در مطالعه خود در سه ایالت نیوجرسی، مریلند و دل اوپر، حجم تجارت آب مجازی کالاهای تولیدی و مصرفی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعه نشان داد که از طریق مدیریت تجارت آب مجازی، مصرف آب تا حدود ۳۵ درصد کاهش خواهد یافت. Zhao et al. (2019)، با مطالعه تئوری مزیت نسبی در بخش‌های کشاورزی در بین استان‌های چین طی دوره ۲۰۱۵-۱۹۹۵، صادرات خالص آب مجازی براساس توزیع مکانی - زمانی بهره‌وری منابع را بررسی نمودند. یافته‌های آنها نشان داد که تلاش‌های مداوم برای افزایش بهره‌وری اراضی کشاورزی در مناطق جنوبی می‌تواند به کاهش کمبود آب در دشت شمال و شمال شرقی چین کمک کند. Roza et al. (2019) در پژوهشی به تعیین عوامل مؤثر در جریان تجارت آب مجازی جهانی بین طی سال‌های ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۰، با استفاده از روش معادله گرانش تجاری پرداختند. یافته‌های اصلی آنها نشان می‌دهد که عوامل سنتی اقتصادی، نهادی و جغرافیایی به

رهیافت پایه با تحلیل مفهوم آب مجازی و به کارگیری روابط فنی، فیزیکی و همچنین، به طور خاص روابط فیزیولوژی، رابطه‌هایی برای محاسبه آب مجازی به تفکیک نوع محصول ارایه می‌شود. از جمله مطالعاتی که از رهیافت پایه به تعیین آب مجازی محصولات کشاورزی پرداختند، می‌توان به (Aldaya et al., 2008)؛ (Chapagain et al., 2006)؛ (Alamri and Reed, 2019)؛ عابدی و تهامی پور (۱۳۹۵)؛ دهقان پیر و همکاران (۱۳۹۶) اشاره نمود. در مطالعه حاضر نیز از رهیافت فنی- پایه جهت تجزیه و تحلیل آب مجازی استفاده شده است که در ادامه این رهیافت تشریح می‌شود

برای محاسبه آب مجازی مصرفی هر محصول کشاورزی، از رابطه (۱) استفاده می‌شود (Hoekstra et al., 2002):

$$SWD_{ij} = \frac{CWD_{ij}}{CY_{ij}} \quad (1)$$

در رابطه فوق  $SWD_{ij}$  آب مصرفی ویژه محصول آم در منطقه آم بر حسب مترمکعب بر تن،  $CWD_{ij}$  نیازآبی گیاه برای محصول آم در منطقه آم بر حسب متر مکعب در هکتار و  $CY_{ij}$  عملکرد محصول آم در منطقه آم بر حسب تن در هکتار است. پس از محاسبه مقدار  $SWD_{ij}$  برای هر محصول و در هر منطقه با استفاده از رابطه (۲) میانگین وزنی استانی آن  $SWD_i$  محاسبه می‌گردد:

$$SWD_i = \left( \sum_{j=1}^m SWD_{ij} \cdot TP_{ij} \right) / TP_i \quad (2)$$

که در آن  $SWD_i$  آب مصرفی ویژه هر واحد وزنی محصول آم در استان همدان،  $TP_{ij}$  کل تولید محصول آم در منطقه آم، و  $TP_i$  کل محصول آم است. با محاسبه  $SWD_i$  برای کلیه محصولات مورد مطالعه، شاخص آب مصرفی هر تن محصول آم بر حسب متر مکعب تعیین شده و این مقدار بیان‌گر کل آبی است که باید مصرف شود تا یک تن محصول آم تولید شود و بدان آب مصرفی پایه هرواحد محصول آم اطلاق می‌شود. به منظور تعیین  $SWD_i$  کل یک محصول در منطقه ( $TSWD_i$ ) از رابطه زیر استفاده شد (عابدی و تهامی پور، ۱۳۹۵):

مترمکعب آب مجازی به استانهای دیگر صادر کرده است، ولی در طی سال‌های ۹۴-۱۳۸۷ وارد کننده آب مجازی بوده که دلیل آن افزایش سالانه جمعیت و وجود خشکسالی در این منطقه بوده است. در این مطالعه میانگین سالانه ردپای اکولوژیک آب در بخش کشاورزی استان اصفهان نیز ۵/۸۷ میلیارد مترمکعب محاسبه گردیده است. روحانی و همکاران (۱۳۸۷) نشان دادند که گندم با سهم ۵۸/۸ درصدی در واردات آب مجازی بزرگ‌ترین محصول وارداتی طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۶۲ بوده است و ایران با واردکردن ۱۰/۴ میلیون تن گندم طی سال‌های ۱۳۸۲-۱۳۷۸ باعث ذخیره ۱۱/۶ میلیارد مترمکعبی آب در کشور شده است.

بررسی نتایج حاصل از مطالعات انجام شده در زمینه آب مجازی نشان می‌دهد که محاسبه آب مجازی در بخش‌های مختلف به ویژه فعالیت‌های بخش کشاورزی و لحاظ نمودن آن در تعیین جهت تجارت محصولات می‌تواند منجر به تخصیص بهینه منابع آب گردد. در واقع از طریق واردات محصولات محتوی آب مجازی بالا (آب‌بر) و تولید و صادرات محصولاتی که میزان آب مجازی بسیار کمی دارند (آب‌اندوز) در مناطق دچار کمبود آب، کارآیی مصرف آب در این مناطق افزایش می‌یابد. این امر مستلزم بهره‌گیری از سیاست‌های ترکیبی واردات و صادرات منطقه‌ای و یا ملی بر اساس منافع اقتصادی و تجارت آب مجازی است.

در مطالعه حاضر محتوا و جریان آب مجازی در استان همدان مورد بررسی قرار خواهد گرفت. با محاسبه محتوای آب مجازی برای بخش کشاورزی استان همدان می‌توان، چارچوب مناسبی برای تعدیل و تدوین راهبردهای بلندمدت بخش آب کشاورزی استان با توجه به کمیابی آب و تجارت آب مجازی فراهم آورد.

## مواد و روش‌ها

در ادبیات موضوع جهت محاسبه آب مجازی دو رهیافت کلی داده- ستانده<sup>۱</sup> و رهیافت پایه<sup>۲</sup> وجود دارد. در

<sup>۱</sup> Input- output Approach

<sup>۲</sup> Basic Approach

شاخص شدت مصرف آب (WI) عبارتست از نسبت کل برداشت داخلی آب برای مصارف (WU) به کل منابع آب موجود استان همدان (WA) که بر حسب درصد به صورت رابطه ۸ محاسبه می‌شود (Hoekstra et al., 2002).

$$WI = \frac{WU}{WA} \times 100 \quad (۸)$$

شاخص وابستگی به آب (WD) نیز نشان‌دهنده اتکا به منابع آب خارجی از طریق واردات آب مجازی است. این شاخص نسبت کل واردات خالص آب مجازی (NVWI) به کل آب تخصیص یافته برای تولید در بخش مورد نظر (کشاورزی) است که بر حسب درصد تعریف می‌شود (Hoekstra et al., 2002).

$$WD = \left\{ \frac{NVWI}{WU + NVWI} \right\} \times 100 \quad (۹)$$

اگر WD مساوی صفر باشد، یعنی واردات و صادرات ناخالص آب مجازی در تعادل بوده و یا اینکه منطقه مورد مطالعه صادرکننده آب مجازی می‌باشد. در صورتی که وابستگی به آب یک منطقه به ۱۰۰ درصد نزدیک شود، آن‌گاه آن منطقه کاملاً به واردات آب مجازی وابسته است. شاخص خود کفایی آب (WSS) نیز بیان‌گر توانایی برای تأمین آب مورد نیاز برای تولید داخلی است که با استفاده از رابطه ۱۰ محاسبه می‌شود (Hoekstra et al., 2002).

$$WSS = \left\{ \frac{WU}{WU + NVWI} \right\} \times 100 \quad (۱۰)$$

در واقع شاخص WSS مبین آن است که منطقه مورد مطالعه تا چه حد می‌تواند نیازهای آبی خود را در رابطه با تولید کالا و خدمات از منابع داخلی تأمین نماید. در حالتی که این شاخص برابر با ۱۰۰ باشد، منطقه مورد مطالعه کل منابع آبی مورد نیاز برای تولید کالاها و خدمات را در داخل مرزهای خود در اختیار دارد و اگر این شاخص مساوی صفر باشد، یعنی منطقه به شدت به واردات منابع آبی به فرم مجازی وابسته است. خودکفایی صد درصد آبی زمانی حاصل می‌شود که کلیه نیازهای آبی در آن منطقه از منابع آب داخلی تأمین گردد. خودکفایی آبی وقتی به صفر نزدیک می‌شود که کلیه نیازهای بخش خدمات، صنایع و غیره به طور گسترده به واردات آب مجازی وابسته باشد.

