مطالعات جغرافیایی مناطق خشک

دوره یازدهم، شماره چهل و یکم، پاییز ۱۳۹۹

دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۲/۲۶ تأیید نهایی: ۱۳۹۹/۰۳/۲۳

صص ۹۲-۷۷

ارزیابی آب مجازی و ردپای آب محصولات کشاورزی (مطالعه‌ی موردی: شهرستان قلعه‌گنج)

محمدرضا رحیمی‌پور انارکی، دانشجوی دکتری مدیریت محیط‌زیست-دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

علی محمدی*، استادیار مدیریت محیط‌زیست-دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

مجتبی رفیعیان، دانشیار برنامه‌ریزی سیستم‌های شهری-دانشگاه تربیت مدرس

رضا ارجمندی، دانشیار مدیریت محیط زیست-دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات

سعید کریمی، استادیار برنامه‌ریزی محیط زیست-دانشگاه تهران

چکیده

در راستای استفاده‌ی بهینه از منابع موجود آب، بررسی راهکارهای استفاده‌ی بهینه‌ی آب از طریق بازنگری در تخصیص منابع آب و مدیریت آن، امری ضروری است. ازآنجاکه میزان آب مصرفی پایه و ردپای آب هر محصول در هر منطقه تحت تأثیر اقلیم، عملیات کشاورزی و راندمان آبیاری متغیر است؛ توسعه‌ی روش‌های مدیریتی کارآمد که بتوان با آن، مقدار آب واقعی مصرفی را محاسبه کرد، امری ضروری است. هدف از این مطالعه، ارزیابی آب مجازی و ردپای آب محصولات کشاورزی در شهرستان قلعه‌گنج طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ در جهت بهره-برداری بهینه از منابع آبی موجود در این شهرستان است. با استفاده از سطح زیر کشت و میزان تولید، عملکرد هر محصول محاسبه شده و سپس با توجه به روابط ارائه‌شده میزان آب مجازی، آب مجازی آبی و سبز، ردپای آب و شاخص بهره‌وری آب در محصولات موردبررسی به تفکیک محاسبه شده است. بنا بر بررسی‌های انجام‌شده، بیش‌ترین سطح زیر کشت در شهرستان قلعه‌گنج در این بازه‌ی زمانی، مربوط به غلات و نخیلات است که درمجموع، بیش از نیمی از سطح ۴۸۰۰۰ هکتاری زمین‌های زیر کشت و بیش از ۶۰ درصد مجموع ردپای آب را شامل می‌شود، اما عملکرد آن‌ها پایین است. در مقابل، محصولاتی نظیر ذرت علوفه‌ای، پیاز و خربزه درمجموع ۳۸/۵ درصد از عملکرد محصولات کشاورزی شهرستان را به خود اختصاص می‌دهند و بیش‌ترین مقدار بهره‌وری آب را دربر دارند. در این مقاله، روند تغییرات ردپای آب در مقابل تولید و سطح زیر کشت کلی محصولات بررسی شده و به نظر می‌رسد با ارائه‌ی خدمات تخصصی به منظور تشویق کشاورزان در استفاده از روش‌های آبیاری نوین و جایگزینی محصولات آب با محصولات دارای بهره‌وری بیش‌تر، ردپای کلی آب در شهرستان را بتوان کاهش داد. در پیشنهاد الگوهای کشت جایگزین باید به اثرات اقتصادی، نیاز بازار و قابلیت اراضی نیز توجه نمود.

واژگان کلیدی: آب مجازی، ردپای آب، قلعه‌گنج، واردات خالص آب مجازی.

نویسنده‌ی مسئول: * Email: ali.mohammadi@srbiau.ac.ir

این مقاله برگرفته از رساله‌ی دکتری محمدرضا رحیمی‌پور انارکی با عنوان «ارائه‌ی الگویی سیستم پویا در ارزیابی راهبردی زیست‌محیطی برنامه‌ی توسعه‌ی منطقه‌ای (مطالعه‌ی موردی: شهرستان قلعه‌گنج استان کرمان)» است.

۱- مقدمه

آب به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین عناصر حیات، امروزه با بحرانی جدی روبه‌رو است. رشد جمعیت و افزایش سرانه‌ی مصرف از یک‌سو و توسعه‌ی روزافزون فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی از سوی دیگر و نیز کاهش نزولات جوی موجب شده است تا این منبع حیاتی به‌طور فزاینده‌ای کاهش یابد(اویسی و همکاران، ۱۳۹۸: ۸۸). نتایج پژوهش‌ها حاکی از آن است که از سال ۲۰۰۰ میلادی، ایران در فهرست کشورهای دارای کسری آب قرار گرفته و تا سال ۲۰۳۰ منابع آب تجدیدپذیر کشور کم‌تر از ۱۵۰۰ مترمکعب برای هر نفر خواهد بود(رمضانی اعتدالی و آبابایی، ۱۳۹۵: ۴۳۲).

بررسی وضعیت موجود کشاورزی بیان‌گر آن است که با وجود پتانسیل افزایش تولید محصولات کشاورزی، به دلیل فقدان سیستم مدیریتی صحیح، امکان استفاده‌ی بهینه از منابع موجود آب‌وخاک میسر نشده است. در این راستا بررسی راهکارهای استفاده‌ی بهینه‌ی آب از طریق بازنگری در تخصیص منابع آب و مدیریت آن، امری لازم و ضروری است. طبق گزارش‌های مؤسسه‌ی تحقیقات مدیریت آب‌وخاک کشور، میزان مصرف آب در بخش کشاورزی در کشورهای درحال‌توسعه نزدیک به ۹۰ درصد است؛ این در حالی است که مرکز توسعه‌ی جهانی آب سازمان ملل متحد، این رقم را در ایران ۹۳ تا ۹۴ درصد گزارش کرده است(علیقلی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۶: ۳۸). از طرفی محققینی همچون موحدنژاد و همکاران (۱۳۹۸)، رمضانی اعتدالی و آبابایی (۱۳۹۵) و رمضانی اعتدالی و همکاران (۱۳۹۶) نیز معتقد به تخصیص بیش از ۹۰ درصد از منابع آب کشور به بخش کشاورزی هستند. دهقان و همکاران (۱۳۹۸) معتقدند با توجه به اینکه حدود ۹۲ درصد آب مصرفی کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌گردد، اگر در بخش کشاورزی فقط ۱۰ درصد از مصارف آب کاهش یابد، به اندازه‌ی کل آب بخش شرب و صنعت، آب ذخیره خواهد شد.

کشاورزی به‌عنوان اصلی‌ترین منبع تأمین مواد غذایی و آب به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده در توسعه‌ی بخش کشاورزی، اهمیت منابع آبی را مشخص می‌نمایند. ازآنجاکه میزان آب مصرفی پایه و ردپای آب[1] هر محصول در هر منطقه تحت تأثیر اقلیم، میزان تولیدات، الگوی مصرفی مردم، عملیات کشاورزی و راندمان کاربرد آب متغیر است؛ توسعه‌ی روش‌های مدیریتی کارآمد و جدید که بتوان با آن مقدار آب واقعی مصرفی را محاسبه کرد، امری لازم و ضروری است. در سال‌های اخیر با ظهور شاخص ردپای آب که نشان‌دهنده‌ی مقدار آب مصرفی بر اساس شرایط و اقلیم هر منطقه در زنجیره‌ی تولید است، دریچه‌ای برای انجام پژوهش‌ها در راستای مدیریت نوین منابع آب با رویکرد یکپارچه باز شده است(علیقلی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۳۷).

هواکسترا[2] و همکاران (۲۰۱۱) به‌طورکلی ردپای آب را شاخصی جهت نمایش میزان آبی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در طول زنجیره‌ی تأمین تولید محصول مصرف شده است، تعریف نموده‌اند. این شاخص در سال ۲۰۰۲ و در راستای مفهوم معرفی‌شده ردپای اکولوژیک[3] در دهه‌ی ۱۹۹۰ تعریف شد؛ درحالی‌که هواکسترا و چاپاگین[4] (۲۰۰۶) مفهوم آب مجازی را که به مفهوم ردپای آب گره خورده است، نشان‌دهنده‌ی میزان آب لازم جهت تولید محصول کشاورزی می‌دانند.

زارعی و جعفری (۱۳۹۴) با بررسی ردپای آب در بخش کشاورزی در سال‌های ۱۳۸۸-۱۳۸۴ تراز مجازی آب کشور را مثبت یافته و ایران را واردکننده‌ی آب مجازی در سطح جهانی معرفی می‌نمایند؛ به‌طوری‌که در این دوره حدود ۳۷/۹ میلیارد مترمکعب آب به صورت مجازی صادر و تقریباً ۱۲۵/۸ میلیارد مترمکعب آب به صورت مجازی وارد کشور شده است. در این دوره، میانگین سالانه‌ی ردپای آب در بخش کشاورزی کشور ۱۰۴/۸ میلیارد مترمکعب بوده و ایران با میانگین ۱۷/۶ میلیارد مترمکعب واردات خالص آب مجازی[5] در سال، موجب ذخیره‌ی سالیانه‌ی این حجم آب از

1- Water Footprint (WF)
2- Hoekstra
3- Ecological Footprint
4- Chapagain
5- Net Virtual Water Import (NVWI)