$$TSWD_i = SWD_i \times TP_i \quad (۳)$$

بر این اساس می‌توان آب مصرفی پایه (رد پای آب) WFP<sup>۱</sup> را برای رشته فعالیت نام بدست آورد. جهت محاسبه مقدار WFP کل محصولات رابطه (۴) به کار گرفته شد.

$$WFP_i = \sum_{i=1}^n TSWD_i \quad (۴)$$

که در آن WFP<sub>i</sub> شاخص آب مصرفی پایه تولیدات کشاورزی استان همدان است. برای تعیین مقدار آب مجازی صادر شده از منطقه مورد مطالعه از رابطه (۵) استفاده شد:

$$WFP_{ex} = \sum_{i=1}^n SWD_i \times EX_i \quad (۵)$$

در این رابطه WFP<sub>ex</sub> شاخص پایه آب مصرفی کل محصولات مورد نظر صادراتی بر حسب مترمکعب و EX<sub>i</sub> کل صادرات محصول نام است. برای تعیین مقدار آب مجازی وارداتی، آب مصرفی پایه وارداتی، WFP<sub>im</sub> از طریق رابطه (۶) محاسبه شد (عابدی و تهامی‌پور، ۱۳۹۵):

$$WFP_{im} = \sum_{i=1}^n SWD_i \times IM_i \quad (۶)$$

در رابطه (۶) WFP<sub>im</sub> آب مصرفی پایه وارداتی است. آب مصرفی پایه وارداتی، کل آب مجازی وارداتی ناشی از واردات محصولات مورد نظر می‌باشد. هم چنین IM<sub>i</sub> کل واردات محصول نام است. تراز تجاری آب مجازی در منطقه مورد مطالعه (TVWT) از طریق رابطه (۷) محاسبه شد (عابدی و تهامی‌پور، ۱۳۹۵).

$$TVWT = WFP_{ex} - WFP_{im} \quad (۷)$$

بدیهی است که حاصل معادله فوق بسته به شرایط سال مورد بررسی ممکن است مثبت، منفی و یا صفر باشد. علاوه بر محاسبات مربوط به آب مجازی برای محصولات کشاورزی، در این پژوهش به تعیین شاخص شدت مصرف آب WI، شاخص وابستگی به آب WD و نیز شاخص خودکفایی آب WSS بخش کشاورزی استان همدان پرداخته شد.

<sup>۱</sup> Water Footprint

### نتایج و بحث

برای دستیابی به اهداف مطالعه، آمار و اطلاعات مورد نیاز از مرکز آمار ایران، سازمان جهادکشاورزی استان همدان، شرکت آب منطقه‌ای استان همدان، سازمان برنامه و بودجه استان همدان و اداره بازرگانی غله استان همدان جمع‌آوری گردید. این آمار در ارتباط با محصولات باغی و زراعی مورد مبادله استان همدان در سال ۱۳۹۷، بوده و پس از محاسبه محتوای آب مجازی، تراز تجاری آب بخش کشاورزی استان همدان محاسبه شد. در میان محصولات زراعی تولیدی در استان همدان، محصولات گندم، یونجه، ذرت علوفه‌ای، سیب زمینی، چغندر قند، خیار، هندوانه، سیر، که ۶۰ درصد از تولید کل محصولات زراعی استان همدان را به خود اختصاص می‌دهند، از استان همدان صادر می‌شوند. همچنین، از میان محصولات

باغی در استان همدان، محصولات انگورآبی، سیب، گردو، گلآبی، هلو، زردآلو، البالو و گیلاس از استان همدان صادر می‌شوند که این محصولات ۶۵ درصد از تولید کل محصولات باغی استان همدان را به خود اختصاص می‌دهند. برخی محصولات زراعی و باغی از جمله پیاز، لوبیا، نخود، عدس و گوجه فرنگی نیز به استان وارد می‌شوند.

با توجه به این‌که محتوای آب مجازی محصولات زراعی و باغی در شهرستان‌های مختلف استان همدان متفاوت است، لذا محتوای آب مجازی هر محصول، با استفاده از اطلاعات موجود در هر یک از شهرستان‌های استان و با به‌کارگیری رابطه (۱) محاسبه گردید. نتایج محاسبه محتوای آب مجازی برای محصولات زراعی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول (۱): میزان آب مجازی محصولات زراعی در شهرستان‌های استان همدان (مترمکعب/تن)

اسدآباد	بهار	تویسرکان	کبودرآهگ	ملایر	نهادند	فامنین	رزن	همدان
۵۸۷/۲۰	۶۶۰/۰۷	۷۰۷/۰۷	۶۵۲/۹۱	۷۱۴/۲۰	۵۳۹/۲۱***	۴۶۷/۸۱*	۴۸۷/۳۶**	۶۷۰/۶۵
۴۴۷/۵۵	۵۳۱/۶۸	۵۸۶/۳۵	۵۲۶/۵۴	۵۷۷/۲۳	۴۲۶/۰۸***	۳۹۷/۶۱*	۴۰۵/۷۲**	۵۱۷/۳۱
۸۱۴/۳۵	-	۷۷۳/۷۱	-	-	۵۳۲/۹۲*	۷۹۶/۴۷***	۷۸۱/۱۲**	-
۲۲۱۹/۵۵***	۲۷۶۸/۹۳	۲۷۶۸/۹۳	-	-	۲۰۱۳/۳۳**	-	۱۹۵۳/۳۳*	-
۲۶۳۶/۹۳	۲۴۴۷/۶۱	۲۴۴۷/۶۱**	۲۴۱۸/۸۲	۲۳۳۶/۵۲	۲۰۲۳/۱۴***	-	۱۵۷۴/۱۱*	۲۳۳۶/۳۶
۱۹۶۰/۹۷	۲۰۵۳/۲۳	۲۰۵۳/۲۳**	۲۰۸۹/۹۸	۱۶۵۰***	۱۴۳۸/۰۹*	۱۷۵۷/۶۴	۱۷۴۷/۱۶	۲۱۶۰
۹۵/۸۲	۱۲۱/۷۰	۱۲۰/۹۲	۷۴/۸۶**	۱۱۳/۹۲	۶۳/۲۴*	۷۵/۱۲***	۷۵/۳۳	۱۲۰/۸۳
۲۱۶/۳۶	۲۲۰/۶۴	۲۱۶/۳۱***	۱۲۸/۱۳*	-	۱۵۴/۱۹**	۲۲۷/۲۵	۲۲۳	۲۰۱۸/۴۰
۱۲۲/۹۸	۱۵۶/۷۳	۹۷/۶۹**	-	۱۰۵/۷۵	۸۷/۶۷*	۱۰۲/۸۶***	۱۰۷/۲۸	۱۵۳/۱۴
۱۸۷/۲۵	۱۹۵۰/۰۱	۱۳۷/۲۱	۲۰۲/۲۰	۱۴۱/۷۸	۱۳۶/۸۶***	۱۳۴/۰۶**	۱۳۱/۰۳*	۲۰۲/۷۲
۲۱۱/۱۲	۲۲۲/۳۰	۱۶۰/۶۴***	۱۸۰/۸۸	-	۱۵۸/۵۹**	-	۱۵۱/۶۲*	-
۴۴۴/۴۱	۴۴۷/۷۷	۴۳۴**	۴۷۶/۸۲	۵۰۳/۳۳	۴۳۶/۲۲***	۴۰۲/۶۶*	۴۰۲/۶۶*	۴۵۱/۸۹
۱۲۵/۷۳	۱۳۳/۰۷	۸۳/۴۸*	۱۱۱/۶۰	۱۶۵/۲۲	۱۴۸/۸۳	۹۴/۱۰***	۹۲/۹۸**	۱۳۵/۸۸
۶۰۱/۷۸	۶۸۹/۹۳	۵۵۰/۱۵	۷۰۹/۴۲	۵۳۱/۰۸	۴۷۹/۰۹***	۴۹۱/۱۳**	۴۸۰/۵۱*	۶۷۷/۰۰
۱۹۲/۸۴	۲۲۲/۰۴	۱۴۸/۰۱*	۲۵۲	۱۸۷/۹۴	۱۵۱/۹۳***	۱۴۵/۱۷**	۱۶۵/۴۰	-
۲۳۸/۵۱	۲۱۹/۹۴	۲۱۸/۴۰***	-	۲۲۶/۵۳	۲۱۶/۸۶**	۲۲۶/۲۳	۲۲۶/۲۳	۲۱۱/۹۰*

توجه: علامت \* برای رتبه بندی محتوای آب مجازی از کوچکترین به بزرگترین: \* - رتبه اول، \*\* - رتبه دوم، \*\*\* - رتبه سوم

محصولات زراعی است. در تولید گندم، شهرستان‌های رزن و فامنین با محتوای آب مجازی کمتر از ۵۰۰ مترمکعب بر تن، گندم را در ردیف محصولات کم مصرف به لحاظ منابع آبی تولید می‌کنند، از این رو می‌توان جهت تولید بیشتر محصول استراتژیک گندم، در این دو شهرستان برنامه‌ریزی نمود. نتایج محاسبه محتوای آب مجازی برای محصولات باغی در جدول ۲ ارائه شده است.

در بین شهرستان‌های استان همدان و در بیشتر محصولات زراعی، شهرستان‌های نهاوند، رزن و فامنین، کمترین میزان محتوای آب مجازی را دارند. همچنین شهرستان نهاوند حداقل در تولید ۵ محصول لوبیا، سیب زمینی، پیاز، سیر و یونجه دارای کمترین میزان محتوای آب مجازی در بین شهرستان‌های مختلف است که نشان‌دهنده مزیت این شهرستان به لحاظ عملکرد آبی

جدول (۲): میزان آب مجازی محصولات باغی در شهرستان‌های استان همدان (مترمکعب/تن)

اسداباد	بهار	تویسرکان	کبودرآهگ	ملایر	نهاوند	فامنین	رزن	همدان	
۳۱۲۲/۸۰	۵۶۶۳/۱۵	۳۰۴۵/۴۵***	۶۹۴/۹۳	۲۴۳۳/۹۶*	۲۷۲۸/۸۸**	۴۲۰۶/۴۵	۷۲۴۴/۴۴	۱۰۹۲۳/۸۵	بادام
۱۴۱۰۰	۲۱۱۵۰	۱۰۷۵۷*	۱۷۶۲۵	۱۴۱۰۰	۱۲۴۴۱/۱۷**	۱۵۱۰۷/۱۴	۲۶۴۳۷/۵۰	۱۳۲۱۸/۷۵***	پیسته
۷۱۷/۸۷	۵۴۸/۹۳	۴۱۰/۲۸**	۱۱۳۲/۶۲	۴۹۹/۴۵	۲۷۵/۹۹*	۶۰۴/۶۲	۵۱۴/۱۷	۴۵۱/۰۴***	سیب
۱۲۴۲/۱۰	۱۵۸۰/۵۹	۱۰۵۵/۸۸	۱۵۸۰/۵۹	۸۰۵/۸۱***	۴۸۹/۶۲*	۷۲۵/۵۵**	۱۲۹۳/۰۶	۱۵۳۴/۷۸	گللابی
۱۳۹۴/۵۹	۱۴۱۷/۸۳	۱۴۱۷/۸۳	۱۳۲۹/۲۱	۱۱۸۱/۵۲**	۶۸۰/۵۶*	۱۵۴۶/۷۲	۱۳۰۸/۷۶***	۱۵۷۵/۳۷	به
۴۰۷	۴۴۳/۷۹	۳۶۶/۴۰	۴۸۹/۴۹	۲۲۳/۴۱*	۲۷۲/۰۵***	۲۸۸/۸۱	۲۵۵/۴۴**	۴۰۹/۷۷	انگور
۸۲۹/۷۰	۱۳۷۴/۴۶	۷۳۴/۱۱***	۲۲۵۳/۴۸	۶۸۰/۸۹**	۵۰۶/۰۸*	۸۴۷/۸۸	۱۳۳۷/۷۷	۲۵۵۰	زردآلو
۸۳۸/۶۲**	۱۰۲۶/۶۶	-	-	۱۰۸۵/۳۶	۷۷۳/۹۱*	۹۹۶/۶۶	۹۹۶/۶۶	۹۱۱/۸۴***	شفتالو
۲۳۴۲/۸۵	۳۶۸۵/۷۱	۱۳۴۴/۴۴**	۴۱۲۸	۲۰۲۷/۵۸***	۱۰۲۳/۶۳*	۲۱۴۳/۳۳	۲۱۷۹/۶۶	۴۳۰۰	آلبالو
۱۴۶۴/۲۸***	۲۷۸۹/۱۸	۹۷۵/۸۰**	۳۶۸۵/۷۱	۱۵۰۷/۶۹	۸۸۶/۱۵*	۱۸۲۸/۵۷	۱۷۷۷/۷۷	۲۶۸۰/۵۱	گیلاس
۱۲۹۳/۶۷	۷۲۹/۵***	۷۰۱/۱۱**	۱۱۷۸/۴۶	۸۵۵/۷۶	۷۵۷/۴۴	۸۵۲/۷۰	۷۴۲/۳۵	۵۵۸/۲۶*	انواع آلو
۴۱۲/۴۱**	۶۰۷/۱۰	۶۱۰/۲۰	۹۳۴/۳۷	۵۶۹/۵۲***	۳۴۹/۷۰*	۸۵۴/۲۸	۸۷۲/۹۹	۱۴۲۳/۸۰	هلو
۷۶۹/۲۳**	۱۳۸۵/۸۱	۹۲۴	۱۷۷۶/۳۶	۷۷۰/۱۱***	۴۳۷/۹۳*	۹۹۶/۶۶	۹۳۴/۳۷	۱۲۲۱/۲۵	شلیل
۴۷۰۳/۸۶	۵۹۷۹/۴۸	۲۷۹۰/۱۶**	۵۸۷۴/۰۵	۳۲۳۴/۹۵***	۲۲۲۴/۱۱*	۴۲۲۹/۴۱	۱۵۷۷۳/۰۴	۷۵۲۲/۵۸	گردو

توجه: علامت \* برای رتبه بندی محتوای آب مجازی از کوچکترین به بزرگترین: \*\* -رتبه اول، \*\*\* -رتبه دوم، \*\*\*\* -رتبه سوم

جدول (۳): نتایج محاسبه آب مصرفی کل در محصولات زراعی استان همدان در سال ۱۳۹۷

رتبه سطح زیرکشت (بیشترین)	سطح زیر کشت (هکتار)	TSWD <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )	رتبه محتوای آب مجازی (کمترین)	SWD <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> /ton)	نام محصول
۷	۱۷۶۱	۱۱۰۵۷۸۰۱/۰۸	۱	۹۳/۰۴	ذرت علوفه‌ای
۵	۷۵۰۵	۵۲۴۵۶۰۸۰/۴۳	۲	۱۰۱/۱۹	چغندر قند
۸	۱۴۳۲	۷۷۴۵۴۸۰/۹۳	۳	۱۱۴/۷۰	هندوانه
۹	۱۳۰۷	۶۸۰۴۵۶۹/۶۱	۴	۱۶۸/۵۳	خیار
۱۰	۹۱۴	۷۰۷۹۰۵۴/۵۲	۵	۱۷۵/۶۵	گوجه فرنگی
۴	۲۱۲۴۹	۱۶۶۶۸۹۵۹۲/۵۰	۶	۱۷۶/۶۵	سیب زمینی
۱۴	۱۶۲	۱۳۰۹۹۰۱/۲۵	۷	۱۹۰/۱۴	پیاز
۱۵	۸۳	۵۲۶۳۵۹/۳۶	۸	۲۲۰/۱۴	سبزیجات
۶	۳۰۴۱	۱۸۳۶۴۱۰۴/۹۳	۹	۴۴۴/۹۰	سیر
۲	۴۰۲۳۸	۹۲۸۰۰۱۷۹/۱۰	۱۰	۴۹۵/۱۶	جو
۱	۵۷۲۰۹	۱۹۷۳۱۵۶۹۷/۴۰	۱۱	۵۹۸/۵۷	گندم
۳	۲۸۲۳۱	۲۳۲۲۰۶۴۸۰/۲۰	۱۲	۶۰۹/۹۵	یونجه
۱۲	۳۰۸	۱۹۲۷۵۳۷/۰۲	۱۳	۷۱۰/۲۲	ذرت دانه‌ای
۱۱	۳۱۵	۱۲۴۹۰۹۸/۷۵	۱۴	۱۷۹۲/۱۱	لوبیا
۱۳	۲۱۸	۸۰۹۳۸۲/۷۰	۱۵	۱۸۶۹/۲۴	نخود
۱۶	۲۲	۸۲۶۵۱/۶۵	۱۶	۲۳۶۱/۴۸	عدس

در تولید محصولات باغی، شهرستان‌های نهاوند و ملایر، بهترین وضعیت را به لحاظ محتوای آب مجازی این محصولات دارند. در بین محصولات باغی مورد بررسی (۱۴ محصول باغی)، شهرستان نهاوند در تولید ۱۰ محصول باغی دارای کمترین محتوای آب مجازی است. این شهرستان در تولید محصولات زراعی نیز، کمترین میزان محتوای آب مجازی را دارد. این موضوع نشان‌دهنده عملکرد بالای آبی در تولید محصولات کشاورزی در این شهرستان است.

در جدول ۳، میانگین وزنی محتوای آب مجازی و همچنین کل آب مصرفی برای محصولات زراعی در استان محاسبه شده است. با محاسبه SWD<sub>i</sub> برای کلیه محصولات مورد مطالعه، شاخص آب مصرفی هر تن محصول نام

برحسب متر مکعب تعیین شده و این مقدار بیان‌گر کل آبی است که باید مصرف شود تا یک تن محصول نام در استان همدان تولید شود.