منابع داخلی خود شده است. لنزن[۶] و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی تجارت آب مجازی در سال ۲۰۰۰ و در سطح دنیا، ایران را در بین ده کشور پرمصرف دنیا و بعد از هند، چین، پاکستان و آمریکا معرفی کرده و پیشنهاد می‌نماید کشورهای کم‌آب، مواد غذایی با ردپای بالا آب را وارد نمایند تا در مناطق خود به تولید محصولات و خدماتی که ارزش بیش‌تری به ازای واحد آب دارند، بپردازند؛ این در حالی است که کاراندیش[۷] و هواکسترا (۲۰۱۷) با ارزیابی ردپای آب ۲۶ محصول کشاورزی در ایران طی ۳۰ سال (۲۰۱۰-۱۹۸۰) به این نتیجه رسیده‌اند که تولید این محصولات ۱۷۵٪ رشد و ردپای آب در تولید این محصولات ۱۲۲٪ و آب مجازی آبی ۲۰٪ رشد داشتند. مطالعات ایشان نشان می‌دهد در همین دوره جمعیت کشور ۹۲٪، مصرف سرانه‌ی محصولات کشاورزی ۱۲۲٪ افزایش، مصرف مواد غذایی درمجموع ۱۳۰٪ رشد و درنهایت، ردپای آب مصرف محصولات کشاورزی ۱۱۰٪ افزایش داشته است. از طرفی بانویی[۸] و همکاران (۲۰۱۵) در راستای پاسخ به این سؤال که آیا ایران دارای سرانه‌ی ردپای آب مصرفی بالایی است یا خیر؟ به محاسبه‌ی ردپای ملی آب پرداخته‌اند. ایشان اعلام کردند که جمعیت ایران از ۱۹۵۶ تا ۲۰۱۱ چهار برابر شده است و سرانه‌ی منابع آبی از ۷۲۰۰ مترمکعب بر نفر در سال ۱۹۵۶ به عدد ۱۸۳۰ مترمکعب در سال ۲۰۱۱ رسیده است. کیانی (۱۳۹۷) به بررسی تجارت آب مجازی در داخل ایران و تجارت بین‌المللی آن طی سال ۱۳۸۵ پرداخته است. وی حجم مبادلات بین استان‌های کشور از طریق محصولات کشاورزی را ۱۸۶۶۶ میلیون مترمکعب برآورد نموده و استان فارس را به‌عنوان بزرگ‌ترین صادرکننده و استان تهران را به‌عنوان بزرگ‌ترین واردکننده‌ی آب مجازی معرفی نموده است.

پژوهشگران زیادی مفاهیم ردپای آب، نیاز آبی و آب مجازی را در بخش کشاورزی و در سرزمین ایران بررسی نموده‌اند. هاشمی[۹] و همکاران (۲۰۱۸) نیاز آبی محصول گندم در شهر تهران در بازه‌ی زمانی ۱۹۲۱ تا ۲۰۰۶؛ رضایی کلوانی[۱۰] و همکاران (۲۰۱۹) ردپای آب در محصولات کشاورزی در استان تهران در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵؛ آبابایی[۱۱] و رمضانی اعتدالی[۱۲] (۲۰۱۷) ردپای آب در گندم، جو و ذرت در سال‌های ۲۰۱۲-۲۰۰۶ را بررسی نموده‌اند. در سطح کشور، فرامرزی[۱۳] و همکاران (۲۰۱۰) راهبرد تجارت آب مجازی در ایران با تمرکز بر گندم در بازه‌ی زمانی ۲۰۰۴-۱۹۹۰؛ اسدی[۱۴] و همکاران (۲۰۱۸) ردپای آب محصولات کشاورزی در حوضه‌ی دریاچه‌ی ارومیه؛ فاطمی[۱۵] و همکاران (۲۰۱۸) ردپای آب در ایران در سال‌های ۱۹۶۲ تا ۲۰۱۱؛ فرامرزی و همکاران (۲۰۰۹) منابع آب آبی و سبز در ایران را در سال‌های ۱۹۸۰ الی ۲۰۰۲ مطالعه کرده‌اند. در همین راستا پاشکی[۱۶] و همکاران (۲۰۱۷) کاربرد راهبرد تجارت آب مجازی را در جهت استفاده‌ی بهینه از منابع آب ایران بررسی نمودند. حجابی[۱۷] و آخوندزاده[۱۸] (۲۰۱۹) رابطه‌ی بین منابع آب ایران و صادرات آب مجازی آن را در فاصله زمانی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۳ بررسی کردند. آقاخانی افشار[۱۹] و همکاران (۲۰۱۸) به تحلیل ردپای آب آبی و سبز در مناطق نیمه‌خشک کوهستانی پرداخته‌اند. عربی[۲۰] و همکاران (۲۰۱۲) ردپای آب کشاورزی را در سال ۲۰۰۶ را به ازای محصولات کشاورزی مختلفی محاسبه و

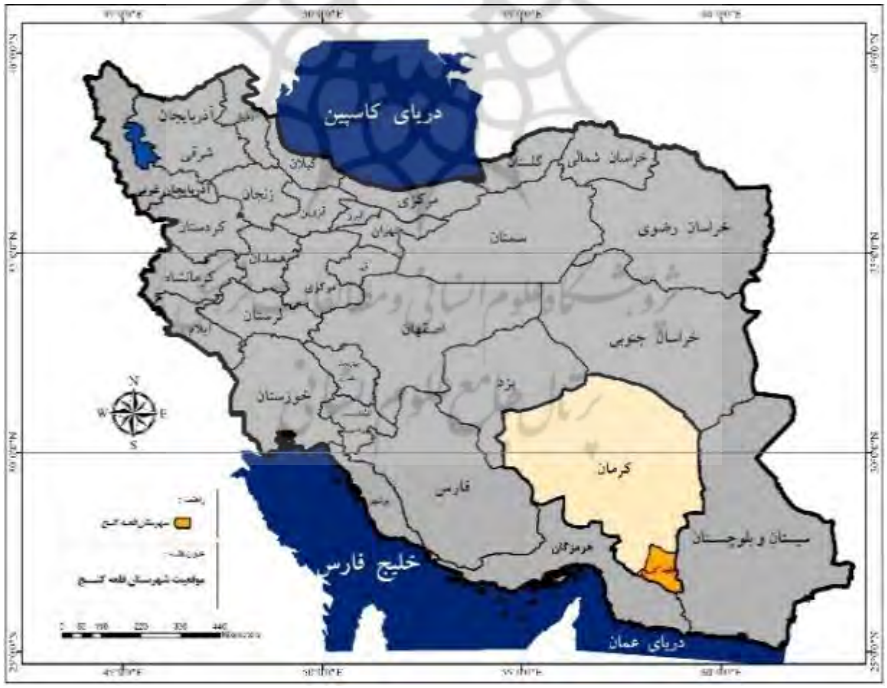
6- Lenzen
7- Karandish
8- Banouei
9- Hashemi
10- Rezaei Kalvani
11- Ababaei
12- Ramezani Etedali
13- Faramarzi
14- Asadi
15- Fatemi
16- Pashaki
17- Hejabi
18- Akhoondzadeh
19- Aghakhani Afshar
20- Arabi

منابع آب آبی را بررسی نموده‌اند. نجفی علم درلو[۲۱] و ریاحی[۲۲] (۲۰۱۹) وضعیت آب مجازی را در رابطه با محصول گندم بررسی نموده و مطرح کردن سناریوهای تغییرات آب مجازی در استان‌های مختلف را رصد نموده‌اند. قاسمی‌پور[۲۳] و عباسی[۲۴] (۲۰۱۹) پایداری منابع آب کشاورزی را از طریق ارزیابی آب مجازی طی سال‌های ۲۰۰۵ الی ۲۰۱۴ در استان خراسان جنوبی بررسی نموده‌اند. محمدی کانی گلزار[۲۵] و همکاران (۲۰۱۴) تجارت آب مجازی را به‌عنوان یک راهبرد برای مدیریت منابع آب در سال‌های ۲۰۰۱ الی ۲۰۰۸ ایران بررسی می‌کنند.

در این مقاله مبادلات آب مجازی و ردپای آب محصولات کشاورزی در شهرستان قلعه‌گنج (طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵) جهت حفظ منابع آبی موجود و افزایش عملکرد بخش کشاورزی شهرستان موردمطالعه قرار گرفته است.

۲- منطقه‌ی موردمطالعه

شهرستان قلعه‌گنج در جنوبی‌ترین بخش استان کرمان بین عرض جغرافیایی ´ ۳۴ °۲۶ تا´ ۴۸ °۲۷ شرقی و طول جغرافیایی ´ ۵۳ °۵۷ تا ´۴۹ °۵۸ شمالی واقع شده است. از شمال به شهرستان کهنوج و رودبار جنوب، از جنوب به بندر جاسک واقع در استان هرمزگان و شهرستان فنوج واقع در استان سیستان و بلوچستان، از شرق به استان سیستان و بلوچستان و تالاب جازموریان و از غرب به منطقه‌ی حفاظت‌شده‌ی مارز و شهرستان منوجان ختم می‌شود. این شهرستان با وسعتی در حدود ۱۰۴۴۰ کیلومترمربع، بیست و هفمین شهرستان از نظر وسعت و بزرگ‌تر از استان البرز است. قلعه‌گنج در سال ۱۳۸۴ از شهرستان کهنوج جدا شده است. شهرستان قلعه‌گنج در یک ناحیه‌ی به نسبت بیابانی قرار گرفته؛ به‌گونه‌ای‌که وضعیت آب‌وهوای آن خشک و فراخشک گرم بوده و میزان تبخیر و تعرق چندین برابر بارندگی است. طولانی بودن دوره‌ی گرما، وزش بادهای تند و ایجاد طوفان‌ها، بارندگی کم، درجه‌حرارت بالای ۵۰ درجه در ساعاتی از روزهای تابستان از خصوصیات آب و هوایی این منطقه است.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی شهرستان قلعه‌گنج در کشور

21- Najafi Alamdarlo
22- Riyahi
23- Qasemipour
24- Abbasi
25- Mohammadi-Kanigolzar

۳- مواد و روش‌ها

محتوای آب مجازی[۲۶] در محصول c برابر است با نسبت نیاز آبی آن محصول[۲۷] به عملکرد آن محصول[۲۸]:

رابطه‌ی ۱ $$VWC_c = \frac{CWR_c}{CY_c}$$

که در آن CWR_c نیاز آبی محصول c بر حسب $\left(m^3/_{ha}\right)$ و CY_c عملکرد محصول c بر حسب $(ton/_{ha})$ است(میرچولی و همکاران، ۱۳۹۵: ۵۱). شاخص بهره‌وری آب بنا بر تعریف با معکوس محتوای آب مجازی برابر است(رضوی و داوری، ۱۳۹۲: ۱۳).