بر اساس تقسیم‌بندی ارائه شده توسط روحانی و همکاران (۱۳۸۷) محصولات با حجم آب مجازی کمتر از ۵۰۰ مترمکعب بر تن به عنوان محصولات کم مصرف و محصولات با حجم آب مجازی بیشتر از ۱۰۰۰ مترمکعب بر تن، به عنوان محصولات پرمصرف تقسیم‌بندی شده‌اند. در خصوص محصولات زراعی استان همدان، محصولات ذرت علوفه‌ای، چغندر قند، هندوانه، خیار، گوجه فرنگی، سیب زمینی، پیاز، سبزیجات، سیر و جو جزء محصولات کم مصرف محسوب می‌شوند. علت این موضوع در برخی محصولات نیاز آبی اندک و در برخی محصولات دیگر



عملکرد بالا در هکتار است که سبب شده محتوای آب مجازی کمتر از ۵۰۰ مترمکعب بر تن باشد. محصول استراتژیک گندم با میانگین مصرف آب مجازی ۵۹۸/۵۷ مترمکعب بر تن، میزان مصرفی نزدیک به طبقه محصولات کم مصرف دارد. در بین محصولات زراعی،

حبوبات شامل عدس، نخود و لوبیا با محتوای آب مجازی بالای ۱۰۰۰ مترمکعب بر تن، جزء محصولات پرمصرف محسوب می‌شوند. در جدول ۴، میانگین وزنی محتوای آب مجازی (آب مصرفی پایه) و مقدار آب مصرفی کل برای محصولات باغی استان همدان ارائه شده است

جدول (۴): نتایج محاسبه آب مصرفی کل در محصولات باغی استان همدان ۱۳۹۷

رتبه سطح زیرکشت (بیشترین)	سطح زیر کشت	TSWD <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )	رتبه محتوای آب مجازی (کمترین)	SWD <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> /ton)	نام محصول
۱	۱۹۴۱۳	۹۶۷۲۳۹۹۲/۲۷	۱	۲۷۹/۸۸	انگور آبی
۳	۵۷۲۵/۸	۳۸۸۹۱۶۸۲/۳۹	۲	۳۶۰/۵۸	سیب
۸	۱۵۳۱/۲	۱۱۹۷۸۷۱۳/۶۰	۳	۶۵۵/۷۹	شلیل
۴	۳۷۴۴/۵	۴۱۱۵۸۸۲۶	۴	۷۴۸/۵۵	هلو
۷	۱۵۵۵/۱	۱۱۵۵۹۲۹۷/۰۴	۵	۷۹۱/۷۹	انواع آلو
۱۴	۴۳/۳	۳۴۲۸۲۴/۵۰	۶	۸۸۱/۳۰	شفتالو
۱۱	۳۸۴/۵	۳۲۳۸۵۵۷/۵۹	۷	۹۶۹/۹۲	گلابی
۶	۱۶۲۷/۵	۱۲۶۵۶۵۷۴/۵۴	۸	۱۱۰۶/۶۳	زردآلو
۱۲	۱۷۲/۷	۲۰۰۳۱۲۵/۵۶	۹	۱۳۸۹/۱۳	به
۱۰	۴۷۱/۴	۳۹۶۰۵۹۸/۷۰	۱۰	۱۹۶۴/۵۸	گیلاس
۹	۹۹۸/۸	۷۱۵۷۶۴۱/۸۶	۱۱	۲۲۹۱/۱۸	آلوبالو
۲	۱۷۷۴۵	۱۶۲۸۸۷۸۶۷	۱۲	۳۴۸۳/۲۶	گردو
۵	۳۳۴۴	۲۷۰۳۳۱۹۶/۶۴	۱۳	۳۹۸۱/۹۱	بادام آبی
۱۳	۸۸/۵	۹۳۹۹۳۲/۳۶	۱۴	۱۳۴۴۶/۸۱	پسته

در بین محصولات کشاورزی استان، مربوط به محصول پسته با محتوای آب مجازی ۱۶۰۸۳/۸۴ مترمکعب بر تن است. در مجموع، محصولات باغی، محتوای آب مجازی بیشتری نسبت به محصولات زراعی دارند و در عین حال ارزش افزوده و اشتغال نیروی کار بیشتری نیز ایجاد می‌کنند.

برای محاسبه جریان تجارت آب مجازی در محصولات زراعی استان همدان، ابتدا با استفاده از آمارنامه‌های هزینه-درآمد خانوار که از مرکز آمار ایران بدست آمد، مصرف هر یک از اقلام زراعی و باغی در

در رابطه با محصولات باغی نیز، محصولات سیب، انگور، شفتالو، هلو و آلو با محتوای آب مجازی کمتر از ۱۰۰۰ m<sup>3</sup>/ton جزء محصولات پرمصرف محسوب نمی‌شوند که با توجه به کاربری و ارزش افزوده بیشتر محصولات باغی، می‌توانند بیشتر در الگوی کشت استفاده شوند. در بین این محصولات، سیب و انگور با محتوای آب کمتر از ۵۰۰ m<sup>3</sup>/ton، تنها محصولات کم مصرف باغی به لحاظ محتوای آب مجازی در استان هستند. سایر محصولات باغی، همگی جزء محصولات پرمصرف به لحاظ شاخص آب مجازی هستند. بیشترین محتوای آب مجازی

جهت و مقدار تجارت آب مجازی بخش کشاورزی مشخص گردید. برآورد میزان صادرات و واردات و تراز تجاری آب مجازی محصولات زراعی در جدول ۵ ارائه شده است.

استان همدان برآورد گردید. سپس با استفاده از آمار تولید هر محصول و تفاوت میزان تولید و عرضه استان با مقدار مصرف، جریان تجارت محصولات کشاورزی و به تبع

جدول (۵): نتایج مربوط به محاسبه صادرات و واردات محصولات زراعی آب مجازی استان همدان در سال ۱۳۹۷

محصول	تولید (عرضه داخلی) (ton)	مصرف (تقاضا) (ton)	تراز تجاری محصول (ton)	صادرات آب مجازی (m <sup>3</sup> )	واردات آب مجازی (m <sup>3</sup> )
گندم	۳۳۰۱۹۴	۱۵۰۰۰	۳۱۵۱۹۴	۱۸۸۳۵۲۰۷۱/۶۰	.
یونجه	۳۸۰۷۰۰	۱۷۴۹۲۰	۲۰۵۷۸۰	۱۲۵۵۱۴۷۰۸/۴۰	.
ذرت علوفه ای	۱۱۸۸۴۷	۵۳۱۷۷	۶۵۶۷۰	۶۱۱۰۰۸۹/۴۲	.
سیب زمینی	۹۱۲۲۱۱	۷۱۱۰۲/۹۵	۸۴۱۱۰۸/۰۵	۱۴۸۵۸۳۷۸۶/۵۰	.
چغندر قند	۵۱۸۳۷۰	۱۱۱۶/۸۰	-۵۱۷۲۵۳/۲۰	۵۲۳۴۳۰۶۶/۹۵	.
گوجه فرنگی	۴۰۳۰۱	۵۵۱۲۳/۳۹	-۱۴۸۲۳/۳۹	.	۲۶۰۳۶۲۰/۴۳
پیاز	۶۸۷۷	۳۵۵۸۱/۲۴	-۲۸۷۰۴/۲۴	.	۵۴۵۷۹۳۵/۸۰
لوبیا	۶۹۷	۳۷۰۸/۸۱	-۳۰۱۱/۸۱	.	۶۶۳۳۹۶۹/۳۵
نخود	۴۳۳	۵۴۴۰/۶۱	-۵۰۰۷/۶۱	.	۵۳۹۷۴۹۰/۱۱
عدس	۳۵	۴۵۰۸/۸۲	-۴۴۷۳/۸۲	.	۱۰۵۶۴۸۱۲/۳۲
خیار	۴۰۳۷۵	۳۹۷۴۹/۷۵	۶۲۵/۲۵	۱۰۵۳۷۶/۰۳	.
هندوانه	۶۴۱۲۶	۴۸۷۷۳/۶۷	۱۵۳۵۲/۳۳	۱۷۶۰۹۶۸/۸۰	.
سیر	۴۱۲۷۷	۲۴۶۳/۸۴	۳۸۸۱۳/۱۶	۱۷۲۶۷۹۴۳/۱۱	.
سبزیجات	۲۳۹۱	۲۷/۰۷	۲۳۶۳/۹۳	۵۲۰۴۰۰/۳۴	.
					۵۰۷/۱۷

تراز تجاری آب مجازی محصولات زراعی (میلیون مترمکعب)

موجود از حیث محتوای آب مجازی، چندان مطلوب به نظر نمی‌رسد. براساس اطلاعات ارائه شده در جدول ۵، محصولات گندم، یونجه، ذرت علوفه‌ای، سیب‌زمینی، چغندر قند، خیار، هندوانه، سبزیجات و سیر از استان همدان صادر شده‌اند و در مقابل گوجه‌فرنگی، پیاز، لوبیا، نخود، عدس محصولات وارداتی استان در سال ۹۷ می‌باشد.

برآورد میزان صادرات و واردات و تراز تجاری آب مجازی محصولات باغی استان همدان در جدول ۶ ارائه شده است

بر اساس اطلاعات جدول ۵، حجم واردات و صادرات آب مجازی از طریق تجارت محصولات کشاورزی، به ترتیب ۳۳/۴ و ۵۴۰/۶ میلیون مترمکعب است. با توجه به محاسبات انجام شده، تراز تجاری آب مجازی محصولات زراعی استان همدان، معادل با ۵۰۷/۱۷ میلیون مترمکعب است. رقم مثبت تراز تجاری نشان می‌دهد که در سال ۱۳۹۷ استان همدان صادرکننده آب مجازی می‌باشد و عدد مربوطه نشان می‌دهد تفاوت فاحشی بین آب مجازی وارد شده با آب مجازی صادر شده از استان وجود دارد. با توجه به شرایط منابع آب استان، الگوی کشت زراعی



جدول (۶): نتایج مربوط به محاسبه صادرات و واردات محصولات باغی آب مجازی استان همدان در سال ۱۳۹۷

محصول	تولید (عرضه داخلی) (ton)	مصرف (تقاضا) (ton)	تراز تجاری محصول (ton)	صادرات آب مجازی (m <sup>3</sup> )	واردات آب مجازی (m <sup>3</sup> )
انگور آبی	۳۴۵۵۸۵	۵۹۳۳،۸۸	۳۳۹۶۵۱،۱۲	۹۵۰۶۳۱۸۹،۰۶	.
سیب	۱۰۷۸۶۰	۱۴۴۱۵،۶۸	۹۳۴۴۴،۳۲	۳۳۶۹۳۷۴۰،۰۴	.
گردو	۴۶۷۶۳	۱۱۲،۲۶	۴۶۶۵۰،۷۴	۱۶۲۴۹۶۸۳۴،۲۶	.
گلابی	۳۳۳۹	۸،۴۵	۳۳۳۰،۵۵	۳۲۳۰۳۵۷،۴۷	.
هلو، شلیل و شفتالو	۷۳۶۴۰	۳۸۰۵،۳۲	۶۹۸۳۴،۶۸	۵۲۲۷۴۵۰۳،۳۸	.
زردآلو و آلو	۲۶۰۳۶	۱۸۴۲،۶۹	۲۴۱۹۳،۳۱	۲۶۷۷۳۱۳۷،۳۰	.
البالو و گیلاس	۵۱۴۰	۱۵۳،۰۶	۴۹۸۶،۹۴	۱۰۶۱۱۶۱۱،۷۷	.
		تراز تجاری آب مجازی محصولات باغی (میلیون مترمکعب)		۳۸۴/۱۴	

جزء محصولات کم مصرف (کمتر از  $m^3/ton$  ۵۰۰) محسوب می‌شود و هفتمین محصول کم مصرف زراعی به لحاظ شاخص آب مجازی است. در مقابل محصولی مانند نخود با میانگی نیاز آبی ۳۵۹۰ مترمکعب در هکتار، در مقایسه با بسیاری از محصولات نیاز آبی کمتری دارد اما در عین حال، با توجه به عملکرد پایین در هکتار، حجم آب مجازی این محصول  $۱۸۶۹/۲$  مترمکعب بر تن است که جزء سه محصول پر مصرف زراعی استان همدان محسوب می‌شود. بنابراین در نظر گرفتن نیاز آبی در هکتار شاخص مناسبی برای مصرف منابع آب و تعیین الگوی کشت نیست.

در رابطه با محصولات باغی نیز حجم آب مجازی «به» با نیاز متوسط آبی ۸۵۰۷ مترمکعب در هکتار، کمتر از حجم آب مجازی سیب با نیاز آبی ۷۴۱۲ مترمکعب در هکتار است. به عبارت دیگر، با وجود اینکه سیب دارای نیاز آبی کمتری از «به» است، اما نسبت به محصول «به» دارای حجم آب مجازی بیشتری است. علت آن نیز ناشی از تفاوت عملکرد دو محصول در هکتار است. لذا، همچنان که در مطالعه عابدی و تهامی پور (۱۳۹۵) این موضوع تایید شد، افزایش عملکرد در واحد سطح، یکی از راه کارهای کاهش آب مجازی محصولات تولیدی است که می‌تواند منجر به کاهش مصرف آب مجازی شود. در جدول ۷ برخی شاخص‌های مرتبط با مصرف منابع آب در بخش زراعت استان همدان ارائه شده است

با توجه به جدول ۶، در خصوص محصولات باغی مورد بررسی، که آمار مصرف آنها در سطح استان موجود و جریان تجارت این محصولات مشخص است، به دلیل اینکه در تمامی این محصولات استان همدان صادرکننده محصول از استان است، حجم واردات آب مجازی از طریق تجارت محصولات کشاورزی محصولات منتخب باغی برابر با صفر است و حجم صادرات آب مجازی معادل با  $۳۸۴/۱۴$  میلیون مترمکعب است که نشان دهنده تراز تجاری مثبت آب مجازی محصولات باغی استان همدان است (با توجه به کمبود اطلاعات در خصوص سایر محصولات باغی، از محصولات باغی وارداتی استان مانند موز، پرتقال، نارنگی و... چشم‌پوشی شد).

نتایج محاسبات محتوای آب مجازی کل محصولات مورد بررسی نشان داد که تراز تجاری آب مجازی بخش کشاورزی استان همدان مثبت می‌باشد، این بدان معنی است که استان همدان در سال ۱۳۹۷ صادرکننده آب مجازی بوده است.

نکته قابل توجه در نتایج به دست آمده، کمتر بودن محتوای حجم آب مجازی محصولات زراعی منتخب با نیاز آبی بالا، در مقابل محصول با نیاز آبی کمتر نسبت به سایر محصولات زراعی است. برای مثال محصول پیاز در استان همدان با میانگین  $۸۰۰۲/۲$  مترمکعب در هکتار، بیشترین نیاز آبی را در بین محصولات استان همدان دارد اما به دلیل عملکرد بالا، به لحاظ محتوای آب مجازی، با مصرف میانگین  $۱۹۰/۱۴$  متر مکعب آب برای تولید هر تن پیاز،

جدول (۷): شاخص شدت مصرف، وابستگی، خودکفایی و بهره‌وری برای محصولات زراعی استان همدان

محصول	میزان آب مورد استفاده (Milion m <sup>3</sup> )	کل منابع آب استان (Milion m <sup>3</sup> )	شاخص شدت مصرف (Percent)	شاخص خودکفایی (Percent)	شاخص وابستگی (Percent)	بهره‌وری (Kg/m <sup>3</sup> )
ذرت علوفه‌ای	۱۱/۰۶	۳۲۱۷	۰/۳۴	۱۰۰	۰	۱۰/۷۵
چغندر قند	۵۲/۴۶	۳۲۱۷	۱/۶۳	۱۰۰	۰	۹/۸۸
هندوانه	۷/۷۴	۳۲۱۷	۰/۲۴	۱۰۰	۰	۸/۷۲
خیار	۶/۸۰	۳۲۱۷	۰/۲۱	۱۰۰	۰	۵/۹۳
گوجه فرنگی	۷/۰۸	۳۲۱۷	۰/۲۲	۱۱/۵۹	۸۸/۴۱	۵/۶۹
سیب زمینی	۱۶۶/۶۹	۳۲۱۷	۵/۱۸	۱۰۰	۰	۵/۶۶
پیاز	۱/۳۱	۳۲۱۷	۰/۰۴	۱/۱۸	۹۸/۸۲	۵/۲۶
سبزیجات	۰/۵۳	۳۲۱۷	۰/۰۲	۱۰۰	۰	۴/۵۴
سیب	۱۸/۳۶	۳۲۱۷	۰/۵۷	۱۰۰	۰	۲/۲۵
گندم	۱۹۷/۳۱	۳۲۱۷	۶/۱۳	۱۰۰	۰	۱/۶۷
یونجه	۲۳۲/۲۱	۳۲۱۷	۷/۲۲	۱۰۰	۰	۱/۶۴
لوبیا	۱/۲۵	۳۲۱۷	۰/۰۴	۰/۰۲	۹۹/۹۸	۰/۵۶
نخود	۰/۸۱	۳۲۱۷	۰/۰۲	۲/۱۲	۹۷/۸۸	۰/۵۳
عدس	۰/۰۸	۳۲۱۷	۰/۰۰۲	۰/۰۲	۹۹/۹۸	۰/۴۲

در شرایط کمبود آب، باید کشت هندوانه متوقف شود، اما همانطور که از جدول ۷ مشخص است، هندوانه به لحاظ عملکرد آبی در رتبه سوم قرار دارد. همچنین تولید حبوبات شامل نخود، لوبیا و عدس کمترین میزان بهره‌وری آبی را در بین محصولات زراعی دارد. جدول ۸ شاخص‌های مرتبط با مخصرف منابع آب را در بخش باغی استان همدان ارائه می‌کند.