نیاز آبی محصول به صورت میزان آب موردنیاز در فرآیند تبخیر و تعرق[۲۹] محصول از زمان کاشت تا برداشت آن در منطقه‌ای خاص است. زمانی که آب کافی (از طریق باران یا آبیاری) در خاک تأمین باشد، به‌طوری‌که رشد و عملکرد محصول محدود نگردد؛ بنابراین وقتی محصول بدون کمبود آب رشد می‌نماید، تبخیر و تعرق محصول برابر است با CWR محصول موردنظر. نیاز آبی محصول با تجمیع مقادیر روزانه‌ی تبخیر و تعرق محصول در دوره‌ی رشد آن به دست می‌آید(پاشکی و همکاران، ۲۰۱۷: ۳۵۰):

رابطه‌ی ۲ $$CWR_c = 10 \times \sum_{d=1}^{lp}(ET_{c,d})$$

که در آن $ET_{c,d}$ مقدار تبخیر و تعرق محصول c در روز d بر حسب $\left(mm/_{day}\right)$، lp طول دوره‌ی رشد در واحد (day) و ضریب ۱۰ جهت تبدیل mm به $\left(m^3/_{ha}\right)$ است. مقدار روزانه‌ی تبخیر و تعرق محصول از ضرب مقدار تبخیر و تعرق مرجع گیاه ET_0 در ضریب گیاه K_c به دست می‌آید(پاشکی و همکاران، ۲۰۱۷: ۳۵۰):

رابطه‌ی ۳ $$ET_c = K_c \times ET_0$$

اردکانیان و سهرابی (۱۳۸۵) منابع آب را در چرخه‌ی هیدرولوژی، به دو دسته‌ی آب آبی و آب سبز تقسیم‌بندی می‌نمایند. آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی، آب آبی را تشکیل می‌دهند؛ درحالی‌که به رطوبت خاک در مناطق غیراشباع، آب سبز می‌گویند. با توجه به اینکه قسمتی از نیاز آبی گیاهان از طریق آب آبی و قسمت دیگر از طریق بارندگی تأمین می‌شود، باید سهم هر یک از آن‌ها مشخص شود؛ بدین منظور، مقدار بارندگی در دوره‌ی رشد گیاه مشخص و مقدار حاصل با روش ارائه‌شده توسط سازمان حفاظت خاک وزارت کشاورزی آمریکا (USDA)[۳۰]، به بارندگی مؤثر تبدیل می‌شود. در روش USDA، بارندگی مؤثر با استفاده از کل بارش برای ماه‌های مختلف دوره‌ی رشد گیاهان موردنظر مشخص می‌شود. این روش، مورداستفاده‌ی وزارت کشاورزی است(میرچولی و همکاران، ۱۳۹۵: ۵۱) و در پژوهش‌هایی نظیر پژوهش پورغلام آمیجی و همکاران (۱۳۹۸)، رحیمی و همکاران (۱۳۹۲) و خالقی (۱۳۹۴) نیز استفاده از این روابط را در ایران بررسی و بعد از مقایسه با روش‌های دیگر کاربرد آن‌ها مورد تأیید قرار گرفته است.

رابطه‌ی ۴ $$P_{eff} = P_{tot} \times \frac{125-0.02\times P_{tot}}{125} \qquad P_{tot} < 250\ mm$$

رابطه‌ی ۵ $$P_{eff} = 125 + 0.1 \times P_{tot} \qquad P_{tot} > 250\ mm$$

که در آن P_{tot} کل بارش و P_{eff} بارندگی مؤثر برحسب mm است.

با استفاده از نیاز آبی گیاه در دوره‌ی رشد و بارندگی مؤثر می‌توان مقدار آب آبی و آب سبز موردنیاز را برآورد کرد(میرچولی و همکاران، ۱۳۹۵: ۵۲):

رابطه‌ی ۶ $$CWR_{B,c} = CWR_c - P_{eff}$$

رابطه‌ی ۷ $$CWR_{G,c} = P_{eff}$$

26- Virtual Water Content (VWC)
27- Crop water requirement (CWR)
28- Crop Yield (CY)
29- Evapotranspiration (ET)
30- United States Department of Agriculture (USDA)

بایستی توجه داشت جهت تبدیل mm به $\left(m^3/ha\right)$ ضریب ۱۰ لازم است؛ بنابراین همانند محاسبات قبلی، محتوای آب مجازی آبی[۳۱] و محتوای آب مجازی سبز[۳۲] قابل‌محاسبه خواهد بود:

$$BVWC_c = \frac{CWR_{B,c}}{CY_c}$$ رابطه‌ی ۸

$$GVWC_c = \frac{CWR_{G,c}}{CY_c}$$ رابطه‌ی۹

که در این روابط $CWR_{B,c}$ و $CWR_{G,c}$ به ترتیب مقدار آب آبی موردنیاز محصول c و مقدار آب سبز موردنیاز محصول c بر حسب $\left(m^3/ha\right)$ و CY_c عملکرد محصول c بر حسب (ton/ha) است.

زمان و مکان تولید، شرایط اقلیمی و بازده روش آبیاری مورداستفاده در میزان آب مصرفی برای تولید محصولات کشاورزی دخالت دارند. درواقع تجارت آب مجازی، با سپردن تولید هر محصول کشاورزی به اقلیم مناسب آن، موجب کاهش مصرف آب در مقیاس ملی خواهد شد(رضوی و داوری، ۱۳۹۲: ۱۰).

مبادله‌ی آب مجازی[۳۳] شهرستان به ازای واردات یا صادرات هر محصول، از حاصل‌ضرب مقدار کمّی واردات یا صادرات آن محصول در میزان آب مجازی آن محصول مطابق با روابط ۱۰ و ۱۱ به دست می‌آید(عربی یزدی، ۱۳۹۳: ۷۳۸):

$$VWI_c = VWC_c \times I_c$$ رابطه‌ی ۱۰

$$VWE_c = VWC_c \times E_c$$ رابطه‌ی ۱۱

که در آن VWI_c واردات آب مجازی[۳۴] محصول c در سال (m^3/yr)، VWE_c صادرات آب مجازی[۳۵] محصول c (m^3/yr)، I_c مقدار واردات[۳۶] سالانه محصول c (ton/yr)، E_c مقدار صادرات[۳۷] سالانه محصول c (ton/yr) است. واردات ناخالص آب مجازی[۳۸] و صادرات ناخالص آب مجازی[۳۹] به ترتیب از حاصل‌جمع همه‌ی واردات و صادرات شهرستان به صورت روابط ۱۲ و ۱۳ به دست می‌آید:

$$GVWI = \sum_c (VWI_c)$$ رابطه‌ی ۱۲

$$GVWE = \sum_c (VWE_c)$$ رابطه‌ی ۱۳

در رابطه‌ی ۱۴، واردات خالص آب مجازی از اختلاف بین کل واردات و صادرات آب مجازی به دست می‌آید:

$$NVWI = GVWI - GVWE$$ رابطه‌ی ۱۴

که در آن $NVWI$ واردات خالص آب مجازی شهرستان برحسب (m^3/yr) است(عربی یزدی و همکاران، ۱۳۹۳: ۷۳۸).

مجموع آب مصرف‌شده[۴۰] در شهرستان به‌تنهایی معیار مناسبی در تعیین سهم مصرفی آب آن منطقه در سطح ملی نیست. جهت تعیین تصویر کلی از این مسئله باید میزان واردات آب مجازی را به مصارف منطقه‌ای افزود. به همین صورت در مورد صادر شدن آب مجازی نیز بایستی آن مقدار از مصارف منطقه کسر گردد. حاصل‌جمع واردات خالص آب مجازی و مصارف منطقه‌ای را می‌توان در همانند انگاری ردپای اکولوژیک به‌عنوان ردپای آب شهرستان تعبیر نمود(پاشکی و همکاران، ۲۰۱۷: ۳۵۰):

$$WF = WU + NVWI$$ رابطه‌ی ۱۵

31- Blue Virtual Water Content (BVWC)
32- Green Virtual Water Content (GVWC)
33- Virtual Water Trade
34- Virtual Water Import (VWI)
35- Virtual Water Export (VWE)
36- Import (I)
37- Export (E)
38-Gross Virtual Water Import (GVWI)
39-Gross Virtual Water Export (GVWE)
40-Water Used (WU)

که در آن WF ردپای آب برحسب (m^3/yr)، WU مصرف آب در شهرستان برحسب (m^3/yr) و آن $NVWI$ واردات خالص آب مجازی شهرستان (m^3/yr) است.

WU مجموع مقدار آب آبی (آب‌های زیرزمینی و سطحی) و آب سبز (رطوبت موجود در خاک) در شهرستان است، اما ازآنجاکه اطلاعات مربوط به مصرف آب سبز شهرستان نیاز به مطالعات گسترده‌ای دارد، برای دستیابی به جواب‌های عملی در این پژوهش WU معادل منابع مصرفی آب آبی در نظر گرفته شده است(اویسی و همکاران، ۱۳۹۸: ۹۱).

در این پژوهش، اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات کشاورزی در فاصله‌ی سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰ تا سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ به مدت ۶ سال، از سازمان جهاد کشاورزی جنوب کرمان و اطلاعات مربوط به منابع آبی، از سازمان آب منطقه‌ای استان کرمان جمع‌آوری شده است. داده‌های هیدرولوژیکی ازجمله سری‌های زمانی بارندگی نیز از اداره کل هواشناسی استان کرمان جمع آوری شده است. اطلاعات مربوط به صادرات و واردات محصولات نیز از اداره کل راهداری و حمل‌ونقل جاده‌ای دریافت شده است. در این تحقیق، نیاز آبی از نرم‌افزار NETWAT استخراج شده است. این نرم‌افزار به عنوان خروجی سند ملی آب نیاز خالص آبی گیاهان باغی و زراعی را محاسبه می-کند. سند ملی آب، مجموعه‌ای ۷۸ جلدی است که مؤسسه‌ی پژوهش‌های برنامه‌ریزی، اقتصاد کشاورزی و توسعه‌ی روستایی آن را جمع‌آوری و با بهره‌گیری از دانش و تجارب کارشناسان وزارت جهاد کشاورزی با توجه به اقلیم‌های مختلف کشور در سال ۱۳۹۶ به‌روزرسانی نموده است.