با توجه به جدول ۷، بیشترین شاخص شدت مصرف - که نشان دهنده درصد کل آب مصرفی به کل منابع آب در دسترس استان است- مربوط به محصولات یونجه، گندم و سیب زمینی است. از آنجا که عمده محصولات زراعی استان صادراتی است، شاخص خودکفایی در بیشتر محصولات برابر با ۱۰۰ و شاخص وابستگی برابر با صفر است. بیشترین بهره‌وری آب نیز مربوط به ذرت علوفه‌ای، چغندر قند و هندوانه است. علیرغم اینکه برخی معتقدند

جدول (۸) شاخص‌های شدت مصرف، وابستگی، خودکفایی و بهره‌وری برای محصولات باغی استان همدان

محصول	میزان آب مورد استفاده (Milion m <sup>3</sup> )	کل منابع آب استان (Milion m <sup>3</sup> )	شاخص شدت مصرف (Percent)	شاخص خودکفایی (Percent)	شاخص وابستگی (Percent)	بهره‌وری (Kg/m <sup>3</sup> )
انگور	۹۶/۷۲	۳۲۱۷	۳/۰۱	۱۰۰	۰	۳/۵۷
سیب	۳۸/۸۹	۳۲۱۷	۱/۲۱	۱۰۰	۰	۲/۷۷
شلیل	۱۱/۹۸	۳۲۱۷	۰/۳۷	۱۰۰	۰	۱/۵۲
هلو	۴۱/۱۶	۳۲۱۷	۱/۲۸	۱۰۰	۰	۱/۳۴
انواع آلو	۱۱/۵۶	۳۲۱۷	۰/۳۶	۱۰۰	۰	۱/۲۶
شفتالو	۰/۳۴	۳۲۱۷	۰/۰۱	۱۰۰	۰	۱/۱۳
گلابی	۳/۲۴	۳۲۱۷	۰/۱۰	۱۰۰	۰	۱/۰۳
زردآلو	۱۲/۶۶	۳۲۱۷	۰/۳۹	۱۰۰	۰	۰/۹۰
به	۲/۰۰	۳۲۱۷	۰/۰۶	۱۰۰	۰	۰/۷۲
گیلاس	۳/۹۶	۳۲۱۷	۰/۱۲	۱۰۰	۰	۰/۵۱
آلوبالو	۷/۱۶	۳۲۱۷	۰/۲۲	۱۰۰	۰	۰/۴۴
گردو	۱۶۲/۸۹	۳۲۱۷	۵/۰۶	۱۰۰	۰	۰/۳۹
بادام	۲۷/۰۳	۳۲۱۷	۰/۸۴	۱۰۰	۰	۰/۲۵
پسته	۰/۹۴	۳۲۱۷	۰/۰۳	۱۰۰	۰	۰/۰۷

علوفه‌ای و چغندر قند کم‌ترین حجم آب مجازی را دارند. اما در عین حال این دو محصول به ترتیب رتبه ۷ و ۵ بیشترین سطح زیرکشت را دارند. بنابراین ضرورت تغییر الگوی کشت در جهت افزایش سطح کشت محصولات دارای کمترین محتوای آب مجازی احساس می‌شود. در بین محصولات باغی پسته و بادام بیشترین، و انگور، سیب و شلیل کمترین میزان محتوای آب مجازی را به خود اختصاص می‌دهد. با توجه به سطح زیر کشت محصولات باغی، به نظر می‌رسد الگوی باغداری با شرایط عملکرد آبی متناسب است.

همچنین نتایج حاصل از محاسبه تراز تجاری آب مجازی نشان می‌دهد که استان همدان به‌طور خالص صادرکننده آب مجازی به خارج از استان است. تراز تجاری آب مجازی محصولات زراعی و باغی به ترتیب برابر با ۵۰۷/۱۷ و ۳۸۴/۱۴ میلیون مترمکعب است که در مجموع استان همدان در سال ۱۳۹۷، معادل ۸۹۱/۳۲ میلیون مترمکعب آب مجازی در غالب محصولات کشاورزی به

با توجه به جدول ۸، در بین محصولات باغی گردو، انگور و هلو، بیشترین میزان مصرف آب از منابع آبی موجود را دارند. همچنین در بین محصولات باغی، بیشترین عملکرد آبی مربوط به محصولات انگور، سیب و شلیل می‌باشد. کم‌ترین میزان بهره‌وری منابع آب در بین محصولات باغی، به محصول پسته با تولید ۰/۷ کیلوگرم محصول به ازاء هر مترمکعب آب مصرفی تعلق دارد. از این داده‌ها می‌توان برای تغییر الگوی کشت زراعی و باغی با هدف افزایش کارایی مصرف منابع آب استفاده نمود.

### نتیجه‌گیری

هدف اصلی این مطالعه بررسی تراز تجاری آب مجازی محصولات کشاورزی در زیربخش زراعت و باغبانی استان همدان می‌باشد. نتایج حاصل از محاسبه میزان آب مجازی در استان بیانگر آن است که به‌طور متوسط در سطح شهرستان‌های این استان و در بین محصولات زراعی، حبوبات (نخود، لوبیا و عدس) بیش‌ترین و در مقابل ذرت

همدان که با بحران کم آبی روبرو هستند، سیاستی زیان‌آور خواهد بود. البته این را هم باید در نظر داشت که سیاست‌گذار باید در سطح کلان کشور، سیاست‌گذاری کند و لذا نمی‌توان در این استان، الگوی کشت را بدون توجه به ویژگی‌های سایر نقاط کشور تدوین نمود. طراحی الگوی کشت در هر منطقه باید بر مبنای نیاز کل کشور به مواد غذایی و سپس مزیت نسبی و ویژگی‌های اقلیمی و محدودیت‌هایی نظیر شرایط خاک و دسترسی به منابع آب تعیین گردد. در واقع توجه به مزیت نسبی تولید و مهمترین محدودیت بخش کشاورزی کشور یعنی دسترسی به منابع آب، در تدوین الگوی کشت بهینه بسیار دارای اهمیت است. چنین امری نیاز به یک مطالعه جامع در کل کشور دارد.

۳- تدوین برنامه جامعه الگوی بهینه کشت بر اساس اصل مزیت نسبی باید به تفکیک شهرستان‌های هر استان و از جمله استان همدان صورت پذیرد. این امر، یکی از راهکارهای اساسی برای جلوگیری از هدررفت و مدیریت صحیح منابع آب است.

۴- پس از تدوین الگوی کشت، نکته مهم پذیرش آن از سوی کشاورز است. در این راستا به دو روش باید عمل نمود. ابتدا باید آگاه‌سازی کشاورزان و ذی‌نفعان از منافع اجتماعی و اقتصادی بلندمدت الگوی کشت در دستور کار قرار گیرد که این امر در حیطه برنامه‌های ترویجی است و باید محتوای برنامه‌های آموزشی و ترویجی بگونه‌ای تدوین و طراحی گردد که زمینه هدایت کشاورزان به اجرایی نمودن بسته‌های سیاستی مروجین و برنامه‌ریزان را فراهم آورد. موضوع دیگر، ایجاد انگیزه اقتصادی برای الگوی کشت است. در واقع کشاورز را نمی‌توان مجبور به کشت یک الگوی خاص کرد مگر آن‌که کشاورز واقعا احساس کند که الگوی پیشنهادی برای او سودآور است. برای این منظور، اعمال سیاست‌های مناسب قیمتی و فراهم آوردن بازارهای پویا متناسب با الگوی کشت منطقه از جمله الزاماتی است که به کشاورز تضمین عرضه مناسب محصولاتش را می‌دهد. به عبارت دیگر باید در کشاورز این اطمینان ایجاد شود که در صورت تغییر الگوی کشت و به دنبال آن تغییر در میزان تولید، هم میزان سود منطقی

سایر استان‌های کشور صادر کرده است. بیش‌ترین میزان خالص صادرات آب مجازی در بخش محصولات زراعی، از طریق صادرات گندم به میزان حدود ۱۸۸/۳۵ میلیون متر مکعب و در بین محصولات باغی، از طریق صادرات محصول گردو به میزان ۱۶۲/۵۰ میلیون متر مکعب است. با توجه به سطح بالای محتوای آب مجازی حبوبات، این محصولات جهت تامین نیاز استان، از خارج از استان وارد می‌شوند و بیشترین واردات آب مجازی به میزان ۲۵/۳۲ میلیون متر مکعب مربوط به این محصولات است.

بر اساس شاخص خودکفایی، در محصولات باغی مورد بررسی، تمام نیاز آبی محصولات باغی از منابع آبی داخل استان تامین می‌گردد و آب مجازی از مسیر این محصولات وارد استان نمی‌شود. در بین محصولات زراعی گوجه فرنگی، حبوبات و پیاز، برای تامین نیاز استان، وارد می‌شوند و به همراه خود آب مجازی وارد می‌کنند که بیانگر وابستگی استان همدان به منابع آب خارجی در این محصولات است. نتایج حاصل از محاسبه بهره‌وری آبی (عملکرد آبی) نشان می‌دهد در میان محصولات زراعی، محصول عدس و ذرت علوفه‌ای به ترتیب ۰/۴۲ و ۱۰/۷۵ کیلوگرم بر متر مکعب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان شاخص بهره‌وری آب را دارند و در میان محصولات باغی، گلایی با ۳/۵۷ و پسته با ۰/۰۷ کیلوگرم محصول بر متر مکعب بیش‌ترین و کم‌ترین میزان بهره‌وری آب کشاورزی را به خود اختصاص می‌دهند. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که شرایط اقلیمی، نیاز آبی محصول و عملکرد محصول بر میزان محتوای آب مجازی اثرگذار است. بر همین اساس و بر مبنای نتایج به دست آمده از این مطالعه، پیشنهادهای زیر ارائه می‌گردد:

۱- متناسب با میزان دسترسی به منابع آبی، شرایط اقلیمی، شرایط اقتصادی-اجتماعی و هم‌چنین سطح فشار بر منابع آبی از مفهوم آب مجازی در تدوین الگوی کشت هر منطقه استفاده شود.

۲- با توجه به نتایج، افزایش تولید و صادرات محصولات آب بر و نیز وارد کردن محصولات و کالاها با نیاز آبی و محتوای آب مجازی اندک، برای آینده منابع آب و امنیت بلندمدت مواد غذایی در مناطقی مانند استان



مجازی بررسی گردد. در این خصوص ذکر این نکات ضروری است که در مورد برخی از محصولات، بالا بودن محتوی آب مجازی ناشی از عملکرد پایین آن محصول می‌باشد. بنابراین با رفع چالش‌های مربوط به عملکرد می‌توان سطح آب مجازی محصول مذکور را کاهش داد و در صورت نیاز در الگوی کشت پیشنهادی آن محصول را پیشنهاد نمود

کشاورز حفظ خواهد شد و هم بازار ظرفیت جذب تولیدات آنها را دارد.

۵- نظر به اینکه دو جزء اصلی مفهوم محتوی آب مجازی محصولات کشاورزی نیاز ناخالص آبی و عملکرد می‌باشد که از نظر ماهیتی نیاز آبی تا حد زیادی غیر قابل کنترل و در مقابل عملکرد قابل کنترل می‌باشد، توصیه می‌شود هنگام تکیه بر این مفهوم در تصمیم‌گیری‌ها نقش هریک از این اجزاء در بالا یا پایین بودن محتوی آب

## منابع

- اویسی، ف.، ا. فتاحی اردکانی و م. فهرستی ثانی. ۱۳۹۸. بررسی آب مجازی و ردپای اکولوژیک آب در محصول گندم آبی استان اصفهان. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، سال ۲۳، شماره ۱، ص ۸۷-۹۹.
- تهامی پور زرنندی، م. و م. قربانی. ۱۳۹۵. اندازه‌گیری و تحلیل جایگاه تجارت آب مجازی در بخش صنعت و معدن ایران. نشریه آب و توسعه پایدار، سال هفتم، شمار ۱، ص ۵۹-۷۲.
- حمدی احمدآباد، ی.، ع. لیاقت، ع. رسول زاده و ر. قادرپور. ۱۳۹۸. بررسی روند سرانه مصرف آب در ایران براساس رژیم غذایی دو دهه گذشته. تحقیقات آب و خاک ایران، سال پنجاهم، شماره ۱، ص ۸۷-۷۷.
- دهقان پیر، ش.، ا. بذرافشان و ا. حلی‌ساز. ۱۳۹۶. تجارت آب مجازی و کاربرد آن در حوزه آبخیز (مطالعه موردی: حوزه آبخیز برآفتاب حاجی‌آباد و پایاب رودان، استان هرمزگان). نشریه مرتع و آبخیزداری، سال هفتم، شماره ۳، ص ۶۴۷-۶۶۰.
- روحانی، ن.، ه. یانگ، س. امین سیچانی و ع. کامگار حقیقی. ۱۳۸۷. ارزیابی مبادله محصولات غذایی و آب مجازی با توجه به منابع آب موجود در ایران. مجله علوم آب و خاک، سال دوازدهم، شماره ۴۶، ص ۴۱۷-۴۳۲.
- شیرزادی، ا.، ع. سایه‌میری و ح. عسگری. ۱۳۹۸. بررسی عوامل مؤثر بر تجارت آب مجازی محصول گندم با استفاده از مدل جاذبه. تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، سال پنجاهم، شماره ۳، ص ۵۱۳-۵۰۱.
- عابدی، س. و م. تهامی پور. ۱۳۹۵. اندازه‌گیری و تحلیل تراز تجاری آب مجازی در بخش کشاورزی استان زنجان. مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، سال ۲-۴۷، شماره ۴، ص ۸۱۴-۸۰۵.
- فضل‌الهی، ه.، ر. فتاحی و ک. ابراهیمی. ۱۳۹۹. کاربرد مبانی آب مجازی در افزایش ارزش اقتصادی منابع آب کشاورزی (مطالعه موردی: دشت اراک). فصلنامه مهندسی آبیاری و آب ایران، سال دهم، شماره ۳، ص ۲۴۷-۲۳۵.
- قدمی فیروزآبادی، ع. و س.م. سیدان. ۱۳۹۸. بررسی بهره‌وری آب آبیاری و تحلیل اقتصادی تولید محصول یونجه در سامانه‌های آبیاری بارانی و سطحی. فصلنامه مهندسی آبیاری و آب ایران، سال دهم، شمار ۳۷، ص ۱۴۹-۱۳۶.
- قدوسی، ح. و ح. داوری. ۱۳۹۵. تحلیل انتقادی آب مجازی از منظر سیاست‌گذاری. فصلنامه آب و توسعه پایدار، سال سوم، شماره ۱، ص ۵۸-۴۷.
- معصومی، ا.، ح. احمدی و ک. رضائی مقدم. ۱۳۹۷. تحلیل نگرش کشاورزان شهرستان کوار نسبت به حفاظت از آب: کاربرد نظریه نیازهای مازلو. تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، سال چهل و نهم، شماره ۱، ص ۱۵۰-۱۳۵.
- معلمی، م. ۱۳۹۷. بررسی تاثیر رشد درآمد سرانه بر رشد خالص واردات آب مجازی در کشورهای منتخب. فصلنامه نظریه های کاربردی اقتصاد، سال پنجم، شماره ۱، ص ۱۵۸-۱۳۳.



Ababaei, B. and H. Ramezani Etedali. 2014. Estimation of water footprint components of Iran's wheat production: comparison of global and national scale estimates. *Journal of Environmental Process*, 1: 193-205.

Alamri, Y. and M.R. Reed. 2019. Estimating Virtual Water Trade in Crops for Saudi Arabia. *American Journal of Water Resources*, 7(1): 16-22.

Aldaya, M.M., A.Y. Hoekstra and J.A. Allan. 2008. Strategic Importance of Green Water in International Grope Trade. UNESCO-IHE value of Water Research Report. Series No. 25.

Chapagain, A.K., A.Y. Hoekstra and H.H.G. Savenije. 2006. Water saving through international trade of agricultural products. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10: 455-466.

Feng, K., y.L. Siu, D. Guan and K. Habacek. 2011. Assessing Regional Virtual Water Flows and Water Footprint in the Yellow River Basin, China: A consumption based approach. *Geography*, 32: 691-701.

Hoekstra, A. 2018. How to reduce our water footprint to sustainable level? *UN chronicle*, 13: 52-54.

Hoekstra, A.Y. 2003. Virtual water trade, *Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. IHE Delft, the Netherlands. 248 p.

Hoekstra, A.Y. and P.Q. Hung. 2002. Virtuap Water Trade: A Quantification of Virtuap Water Fpows between Nations in Repation to Internationap Crop Trade. *Vapue of Water Research Report Series*, 12: 26-47.

Rosa, P., D.D. Chiareppi, C. Tu, M.C. Ruppi and P. D'Odorico. 2019. Gpobap unsustainabpe virtuap water fpows in agricupturap trade. *Environmentap Research Petters*, 14(11), 114001.

Tian, G. 2013. Effect of Consumption of Livestock Products on Water Consumption in China Based on Virtual Water Theory. *International Conference on Future Information Engineering*, 5(3): 112-117.

Wang, Y.D., J.S. Leeb, L. Agbemabiesea, K. Zamea and S. Kang. 2015. Virtual water management and the water-energy nexus: A case study of three MidAtlantic. *Resources, Conservation and Recycling*, 98(3): 76-84.

Zhao, H., S. Qu, S. Guo, H. Zhao, S. Piang and M. Xu. 2019. Virtuap water scarcity risk to gpobap trade under cpimate change. *Journap of Cleaner Production*, 230: 1013-1026.