۴- بحث و نتایج

با توجه به اطلاعات به‌دست‌آمده، سطح زیر کشت و میزان تولید محصولات ثبت شدند و با توجه به روابط مطرح‌شده عملکرد، میزان آب مجازی، سهم آب مجازی آبی و سبز، ردپای آب و بهره‌وری محصولات مختلف کشت‌شده در شهرستان قلعه‌گنج در بازه‌ی زمانی ۶ ساله ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۵ محاسبه و در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱: سطح زیر کشت، تولید، عملکرد، آب مجازی، آب مجازی آبی، آب مجازی سبز، ردپای آب و شاخص بهره‌وری‌آب در محصولات موردبررسی به تفکیک در شهرستان قلعه‌گنج در بازه‌ی زمانی ۶ ساله از ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۵

	محصول	سطح زیر کشت (ha)	تولید (ton)	عملکرد (ton/ha)	آب مجازی (m^3/kg)	آب مجازی آبی (m^3/kg)	آب مجازی سبز (m^3/kg)	ردپای آب (m^3)	شاخص بهره‌وری آب(kg/m^3)
غلات	گندم	۱۵۱۵۹	۳۸۹۱۳	۲/۵۷	۳/۵۳۱	۳/۵۰۵	۰/۰۲۶	۱۳۴،۱۶۴،۵۳۷	۰/۲۸
	جو	۳۵۲۷	۶۵۵۶	۱/۸۶	۴/۱۱۵	۴/۰۷۹	۰/۰۳۶	۲۶،۹۸۷،۴۲۲	۰/۲۴
	ذرت دانه‌ای	۲۰۳۶	۱۵۵۵۰	۷/۶۴	۲/۴۴۴	۲/۴۴۴	۰	۲۹،۳۰۰،۳۹۸	۰/۴۱
	ارزن	۱۰۵۵	۱۵۰۲	۱/۴۲	۱۲/۴۷۹	۱۲/۴۷۹	۰	۱۸،۷۴۴،۸۷۳	۰/۰۸
حبوبات	لوبیا	۷۳	۲۳۰	۳/۱۷	۵/۳۶۱	۵/۳۶۱	۰	۱،۲۳۳،۰۶۹	۰/۱۹
	ماش	۲۸۷	۳۳۶	۱/۱۷	۱۴/۲۱۲	۱۴/۲۱۲	۰	۴،۷۶۹،۷۲۱	۰/۰۷
دانه‌های روغنی	کنجد	۴۴۲۴	۵۰۹۷	۱/۱۵	۱۵/۶۸۷	۱۵/۶۸۷	۰	۷۹،۹۵۱،۸۲۲	۰/۰۶
	کلزا	۱۵۹	۲۰۱	۱/۲۷	۱۳/۸۹۵	۱۳/۸۹۵	۰	۲،۷۹۲،۸۳۳	۰/۰۷
صیفی‌جات	خربزه	۵۸	۴۰۱۴	۶۹/۴۱	۰/۲۱۳	۰/۲۱۳	۰	۶۶۶،۶۴۳	۴/۶۹
	هندوانه	۲۰۹۲	۸۳۷۷۶	۴۰/۰۴	۰/۳۸۵	۰/۳۸۵	۰/۰۰۱	۲۴،۶۵۵،۲۷۲	۲/۶۰
	خیار	۱۵۸۵	۵۵۷۶۶	۳۵/۱۸	۰/۳۴۹	۰/۳۴۹	۰/۰۰۱	۱۷،۶۳۳،۲۲۹	۲/۸۷
سبزیجات	سیب‌زمینی	۹۵	۳۹۰۸	۴۰/۹۹	۰/۳۶۳	۰/۳۶۳	۰/۰۰۱	۱،۳۵۲،۹۵۴	۲/۷۶
	پیاز	۱۳۴	۵۷۷۲	۴۳/۰۲	۰/۲۸۸	۰/۲۸۶	۰/۰۰۲	۱،۵۷۰،۰۰۴	۳/۴۷

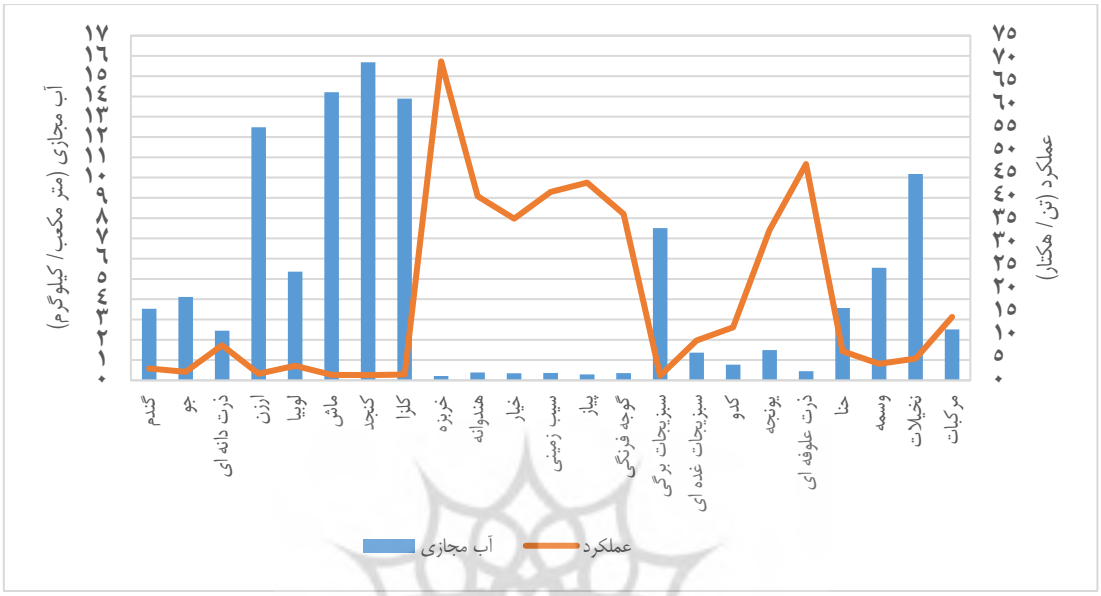
	محصول	سطح زیر کشت (ha)	تولید (ton)	عملکرد (ton/ha)	آب مجازی (m^3/kg)	آب مجازی آبی (m^3/kg)	آب مجازی سبز (m^3/kg)	ردپای آب (m^3)	شاخص بهره‌وری آب(kg/m^3)
نباتات علوفه‌ای	گوجه‌فرنگی	۱۹۱۱	۶۹۱۸۵	۳۶/۲۰	۰/۳۵۸	۰/۳۵۶	۰/۰۰۲	۲۴،۷۹۸،۶۰۲	۲/۷۹
	سبزیجات برگی	۱۳	۱۳	۱/۰۰	۷/۵۰۷	۷/۴۱۰	۰/۰۹۷	۳۱۴،۲۷۹	۰/۱۳
	سبزیجات غده‌ای	۵۲	۴۵۳	۸/۶۷	۱/۳۶۹	۱/۳۶۹	۰	۲،۰۳۴،۷۸۵	۰/۷۳
	کدو	۴	۴۸	۱۱/۵۲	۰/۷۷۲	۰/۷۶۶	۰/۰۰۶	۳۷،۰۶۳	۱/۳۰
	یونجه	۳۱۴۲	۱۰۲۷۴۴	۳۲/۷۰	۱/۴۹۲	۱/۴۹۰	۰/۰۰۲	۱۵۳،۱۸۲،۴۰۷	۰/۶۷
	ذرت علوفه‌ای	۴۳	۲۰۳۹	۴۷/۰۶	۰/۴۵۱	۰/۴۵۱	۰	۹۲۰،۶۸۰	۲/۲۲
گیاهان دارویی	حنا	۱۶۳۳	۱۰۳۷۷	۶/۳۶	۳/۵۶۶	۳/۵۶۶	۰	۳۷،۰۰۵،۴۷۷	۰/۲۸
	وسمه	۱۹۹	۷۱۱	۳/۵۷	۵/۵۵۳	۵/۵۵۳	۰	۳،۹۴۸،۴۸۹	۰/۱۸
باغات	نخیلات	۱۰۰۶۳	۴۷۸۲۴	۴/۷۵	۱۰/۱۷۵	۱۰/۱۷۱	۰/۰۰۴	۴۸۶،۵۶۶،۷۶۴	۰/۱۰
	مرکبات	۲۰۹	۲۸۸۳	۱۳/۸۱	۲/۵۰۹	۲/۵۰۱	۰/۰۰۴	۷،۲۳۴،۸۴۶	۰/۴۰

محاسبات توسط محقق انجام شده است؛ منبع: سازمان جهاد کشاورزی جنوب کرمان و اداره کل هواشناسی استان کرمان