## Estimation of virtual water trade balance of agricultural products in Hamadan province

Hamid Balali<sup>1</sup>, Mostafa Baniasadi<sup>2</sup>, Leyla Mozafari<sup>3</sup>

### Abstract

The concept of virtual water has considerable potential to help improving water management, especially in the agricultural sector. Therefore, virtual water analysis of basic products of the agricultural sector can help us in policy-making and planning in the optimal use of water resources. In this study, the amount of virtual water and its related indicators were determined using the basic approach and then, based on the amount of production and demand of the province for agricultural products, the amount of agricultural exchanges and the trade balance of virtual water in Hamadan province in 2018 were estimated. The results showed that the trade flow of the studied products has a volume equal to 924.7 million m<sup>3</sup> of virtual water exports outside the province and 33.4 million m<sup>3</sup> of virtual water imports into the province. Based on this, the trade balance of virtual water was estimated at 891.3 million m<sup>3</sup>. These results show that Hamedan province produces and exports water-intensive products within the province. The positive and significant trade balance warns of the need to change the cultivation pattern in the province due to the lack of water resources. According to the results of the study, it is suggested that the area under cultivation of crops such as corn, beans and alfalfa with high virtual water content be reduced and crops such as fodder corn and sugar beet, which require less virtual water, be replaced.

**Keywords:** Virtual water trade, water productivity, water footprint, agricultural sector, Hamadan province.

---

<sup>1</sup> Associate Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, [h-balali@basu.ac.ir](mailto:h-balali@basu.ac.ir), (Corresponding author)

<sup>2</sup> Assistant Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, [m.baniasadi@basu.ac.ir](mailto:m.baniasadi@basu.ac.ir).

<sup>3</sup> MSc graduated of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, [leyla.mozafari72@gmail.com](mailto:leyla.mozafari72@gmail.com).

## Extended Abstract

## Research Paper

## Estimation of virtual water trade balance of agricultural products in Hamadan province

Hamid Balali<sup>1</sup>, Mostafa Baniasadi<sup>2</sup>, Leyla Mozafari<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Associate Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, [h-balali@basu.ac.ir](mailto:h-balali@basu.ac.ir), (Corresponding author)

<sup>2</sup> Assistant Professor of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, [m.baniasadi@basu.ac.ir](mailto:m.baniasadi@basu.ac.ir).

<sup>3</sup> MSc graduated of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, [leyla.mozafari72@gmail.com](mailto:leyla.mozafari72@gmail.com).



10.22125/IWE.2021.247486.1413

Received:  
**September 9, 2020**  
Accepted:  
**May 15, 2021**  
Available online:  
**05. January.2022**

Keywords: **Virtual water trade, water productivity, water footprint, agricultural sector, Hamadan province**

The concept of virtual water has considerable potential to help improving water management, especially in the agricultural sector. Therefore, virtual water analysis of basic products of the agricultural sector can help us in policy-making and planning in the optimal use of water resources. In this study, the amount of virtual water and its related indicators were determined using the basic approach and then, based on the amount of production and demand of the province for agricultural products, the amount of agricultural exchanges and the trade balance of virtual water in Hamadan province in 2018 were estimated. The results showed that the trade flow of the studied products has a volume equal to 924.7 million m<sup>3</sup> of virtual water exports outside the province and 33.4 million m<sup>3</sup> of virtual water imports into the province. Based on this, the trade balance of virtual water was estimated at 891.3 million m<sup>3</sup>. These results show that Hamedan province produces and exports water-intensive products within the province. The positive and significant trade balance warns of the need to change the cultivation pattern in the province due to the lack of water resources. According to the results of the study, it is suggested that the area under cultivation of crops such as corn, beans and alfalfa with high virtual water content be reduced and crops such as fodder corn and sugar beet, which require less virtual water, be replaced.

### 1. Introduction

Virtual water refers to the hidden water content in each crop that is transferred from one region to another through the trade of agricultural products. Virtual water trade has grown in recent years in the world and in Iran. Due to the nature of the agricultural sector and the significant consumption of water resources as an essential and irreplaceable input in agricultural products, agriculture is the largest consumer of water resources in the world and the trade of agricultural products is the main virtual water trade. Crops account for about 67% of the virtual water trade and livestock and industrial products for 23% and 10% of the world's virtual water exchanges, respectively. Therefore, paying attention to the water content is important in determining the cultivation pattern, especially in low water areas. Some researchers argue that global water use efficiency can be increased by importing products with high virtual water content in water-scarce areas, and producing and exporting products with very low virtual water content. Due to the importance of this issue in efficient management of water resources, in the

present study, while calculating the amount of virtual water in horticultural and agricultural products of Hamadan province, the trade balance of virtual water will be estimated as a valuable variable to orient the cultivation pattern.

## 2. Materials and Methods

In the literature, there are two general approaches to calculating virtual water, input-output and basic approach. In the basic approach, by analyzing the concept of virtual water and applying technical and physical relations, as well as, in particular, physiological relations, relations for calculating virtual water by product type are presented. In the present study, the technical-basic approach has been used for virtual water analysis. Equation (1) is used to calculate the virtual water consumption of each agricultural product:

$$(1)$$

In the above relation,  $SWD_{ij}$  is the specific water demand of the 1st crop in the 1st region in terms of cubic meters per ton,  $CWD_{ij}$  is the crop water requirement for the 1st crop in the 1st region in terms of cubic meters per hectare and  $CY_{ij}$  is the yield of the 1st crop in the 1st region in terms of tons per hectare. The commercial level of virtual water in the study area (TVWT) was calculated through Equation (2):

$$(2)$$

Obviously, the result of the above equation may be positive, negative or zero, depending on the conditions of the year under study.

## 3. Results

The results of calculating the amount of virtual water in the province show that on average in the counties of this province and among crops, legumes (chickpeas, beans and lentils) have the highest and in contrast to forage corn and sugar beet have the lowest volume of virtual water. Among horticulture products, pistachio and almond have the highest, and grape, apple and nectarine have the lowest virtual water content. The trade balance of virtual water of agricultural and horticultural products is equal to 507.17 and 384.14 million cubic meters, respectively, which in total of Hamedan province in 2019, equivalent to 891.32 million cubic meters of virtual water in the form of agricultural products to other provinces of the country. The highest net export of virtual water in the field of agricultural products is through the export of wheat at the rate of about 188.35 million cubic meters and among horticultural products through the export of walnut at the rate of 162.50 million cubic meters. Due to the high level of virtual water content of legumes, these products are imported from outside the province to meet the needs of the province, and the highest import of virtual water at the rate of 25.32 million cubic meters is related to these products. The results of calculating water productivity (water yield) show that among crops, lentil and forage corn have 0.42 and 10.75 kg/m<sup>3</sup>, respectively, have the highest and lowest water productivity index and among horticultural products, pear With 3.57 and pistachio with 0.07 kg/m<sup>3</sup>, they have the highest and lowest agricultural water productivity.

## 4. Discussion and Conclusion

The main purpose of this study is to investigate the trade balance of virtual water of agricultural products in the crop and horticulture sub-sector of Hamadan province. Forage corn and sugar beet have the lowest volume of virtual water. However, these two crops are ranked 7th and 5th, respectively, with the highest level under cultivation. Therefore, it is necessary to change the cultivation pattern in order to increase the cultivation level of crops with the lowest virtual water content. Considering the area under cultivation of horticultural products, it seems that the horticultural pattern is suitable for water yield conditions. Also, the results of calculating the trade balance of virtual water show that Hamedan province is the net exporter of virtual water outside the province. The results of the study show that climatic conditions, crop water requirements and crop yield affect the amount of virtual water content.

## 5. Six important references

1. Hoekstra, A. 2018. How to reduce our water footprint to sustainable level? UN chronicle, 13: 52-54. <https://doi.org/10.18156/j3c449b8>
2. Investigation of Trend Changes in the Caspian Sea Surface Temperature from 1989 to 2019

2. Hoekstra, A.Y. 2003. Virtual water trade, Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. IHE Delft, The Netherlands. 248 p.
3. Hoekstra, A.Y. and P.Q. Hung. 2002. Virtual Water Trade: A Quantification of Virtual Water Flows between Nations in Relation to International Crop Trade. Volume of Water Research Report Series, 12: 26-47.
4. Alamri, Y. and M.R. Reed. 2019. Estimating Virtual Water Trade in Crops for Saudi Arabia. American Journal of Water Resources, 7(1): 16-22.
5. Rosa, P., D.D. Chiareppi, C. Tu, M.C. Ruppel and P. D'Odorico. 2019. Global unsustainable virtual water flows in agricultural trade. Environmental Research Letters, 14(11), 114001.
6. Zhao, H., S. Qu, S. Guo, H. Zhao, S. Piang and M. Xu. 2019. Virtual water scarcity risk to global trade under climate change. Journal of Cleaner Production, 230: 1013-1026.

### **Conflict of Interest**

Authors declared no conflict of interest.