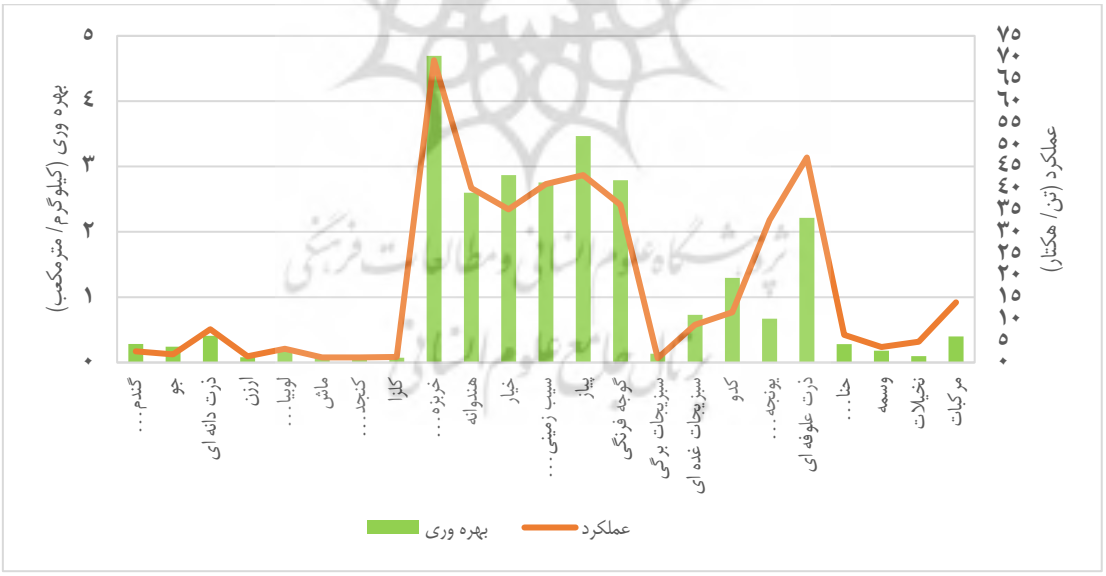
مؤسسه‌ی تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی وابسته به سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی، طرحی را با عنوان راندمان‌های آبیاری و تغییرات زمانی و مکانی آن در ایران طی سال‌های ۱۳۸۸ الی ۱۳۹۴ به اجرا گذاشته است. عباسی و همکاران (۱۳۹۴) هدف از اجرای این طرح را بررسی و برآورد وضعیت مدیریت و راندمان آب آبیاری دانسته و اقدام به تهیه‌ی بانک اطلاعات راندمان‌های آبیاری و تهیه‌ی نقشه‌ی جامع راندمان آبیاری کشور نموده‌اند و با تأکید بر اینکه کلیه‌ی داده‌های ارائه‌شده در این طرح در مزارع و با مدیریت کشاورزان اندازه‌گیری شده‌اند، راندمان کل آبیاری در استان کرمان را حداقل ۳۵/۳ و حداکثر ۴۶/۲ درصد اعلام نموده‌اند. از طرفی غلامحسین‌پور جعفری‌نژاد و همکاران (۱۳۹۲) با محاسبات خود، راندمان آبیاری در استان کرمان را معادل ۳۷ درصد محاسبه نموده‌اند؛ بنابراین در محاسبات این پژوهش، راندمان آبیاری ۳۵/۳ درصد لحاظ شده است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در جدول (۱)، بیش‌ترین سطح زیر کشت در اختیار گندم و نخیلات (به ترتیب ۳۱/۶ و ۲۱ درصد) است؛ به‌طوری‌که درمجموع بیش از نیمی از سطح ۴۸۰۰۰ هکتاری زمین‌های زیر کشت را شامل می‌شود. نخیلات به‌تنهایی نزدیک به ۴۶ درصد از ردپای آب منطقه را به خود اختصاص داده؛ درحالی‌که عملکرد آن کمی کم‌تر از ۵ تن در هکتار است و برای تولید هر کیلوگرم از آن نزدیک به ۹ مترمکعب آب لازم است. هرچند در مقایسه‌ی آب مجازی و عملکرد، وضعیت نخیلات به‌مراتب بهتر از کنجد است. برای تولید کنجد با صرف نزدیک به ۱۴ مترمکعب آب برای تولید هر کیلوگرم، محصول به‌دست‌آمده کمی بیش‌تر از یک تن در هر هکتار است و ۴۴۲۴ هکتار معادل تقریباً ۱۰ درصد از سطح زیر کشت مربوط به کنجد است. برخلاف کنجد که دارای بیش‌ترین محتوای آب مجازی در مقابل عملکرد بسیار پایین محصول است، باید به خربزه توجه کرد که از طرفی کم‌ترین محتوای آب مجازی را داراست؛ یعنی هر کیلوی آن با ۱۹۰ لیتر آب تولید می‌شود و از طرف دیگر در هر هکتار تقریباً ۷۰ تن محصول می‌دهد. دومین محصول از لحاظ عملکرد، ذرت علوفه‌ای و بعد از آن پیاز است که به ترتیب نزدیک به ۴۷ و ۴۳ تن در هکتار محصول می‌دهند. این سه محصول درمجموع، ۳۸/۵ درصد از عملکرد محصولات کشاورزی شهرستان را دربر دارند. در ضمن، بهره‌وری آب در خربزه و پیاز بیش‌ترین مقدار در بین سایر محصولات است؛ به‌طوری‌که می‌توان با هر مترمکعب آب بیش از ۵ کیلوگرم خربزه و یا در حدود ۴ کیلوگرم پیاز تولید نمود. برخلاف این سه محصول، کم‌ترین محصولی که تولید می‌شود، سبزیجات برگی هستند که پایین‌ترین عملکرد (۱ تن در هکتار) و در کل بعد از کدو کم‌ترین ردپای آب

را دارد، اما کدو عملکرد مناسبی دارد و در هر هکتار بیش‌تر از ۱۱/۵ تن محصول می‌دهد. حتی ذرت علوفه‌ای که بعد از کدو، سبزیجات برگی و خربزه کم‌ترین ردپای آب را دارد، از نظر عملکرد بعد از خربزه بیش‌ترین عملکرد را دارد (بیش از ۴۷ تن در هکتار). در رده‌ی سوم بهره‌وری، خیار قرار دارد که چهارمین رتبه‌ی تولید از لحاظ وزنی را نیز داراست.



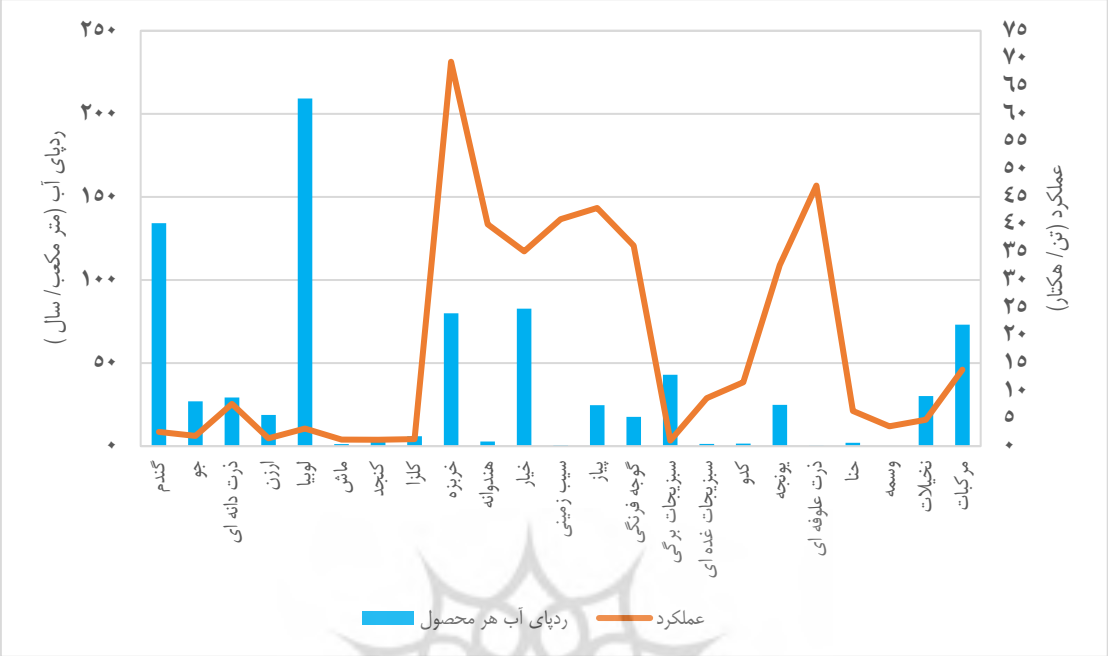
شکل ۲: مقایسه آب مجازی در محصولات کشاورزی شهرستان قلعه‌گنج با عملکرد آن‌ها در بازه زمانی ۶ ساله از ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۵



شکل ۳: مقایسه بهره‌وری آب در محصولات کشاورزی شهرستان قلعه‌گنج با عملکرد آن‌ها در بازه زمانی ۶ ساله ۹۵-۱۳۹۰

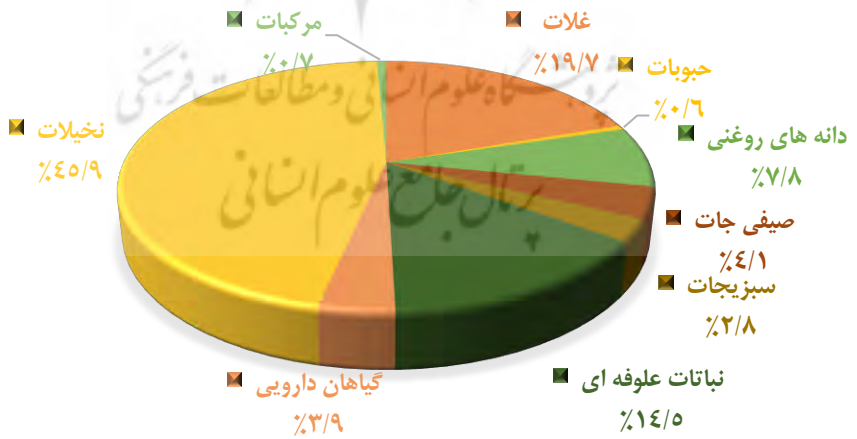
در شکل‌های (۲) و (۳) مشخص شد که کنجد بیش‌ترین محتوای آب مجازی و کم‌ترین عملکرد (بعد از سبزیجات برگی) و کم‌ترین بهره‌وری را دارد. همچنین خربزه بیش‌ترین بهره‌وری و بیش‌ترین عملکرد و کم‌ترین محتوای آب مجازی را دارد. از نظر مقایسه‌ی آب مجازی محصولات کشاورزی در مقابل عملکرد آن‌ها، ذرت علوفه‌ای و پیاز نیز بعد

از خربزه، محصولات مقرون‌به‌صرفه‌ای هستند. به خصوص پیاز که از نظر بهره‌وری نیز در جایگاه دوم است، اما در مقابل کنجد، ماش و کلزا محصولاتی با عملکرد پایین و کم‌ترین بهره‌وری آب هستند.



شکل ۴: مقایسه ردپای آب محصولات کشاورزی شهرستان قلعه‌گنج با عملکرد آن‌ها در بازه زمانی ۶ ساله از ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۵

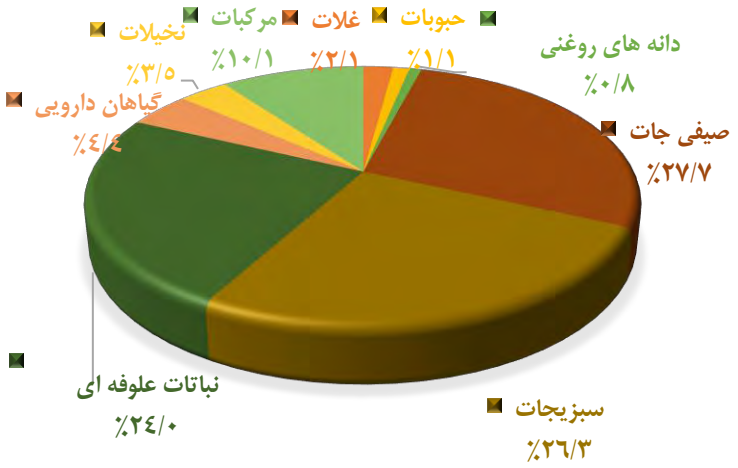
در شکل (۴) مشاهده می‌شود خربزه و ذرت علوفه‌ای با کم‌ترین ردپای آب، به ترتیب دارای بیش‌ترین عملکرد هستند؛ این در حالی است که نخیلات و گندم با ردپای آب بسیار بالا عملکردهایی ضعیف دارند. با گروه‌بندی محصولات می‌توان نگاهی دوباره به این مقایسه انداخت.



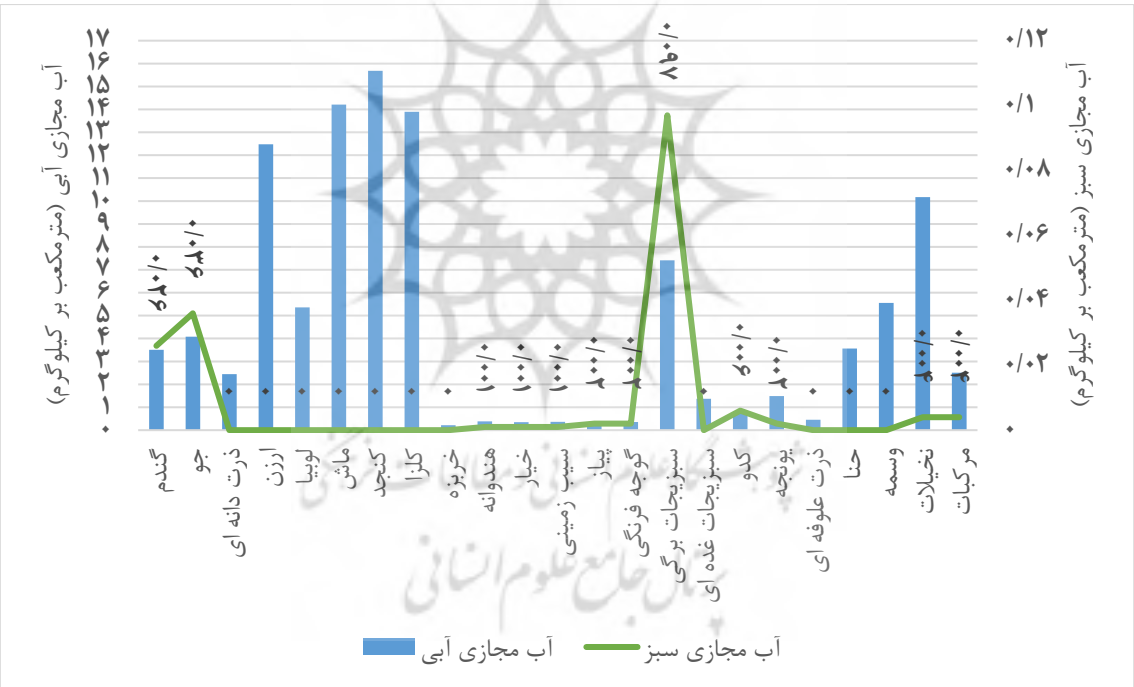
شکل ۵: سهم ردپای آب محصولات کشت‌شده در شهرستان قلعه‌گنج در بازه‌ی زمانی ۶ ساله از ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۵

مطابق نمودارهای (۵) و (۶) باید توجه داشت، به‌طور تقریبی نیمی از ردپای آب سهم نخیلات است؛ با وجود اینکه عملکردی کم‌تر از ۵ درصد از عملکرد کل را دارد. مجموع ردپای آب غلات و نخیلات بیش از ۶۰ درصد است؛ درحالی-

که عملکرد غلات و نخیلات در کنار هم تنها در حدود ۷ تن در هکتار است. عملکرد نباتات علوفه‌ای به‌مراتب بهتر از این محصولات است تا جایی که تقریباً یک‌چهارم از عملکرد کلی محصولات به این گروه تعلق دارد.

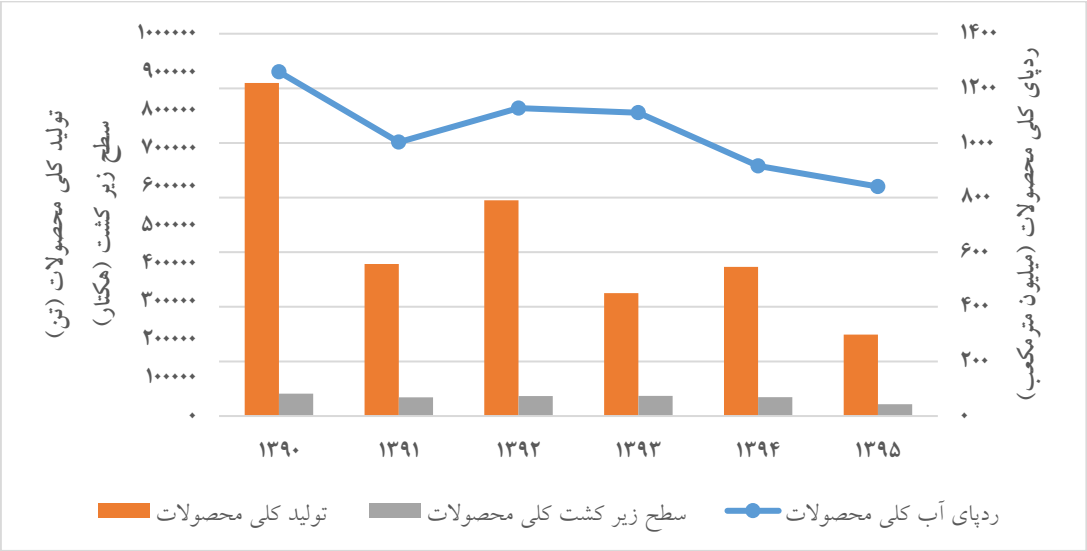


شکل ۶: عملکرد محصولات کشت‌شده در شهرستان قلعه‌گنج در بازه‌ی زمانی ۶ ساله از ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۵



شکل ۷: آب مجازی آبی و سبز محصولات کشت‌شده در شهرستان قلعه‌گنج در بازه‌ی زمانی ۶ ساله از ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۵

همان‌طور که در شکل (۷) مشخص است، سهم آب مجازی آبی در تأمین آب مجازی محصولات بسیار بیش‌تر از آب مجازی سبز است؛ به‌طوری‌که سهم آب مجازی سبز در تأمین آب مجازی سبزیجات برگی، جو، گندم، کدو، پیاز، گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی به ترتیب معادل ۳/۷٪، ۲/۴٪، ۲/۱٪، ۲/۱٪، ۱/۵٪، ۱/۳٪ و ۱/۱٪ است و در سایر محصولات کم‌تر از یک درصد است. این مقدار در محصولات ذرت دانه‌ای، ارزن، لوبیا، ماش، کنجد، کلزا، خربزه، سبزیجات غده‌ای، ذرت علوفه‌ای، حنا و وسمه صفر است که این مسئله با توجه به تعریف آب مجازی سبز و رابطه‌ی محاسباتی آن و اینکه باران مؤثر در این محصولات، صفر قابل پیش‌بینی بود.



شکل ۸: سطح زیر کشت و تولید کلی محصولات در برابر ردپای آب کلی محصولات
در شهرستان قلعه‌گنج در بازه‌ی زمانی ۶ ساله از ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۵

سطح زیر کشت کلی در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ کاهش داشته که این مسئله باعث کاهش ردپای آب کلی محصولات کشاورزی نیز شده است، اما در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ با وجود افزایش تولید کلی محصولات، ردپای آب کلی محصولات کشاورزی کاهش داشته که به علت تغییر نوع کشت در زمین‌های کشاورزی است. به‌این‌ترتیب که تولید غلات، دانه‌های روغنی و نباتات علوفه‌ای با کاهش تولید مواجه شدند؛ درحالی‌که سبزیجات و به خصوص نخیلات و صیفی‌جات در میزان تولید افزایش داشتند. در مقایسه‌ی سال‌های ۱۳۹۲ با ۱۳۹۳ هم با اینکه تولید کلی محصولات خیلی کم شده، ردپای کلی آب محصولات کشاورزی دچار تغییر جدی نشده است. این مسئله ازآن‌جهت است که در تولید محصولاتی چون غلات، نباتات علوفه‌ای و نخیلات شاهد افزایش هستیم که باعث جبران کاهش مصرف آب حاصل از کاهش تولید صیفی‌جات و سبزیجات شده است.

در بررسی مقالات پیشین در موضوع آب مجازی و ردپای آب محصولات کشاورزی در ایران، شاهد مطالعاتی در مناطق مشابه هستیم. ازجمله پژوهش غلامحسین‌پور جعفری‌نژاد و همکاران (۱۳۹۳) با عنوان «مبادله‌ی آب مجازی به منظور بهبود بهره‌وری در مصرف آب (مطالعه‌ی موردی: استان کرمان)»، پژوهش دهقان و همکاران (۱۳۹۸) با عنوان «برآورد و مقایسه‌ی ردپای آب در بخش صنعت و کشاورزی (مطالعه‌ی موردی: استان خراسان جنوبی)» و Mohammadi-Kanigolzar و همکاران (۲۰۱۴) با عنوان «مبادلات آب مجازی، راهبردی برای مدیریت منابع آب در ایران» را می‌توان نام برد که عملکرد محصولات، آب مجازی و بهره‌وری آب را به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۸ (استان کرمان)، ۱۳۹۰ الی ۱۳۹۴ (استان خراسان جنوبی) و ۲۰۰۱ الی ۲۰۰۸ (در سطح کشور) بررسی نموده‌اند. علاوه بر این موارد می‌توان به پژوهش عادلی ساردو و همکاران (۱۳۹۸) نیز با عنوان «تجزیه‌وتحلیل سیستمی آب مصرفی در بخش کشاورزی در چارچوب مدلی یکپارچه (نمونه‌ی موردی: دشت جیرفت-جنوب استان کرمان)» اشاره نمود که از نتایج آن، بررسی میزان آب مجازی محصولات در سال ۱۳۹۵ در جیرفت است. نتایج بررسی تطبیقی این مقالات به صورت جدول زیر ارائه می‌شود:

جدول ۲: بررسی تطبیقی عملکرد، آب مجازی و بهره‌وری آب در محصولات کشاورزی در شهرستان قلعه‌گنج استان کرمان و دشت جیرفت، استان خراسان جنوبی و ایران(میانگین کشوری).

محصول	عملکرد (ton/ha)				آب مجازی (m^3/kg)				بهره‌وری آب (kg/m^3)			
	قلعه گنج	استان کرمان	خراسان جنوبی	ایران	قلعه گنج	استان کرمان	دشت جیرفت	خراسان جنوبی	ایران	قلعه گنج	استان کرمان	خراسان جنوبی	ایران
گندم	۲/۵۷	۳/۰۴	۲/۱۶	۳/۵۴	۳/۵۳۱	۲/۵۶۷	۲/۶۲۱	۳/۴	۱/۰۲۲	۰/۲۸	۰/۸۰	۰/۲۹	۰/۹۸
جو	۱/۸۶	۲/۳۳	۲/۴۵	۲/۹۹	۴/۱۱۵	۲/۶۶۲	۲/۰۷۹	۲/۶	۲/۶۶۲	۰/۲۴	۰/۷۸	۰/۳۸	۰/۵۴
ذرت دانه‌ای	۷/۶۴	۶/۸۴	–	۶/۷۹	۲/۴۴۴	۱/۷۲۱	۱/۷۸۷	–	۱/۲۰۹	۰/۴۱	۱/۲۰	–	۰/۸۳
هندوانه	/۰۴ ۴۰	/۲۲ ۲۷	۲۰/۰۵	/۶۵ ۲۶	۰/۳۸۵	۰/۳۸۹	۰/۳۱۴	۰/۵	۰/۲۲۲	۲/۶۰	۵/۳۰	۲/۰۰	۴/۵۰
سیب زمینی	/۹۹ ۴۰	/۳۷ ۲۲	–	/۷۲ ۲۴	۰/۳۶۳	۰/۴۸۹	۰/۶۴۹	–	۰/۲۴۹	۲/۷۶	۴/۶۰	–	۴/۰۲
پیاز	/۰۲ ۴۳	/۹۰ ۴۹	–	/۵۰ ۲۴	۰/۲۸۸	۰/۲۱۰	۰/۳۵۷	–	۰/۲۲۰	۳/۴۷	۹/۸۶	–	۴/۵۵
گوجه	۳۶/۲۰	/۰۰ ۲۸	–	/۴۳ ۳۳	۰/۳۵۸	۰/۴۹۲	۰/۴۱۰	–	۰/۱۴۵	۲/۷۹	۴/۲۰	–	۶/۸۸
یونجه	/۷۰ ۳۲	–	۸/۲۷	۸/۲۰	۱/۴۹۲	–	–	۲/۱	۱/۰۸۵	۰/۶۷	–	۰/۴۷	۰/۹۲
نخیلات	۴/۷۵	۶/۱۱	۳/۸۷	۵/۲۵	۱۰/۱۷۵	۳/۸۶۳	–	۴/۵	۲/۶۲۷	۰/۱۰	۰/۵۴	۰/۲۲	۲/۴۳

همچنین از بررسی مقادیر فوق، تأثیر عوامل اقلیمی بر فعالیت‌های کشاورزی مشخص می‌گردد؛ به‌طوری‌که محصولات کشاورزی در مناطق شرقی و جنوب شرقی کشور، آب مجازی بیش‌تر و بهره‌وری آب کم‌تری را نشان می‌دهند. اگرچه عملکرد بعضی از محصولات مانند هندوانه، سیب‌زمینی، پیاز و یونجه بسیار بیش‌تر از میانگین عملکرد در سطح کشور است.

۵- نتیجه‌گیری

فعالیت‌های کشاورزی در شهرستان قلعه‌گنج، به علت دسترسی به زمین و منابع آبی، مهم‌ترین منبع درآمد ساکنین است، بنابراین در این مطالعه و برای بهره‌برداری بهینه از منابع آبی موجود در شهرستان قلعه‌گنج، ارزیابی آب مجازی و ردپای آب محصولات کشاورزی طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ موردبررسی قرار گرفت.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده مشخص شد که بیش‌ترین سطح زیر کشت در شهرستان قلعه‌گنج در بازه‌ی زمانی ۶ ساله از ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۵ مربوط به گندم و نخیلات است که به ترتیب ۳۱/۶ و ۲۱ درصد و درمجموع بیش از نیمی از سطح ۴۸۰۰۰ هکتاری زمین‌های زیر کشت را شامل می‌شود. از نظر مصرف آب، نخیلات به‌تنهایی نزدیک به ۴۶ درصد از ردپای آب منطقه را به خود اختصاص داده، درحالی‌که عملکرد آن کمی کم‌تر از ۵ تن در هکتار است. کنجد نیز که ۴۴۲۴ هکتار معادل تقریباً ۱۰ درصد از سطح زیر کشت را شامل می‌شود، دارای بیش‌ترین محتوای آب مجازی در مقابل عملکرد بسیار پایین محصول است؛ به‌طوری‌که برای تولید تقریباً یک تن کنجد در یک هکتار بیش از ۱۵۰۰۰ مترمکعب آب باید مصرف کرد. ماش و کلزا نیز محصولاتی با عملکرد پایین و آب مجازی بالا هستند. در مقابل، هر کیلو خربزه تنها با ۱۹۰ لیتر آب تولید می‌شود و از طرف دیگر در هر هکتار تقریباً ۷۰ تن محصول می‌دهد. همچنین، ذرت علوفه‌ای و بعد از آن پیاز به ترتیب نزدیک به ۴۷ و ۴۳ تن در هکتار محصول می‌دهند. این سه محصول (خربزه، ذرت علوفه‌ای و پیاز) درمجموع، ۳۸/۵ درصد از عملکرد محصولات کشاورزی شهرستان را دربر دارند. بهره‌وری آب در خربزه و پیاز بیش‌ترین مقدار در میان سایر محصولات است. در ضمن، عملکرد یونجه نیز ۳۲/۷۰ تن در هکتار است.

با بررسی روند تغییرات ردپای آب در مقابل تولید و سطح زیر کشت کلی محصولات، به نظر می‌رسد برای اصلاح شرایط موجود با ارائه‌ی خدمات تخصصی به منظور تشویق کشاورزان در استفاده از روش‌های آبیاری نوین و جایگزین کردن محصولات آب بر می‌توان ردپای کلی آب در شهرستان را کاهش داد. همچنین ایجاد صنایع فرآوری محصولات کشاورزی که در سال‌های اخیر درحال‌توسعه در شهرستان هستند، زمینه‌ی افزایش بهره‌وری کلی در مصرف آب را فراهم می‌سازد. پیشنهاد می‌شود کل زنجیره‌ی تأمین ازجمله دفعات کشت، میزان عملکرد و از جنبه‌ی اقتصادی، قیمت محصول برداشت‌شده و بازار فروش آن، اهمیت راهبردی محصول و وجود صنایع واسطه‌ای و فرآوری در کنار ردپای آب در مطالعات آتی در نظر گرفته شود تا بتوان نسبت به کشت گونه‌های دارای اولویت در این شهرستان تصمیم‌گیری نمود.

اما در هر صورت کنترل و کاهش میزان آب مصرفی در شهرستان قلعه‌گنج با توجه به روند موجود الزامی است؛ زیرا ادامه‌ی روند موجود منجر به افت سطح آب‌های زیرزمینی و کاهش کیفیت منابع آب می‌گردد که می‌تواند باعث کاهش تولید شود و در درازمدت آثار سوء اقتصادی و اجتماعی ایجاد کند.

۶- منابع

۱. اردکانیان، رضا، سهرابی، روح اله (۱۳۸۵). تجارت آب مجازی: ادبیات جهانی و کاربرد در ایران. دومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، اصفهان، ایران.

۲. اویسی، فاطمه، فتاحی اردکانی، احمد، فهرستی ثانی، مسعود (۱۳۹۸). بررسی آب مجازی و ردپای اکولوژیک آب در محصول گندم آبی استان اصفهان. نشریه‌ی علوم آب‌وخاک، سال ۲۳، شماره‌ی ۱، صص ۹۹-۸۷.

۳. پورغلام آمیجی، مسعود، هوشمند، محمد، رجا، امید، لیاقت، عبدالمجید (۱۳۹۸). پهنه‌بندی باران مؤثر در استان خوزستان تحت کشت گندم دیم پاییزه. مدیریت آب و آبیاری، دوره‌ی، شماره‌ی ۲، صص ۲۳۰-۲۱۱.

۴. خالقی، نوشین (۱۳۹۴). مقایسه روش‌های برآورد بارش مؤثر در کشاورزی. نشریه‌ی آب و توسعه‌ی پایدار، سال ۲، شماره‌ی ۲، صص ۵۸-۵۱.

۵. خرمی وفا، محمود، نوری، مهدی، مندنی، فرزاد، ویسی، هادی (۱۳۹۵). بررسی آب مجازی، بهره‌وری و ردپای اکولوژیک آب در مزارع گندم آبی و ذرت در منطقه‌ی کوزران (شهرستان کرمانشاه). نشریه‌ی آب و توسعه‌ی پایدار، سال ۳، شماره‌ی ۲، صص ۲۶-۱۹.

۶. دهقان، مصطفی، شهیدی، علی، نجفی مود، محمدحسین، عربی یزدی، اعظم (۱۳۹۸). برآورد و مقایسه‌ی ردپای آب در بخش صنعت و کشاورزی (مطالعه‌ی موردی: استان خراسان جنوبی). نشریه‌ی آبیاری و زهکشی ایران، شماره‌ی ۳، جلد ۱۳، صص ۵۷۴-۵۶۵.

۷. رحیمی، جابر، بذرافشان، جواد، خلیلی، علی (۱۳۹۲). مطالعه تطبیقی روش‌های برآورد بارش مؤثر در زراعت گندم دیم در اقلیم‌های مختلف ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۵، شماره‌ی ۳، صص ۴۶-۳۱.

۸. رضوی، سید سجاد، داوری، کامران (۱۳۹۲). نقش آب مجازی در مدیریت منابع آب. نشریه‌ی آب و توسعه‌ی پایدار، سال ۱، شماره‌ی ۱، صص ۱۸-۹.

۹. رمضانی اعتدالی، هادی، آبابایی، بهنام (۱۳۹۵). برآورد اجزا ردپای آب در تولید جو در مقیاس ملی و استانی. نشریه‌ی پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۳۰، شماره‌ی ۳، صص ۴۴۳-۴۳۱.

۱۰. رمضانی اعتدالی، هادی، شکوهی، علیرضا، مجتبوی، سید امین (۱۳۹۶). بهره‌گیری از مفهوم ردپای آب مجازی در تولید محصولات اصلی برای عبور از بحران آب منطقه‌ی قزوین. نشریه‌ی آب‌وخاک، جلد ۳۱، شماره‌ی ۲، صص ۴۳۳-۴۲۲.

۱۱. زارعی، قاسم، جعفری، علی‌محمد (۱۳۹۴). نقش واردات و صادرات محصولات مهم زراعی و باغی در تجارت مجازی آب و ردپای آب در کشاورزی ایران. نشریه‌ی آبیاری و زهکشی ایران. شماره‌ی ۵، جلد ۹، صص ۷۹۷-۷۸۴.

۱۲. عباسی، فریبرز، سهراب، فرحناز، عباسی، نادر. ۱۳۹۴. راندمان‌های آبیاری – تغییرات زمانی و مکانی آن در ایران. مؤسسه‌ی تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی.

۱۳. عربی یزدی، اعظم، نیک نیا، ناصر، مجیدی، نجمه، امامی، حسین (۱۳۹۳). بررسی امنیت آبی در اقلیم‌های خشک از دیدگاه شاخص ردپای آب (مطالعه‌ی موردی: استان خراسان جنوبی). نشریه‌ی آبیاری و زهکشی ایران، شماره‌ی ۴، جلد ۸، صص ۷۴۶-۷۳۵.

۱۴. علیقلی‌نیا، توحید، رضایی، حسین، بهمنش، جواد، منتصری، مجید (۱۳۹۵). تخمین و ارزیابی ردپای آب آبی و سبز محصولات عمده‌ی مورد کشت در حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه. نشریه‌ی پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک، جلد ۲۳، شماره‌ی ۳، صص ۳۴۴-۳۳۷.

۱۵. علیقلی‌نیا، توحید، رضایی، حسین، بهمنش، جواد، منتصری، مجید (۱۳۹۶). مطالعه‌ی شاخص ردپای آب برای محصولات غالب مورد کشت در حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه و ارتباط آن با مدیریت آبیاری. نشریه‌ی دانش آب‌وخاک، جلد ۲۷، شماره‌ی ۴، صص ۴۸-۳۷.

۱۶. غلامحسین‌پور جعفری‌نژاد، ابوالفضل، علیزاده، امین، نشاط، علی (۱۳۹۲). بررسی ردپای اکولوژیک آب و شاخص‌های آب مجازی در محصولات پسته و خرما در استان کرمان. فصلنامه‌ی علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال ۴، شماره‌ی ۱۳، صص ۸۹-۸۰.

۱۷. کیانی، غلامحسین (۱۳۹۷). بررسی وضعیت تجارت داخلی و بین‌المللی آب مجازی در ایران. نشریه‌ی علوم آب‌وخاک، سال ۲۲، شماره‌ی ۱، صص ۱۲۵-۱۱۵.

۱۸. موحدنژاد، احسان، رمضانی اعتدالی، هادی، شکوهی، علیرضا، (۱۳۹۸). استفاده از مفهوم ردپای آب مجازی در تولیدات دامی برای حفاظت منابع آب. نشریه‌ی حفاظت منابع آب‌وخاک، سال ۸، شماره‌ی ۳، صص ۱۴۳-۱۳۳.

۱۹. میرچولی، فهیمه، سلطانی، سعید، فرامرزی، منیره (۱۳۹۵). ارزیابی مبادلات آب مجازی و ردپای آب برخی محصولات کشاورزی در ایران. مجله‌ی پژوهش آب ایران، جلد ۱۰، شماره‌ی ۱، صص ۵۸-۴۹.

20. Ababaei, Behnam, Ramezani Etedali, Hadi. (2017). Water footprint assessment of main cereals in Iran. Agricultural Water Management, Volume 179, pp 401-411.
21. Aghakhani Afshar, A., Hassanzadeh, Y., Pourreza-Bilondi, M., Ahmadi, A. (2018). Analyzing long-term spatial variability of blue and green water footprints in a semi-arid mountainous basin with MIROC-ESM model (case study: Kashafrood River Basin, Iran). Theoretical and Applied Climatology, Volume 134, pp 885-899.
22. Arabi, Azam, Alizadeh, Amin, VahabRajaee, Yaser, Jam, Kazem, Niknia, Naser. (2012). Agricultural Water Foot Print and Virtual Water Budget in Iran Related to the Consumption of Crop Products by Conserving Irrigation Efficiency. Journal of Water Resource and Protection, Volume 4, Number 5, pp 318-324.
23. Asadi, Mohammad Esmaeil, Aligholinia, Tohid, Rasouli Majd, Negar. (2018). Evaluation the Agricultural Crops Water Footprint in the Urmia Lake Basin (Iran) Using Agro-wf Software. Global food security and food safety: The role of universities, Tropentag, Prague, Czech Republic.
24. Banouei, A. A., Banouei, J., Zakeri, Zahra, Momeni, Marzieh. (2015). Using Input-Output Model to Measure National Water Footprint in Iran. Business Perspectives, Volume 14, Number 2, pp 75-87.
25. Faramarzi, Monireh, Abbaspour, Karim C., Schulin, Rainer, Yang, Hong. (2009). Modelling blue and green water resources availability in Iran. Hydrological Processes, Volume 23, Number 3, pp 486-501.
26. Faramarzi, Monireh, Yang, Hong, Mousavi, J., Schulin, Rainer, Binder, C. R., Abbaspour, Karim C. (2010). Analysis of intra-country virtual water trade strategy to alleviate water scarcity in Iran. Hydrology and Earth System Sciences, Volume 14, Number 8, pp 1417-1433.
27. Fatemi, M., Rezaei Moghaddam, K., Wackernagel, M., Shennan, C. (2018). Sustainability of environmental management in Iran: An ecological footprint analysis. Iran Agricultural Research, Volume 37, Number 2, pp 53-68.
28. Hashemi, Gholamreza, Mirheidari, Seyed Pooyan, Santivanez, Connie Galvez Durand. (2018). Urbanization Impact on the Water and Food Security and Assessment of Wheat

Production and its Irrigation Water Requirements Using CROPWAT Model in IRAN: A Case Study of City Tehran. Asian Journal of Advanced Science, Volume 6, Number 1, pp 7-15.
29. Hejabi, Sh., Akhoondzadeh, T. (2019). The Relationship between Virtual Water Exports ddd hhu uuu uuuuu uuuuu uuuuuuuuuneett yyyl lnnnnnn nnnnn ___222222 2 33:: 633-713.
30. Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K. (2006). Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resource Management, 21 (1): 35-48.
31. Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., Mekonnen, M. M. (2011). The Water Footprint Assessment Manual – Setting the Global Standard. Earthscan, London.
32. Karandish, F., Hoekstra, A. Y. (2017). Informing National Food and Water Security Policy through Water Footprint Assessment: the Case of Iran. Water, 9 (11), 831-835.
33. Lenzen, M., Bhaduri, A., Moran, D., Kanemoto, K., Bekchanov, M., Geschke, A., Foran, B. (2012). The role of scarcity in global virtual water flows. ZEF-Discussion Papers on Development Policy. 169.
34. Moammadi-Kanigolzar, F., Daneshvar Ameri, J., Motee, N. (2014). Virtual Water Trade as a Strategy to Water Resource Management in Iran. Journal of Water Resource and Protection. 6 (2): 141-148.
35. Najafi Alamdarlo, H., Riyahi, F., Vakilpoor, M. H. (2019). Wheat Self-Sufficiency, Water Restriction and Virtual Water Trade in Iran. Networks and Spatial Economics, 19 (2): 503-520.
36. Pashaki, K., Khosrojerdi, A., Sedghi, H. (2017). Virtual water strategy and its application in optimal operation of water resources. Journal of Applied Research in Water and Wastewater, 4 (2): 349-353.
37. Qasemipour, E., Abbasi, A. (2019). Assessment of Agricultural Water Resources Sustainability in Arid Regions Using Virtual Water Concept: Case of South Khorasan Province, Iran. Water, 11 (3): 449-464.
38. Rezaei Kalvani, S., Sharaai, A. H., Abd Manaf, L., Hamidian, A. H. (2019). Water Footprint of Crop Production in Tehran. Journal of the Malaysian Institute of Planners. 17 (2): 123-132.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی