Archive of SID

اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۶، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۸، ص ۱۱۱۹-۱۱۰۹

مدیریت منابع آب محصولات زراعی استان قم با استفاده از مفهوم رد پای آب

طیبه خلیلی[۱]، مهدی سرائی تبریزی[۲*]، حسین بابازاده[۳]، هادی رمضانی اعتدالی[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

۲. استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

۳. دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران

۴. دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی(ره)، قزوین

(تاریخ دریافت ۱۳۹۸/۰۷/۰۱؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۸/۰۹/۲۴)

چکیده

در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند استان قم، مدیریت منابع آب به‌خصوص در بخش کشاورزی، اهمیت زیادی دارد. مطابق بیلان آب دریافتی از سازمان آب منطقه‌ای استان قم، همواره کشاورزی به‌عنوان عمده‌ترین مصرف‌کنندهٔ آب در این استان سبب ایجاد چالش بوده است. هدف از انجام تحقیق حاضر، استفاده از مفهوم رد پای آب و تجارت مجازی برای محصولات زراعی استان قم در بازهٔ زمانی ۱۳۸۵-۱۳۹۵ برای کاهش فشار واردشده بر منابع آبی موجود و مدیریت بهتر بود. به‌دلیل کم بودن راندمان سامانهٔ آبیاری، حجم رد پای آب سفید در محصولات استان بسیار زیاد تخمین زده شد. همچنین، سهم رد پای آب آبی در محصولات استان نیز بیشتر از مقادیر رد پای آب سبز و خاکستری برآورد شده است. رد پای آب سفید در محصول پنبه ۵۲۶۷ مترمکعب بر تن برآورد شده است که ۴۸ درصد از سهم کل رد پای آب را به خود اختصاص داده است و سهم رد پای آب آبی در این محصول نیز ۴۶ درصد از سهم کل رد پای آب بود. بعد از پنبه، هندوانه بیشترین سهم رد پای سفید بین سایر محصولات را داشت که حدود ۶۴ درصد از سهم کل رد پای آب را به خود اختصاص داده و سهم رد پای آب آبی در این محصول ۳۲ درصد برآورد شده است. سهم رد پای آب سفید در محصولات جو، گندم، یونجه، پیاز، گوجه‌فرنگی، خربزه و ذرت به‌ترتیب برابر ۵۵، ۴۹، ۴۸، ۵۱، ۴۶، ۵۴ و ۳۷/۵ درصد از سهم کل رد پای آب محاسبه‌شده است. با توجه به سهم بسیار زیاد رد پای آب سفید، می‌توان از رد پای آب خاکستری صرف‌نظر کرد. همچنین، رد پای آب سبز به دلیل کمبود میزان بارش در استان قم بسیار ناچیز برآورد شده است. رد پای آب سبز در محصولات جو و گندم نسبت به سایر محصولات بیشتر بود که علت این امر یکسان بودن فصل کشت و بارندگی بوده است. سهم رد پای آب سبز در محصول جو و گندم به‌ترتیب ۱۲ و ۱۱ درصد از سهم کل رد پای آب بوده است. صادرات آب مجازی استان قم مربوط به دو محصول پنبه و جو بود، که حجم آب مجازی صادراتی سالانهٔ این دو محصول معادل ۲۵۰/۴۱ میلیون مترمکعب و درآمد اقتصادی حاصل از آن، معادل ۴۲۹ میلیارد ریال بوده است. همچنین، محصولات گندم، پیاز، گوجه‌فرنگی، خربزه و هندوانه به استان وارد می‌شود و حجم واردات آب مجازی استان معادل ۶۸۳MCM بوده است. در نهایت، برای درک بهتر وضعیت منابع آبی موجود، شاخص‌های محاسباتی آب نیز محاسبه شده است. استان قم با شاخص کم‌آبی ۳۳ درصد در آستانهٔ کم‌آبی قرار دارد و همچنین شاخص شدت مصرف آب نیز ۳۰ درصد برآورد شده است.

کلیدواژگان: آب آبی، آب سبز، تجارت آب مجازی، شاخص کم‌آبی.

* نویسندهٔ مسئول

Email: m.sarai@srbiau.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

استان قم در منطقهٔ خشک و نیمه‌خشک کشور واقع شده است و آب‌وهوای گرم و خشک دارد. قسمت‌های جنوب و غرب استان پوشیده از کوه‌های مرتفع است که با آب‌وهوای معتدل، جایگاه مناسبی را برای کشاورزی استان فراهم آورده است. سطح کم بارندگی در استان قم سبب شده است که سطح زیر کشت دیم در این استان بسیار ناچیز باشد و بیشتر کشاورزی منطقه به‌صورت فاریاب است. با توجه به کم شدن حجم منابع آب‌های سطحی، استفاده از آب‌های زیرزمینی افزایش یافته و یکی از عواملی که سبب افت شدید سطوح آب در آبخوان شده است، استفادهٔ بیش از حد از منابع آب زیرزمینی است. این موضوع در بخش کشاورزی اصلاح الگوی کشت را ضروری کرده است [۱]. مفهوم آب مجازی[1] برای نخستین‌بار در دههٔ ۱۹۹۰ میلادی توسط آلن مطرح شد، آب مجازی مقدار آبی است که یک محصول از لحظهٔ شروع تا پایان فرایند تولید، مصرف می‌کند [۲]. تعیین الگوی کشت مبتنی بر آب مجازی، راه حل مناسبی برای بحران آب به‌ویژه در مناطق کم‌آب و دارای آب‌وهوای خشک است. بنابراین، می‌توان به جای تولید محصولاتی که مصرف آب در آنها زیاد است، محصولاتی با آب مصرفی کمتر را تولید کرد و از فشار بیش از حد بر منابع آبی موجود کاست [۳]. با توجه به بیلان آب استان قم [۴]، حدود ۹۰ درصد از منابع آبی در بخش کشاورزی استفاده می‌شود، مفهوم رد پای آب مجازی در کشاورزی حائز اهمیت است. بررسی اجزای مختلف رد پای آب مجازی و تعیین سهم هریک از اجزا در بخش کشاورزی، کمک شایانی به درک بهتر از شرایط کنونی و بهبود منابع آبی موجود به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. آبابایی و رمضانی اعتدالی مجموع اجزای رد پای آب محصول گندم در ایران را طی یک دورهٔ ۵ ساله حدود ۳۱۸۸ و ۳۰۷۱ مترمکعب بر تن به‌ترتیب برای گندم آبی و دیم برآورد کردند [۵]. نتایج تحقیقات Pahlow و همکارانش در آفریقای جنوبی نشان داد طی دورهٔ ۱۹۶۶ــ ۲۰۵۵، سالانه مقادیر ۱۰۸۶۷، ۵۳۲ و ۱۰۸۹ میلیون مترمکعب از این کشور به‌صورت آب سبز، آب آبی و آب خاکستری خارج می‌شود. این مقدار آب مجازی صادرشده، حدود ۲۲ درصد رد پای آب در بخش کشاورزی این کشور را شامل می‌شود [۶]. در مطالعه‌ای که Wang و همکارانش در سه ایالت نیوجرسی، مریلند و دل اور با توجه به تجارت آب مجازی کالاهای تولیدی و مصرفی انجام دادند، بیان کردند که از طریق مدیریت آب مجازی، مصرف آب ۳۵ درصد کاهش خواهد یافت [۷]. Schyns و همکارانش طی پژوهشی، حجم اجزای رد پای آب در تولید محصولات کشاورزی کشور اردن را برای آب سبز، آبی و خاکستری به‌ترتیب معادل ۴۹۳، ۴۰۶ و ۵۴/۳ میلیون مترمکعب در سال برآورد کردند. ایشان میزان آب سطحی و زیرزمینی در رد پای آب آبی بخش کشاورزی را به‌ترتیب ۱۴۳ و ۲۶۳ میلیون مترمکعب گزارش کردند [۸]. در پژوهشی دیگر Zhau و همکارانش اجزای رد پای آب در حوضهٔ رودخانهٔ زرد چین را طی دورهٔ ۱۹۶۱ــ ۲۰۰۹ بررسی کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد به‌دلیل افزایش بهبود عملکرد، رد پای آب آبی و سبز در تولید محصولات کشاورزی کاهش یافته و رد پای آب خاکستری به‌دلیل افزایش مصرف کودهای نیترات و فسفات افزایش پیدا کرده است. در مجموع، به‌دلیل افزایش اراضی فاریاب در حوضهٔ رودخانهٔ زرد، حجم تجارت آب مجازی افزایش چشمگیری داشته است [۹]. علاوه بر پژوهش‌های انجام‌شده در مقیاس کشوری، پژوهش‌های دیگری نیز در سطح استانی ارائه شده است که از جملهٔ آنها می‌توان به «ارزیابی رد پای آب سبز و آبی محصولات عمدهٔ کشت‌شده در حوضهٔ آبخیز پایاب رودان استان هرمزگان» اشاره کرد که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، کشت صیفی‌جات نسبت به سایر محصولات و محصولاتی نظیر بادمجان، گوجه و پیاز که آب سبز بیشتری دارند، برای کشت در این منطقه پیشنهاد شده است [۱۰]. در پژوهشی دیگر، رمضانی اعتدالی و آبابایی اجزای رد پای آب مجازی در تولید جو در ۱۵ استان منتخب که بیشترین تولید جو را در کشور به خود اختصاص داده بودند، بررسی کردند. در بین ۱۵ استان منتخب، متوسط مجموع رد پای آب در اراضی فاریاب حدود ۳۲۰۹ میلیون مترمکعب بر تن است که سهم آب‌های سبز، آبی، خاکستری و سفید به‌ترتیب حدود ۲۰، ۲۶، ۱۸ و ۳۶ درصد از مجموع رد پای آب در این اراضی است [۱۱]. در مطالعه‌ای دیگر، رمضانی اعتدالی و همکارانش در دشت قزوین مجموع رد پای آب مجازی در تولید محصولات اصلی منطقه طی سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۱۴ را حدود ۲۰۵۳ میلیون مترمکعب در سال برآورد کردند که سهم رد پای آب‌های سبز، آبی، خاکستری و سفید به‌ترتیب ۳۱، ۲۵، ۲ و ۴۲ درصد بود. علاوه بر تعیین

1. Virtual Water

www.SID.ir

Archive of SID

مقادیر رد پای آب در مقیاس استانی، می‌توان آب مجازی مبادلاتی را نیز محاسبه کرد. میزان صادرات آب مجازی در دشت قزوین معادل ۱۰۲۲ میلیون مترمکعب گزارش شده است. حجم صادرات آب مجازی ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای، یونجه و گوجه‌فرنگی درمجموع ۵۵۶ میلیون مترمکعب در سال از کل حجم صادرات آب مجازی منطقه بوده است [۱۲]. در پژوهشی دیگر در استان هرمزگان، مقدار واردات و صادرات آب مجازی محصولات زراعی غیر از جو و علوفه به‌ترتیب ۷۸۹/۱ و ۳۹۹/۲ میلیون مترمکعب برآورد شده است [۱۳]. علاوه بر مقادیر رد پای فیزیکی، می‌توان رد پای اقتصادی محصولات را نیز محاسبه کرد که از آن با عنوان «حسابداری آب» نیز نام می‌برند. حسابداری آب نوعی فرایند سیستماتیک شناسایی، تشخیص، کمی‌سازی و ارائهٔ اطلاعات مربوط به حق و حقوق ذی‌نفعان برای به‌کارگیری تصمیم‌های رسمی است. حسابداری آب شامل بخش‌های مختلفی می‌شود که عبارت‌اند از: حسابداری محیط زیستی-اقتصادی، حسابداری با اهداف عمومی، حسابداری مؤسسهٔ بین‌المللی مدیریت آب و حسابداری رد پای آب. روش حسابداری رد پای آب با تمرکز بر محصولات و میزان آب مصرفی در تولید صرف‌نظر از منبع تأمین است که در سطوح منطقه‌ای، کشوری و بین‌المللی کاربرد دارد [۱۴ و ۱۵]. طی پژوهشی سود خالص و رد پای اقتصادی محصولات عمده در دشت قزوین برآورد شد [۱۶]. هدف از انجام مطالعهٔ حاضر، بهره‌گیری از مفهوم رد پای آب و تجارت آب مجازی محصولات مهم زراعی استان قم برای مدیریت بهتر منابع آب است.

مواد و روش‌ها

استان قم در حوزهٔ مرکزی ایران با مساحتی معادل ۱۱۲۴۰ کیلومترمربع واقع شده است. رد پای آب، شاخصی برای نشان دادن حجمی از آب است که مستقیم یا غیرمستقیم برای تولید کالا مصرف می‌شود. این شاخص شامل مجموع آب مصرف‌شده طی فرایند تولید محصول می‌شود. در مطالعهٔ حاضر اجزای رد پای آب در تولید محصولات زراعی استان قم بررسی شد.

رد پای آب آبی، به همان نیاز خالص یا حجم آبی اشاره دارد که مستقیم در تولید محصول استفاده می‌شود. رد پای آب سبز، به سهم آب حاصل از بارندگی مرتبط است. رد پای آب خاکستری، به حجمی از آب که برای رقیق کردن کودهای مورد نیاز محصول طی فرایند تولید اشاره دارد [۱۷]. مفهوم رد پای آب سفید، توسط آبابایی و رمضانی اعتدالی به‌عنوان حجم آبی که تلفات آبیاری را مشخص می‌کند، ارائه شده است. اجزای رد پای آب محصولات زراعی استان قم (گندم، جو، پنبه، پیاز، گوجه‌فرنگی، خربزه، هندوانه، یونجه و ذرت) با استفاده از روابط ۱ـ ۴ محاسبه می‌شود [۱۷ و ۱۸]:

$$WF_{Green} = \frac{P \times 10}{Y} \quad (۱)$$

$$WF_{Blue} = \frac{(Et\text{-}p)}{Y} \quad (۲)$$

$$WF_{Gray} = \frac{\alpha \times NAR}{C_m - C_n} \times \frac{1}{Y} \quad (۳)$$

$$WF_{White} = \frac{10 \times (D-(ET-P))}{Y} \quad (۴)$$

در روابط یادشده رد پای آب‌های سبز[1]، آبی[2]، خاکستری[3] و سفید[4] برحسب مترمکعب بر تن هستند. P_e بارندگی مؤثر طی دورهٔ رشد گیاه برحسب میلی‌متر، ET_c تبخیر و تعرق هر گیاه طی دورهٔ رشد برحسب میلی‌متر، Y عملکرد هر محصول برحسب تن بر هکتار، α درصد تلفات کودهای نیتروژن، NAR میزان مصرف کود برای هر گیاه برحسب کیلوگرم بر هکتار، C_m غلظت بحرانی نیتروژن برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، C_n غلظت واقعی نیتروژن برحسب کیلوگرم بر مترمکعب، D_t عمق آب آبیاری برای هر گیاه طی دورهٔ رشد برحسب میلی‌متر و ۱۰ فاکتور تبدیل از میلی‌متر به مترمکعب بر هکتار است. مقادیر بارش و تبخیر و تعرق با استفاده از مدل NETWAT محاسبه شد. همچنین، مقادیر α در شرایط دیم و فاریاب به‌ترتیب ۵ و ۱۰ درصد در نظر گرفته شد [۱۷]. در مطالعهٔ حاضر رد پای آب خاکستری فقط برای کودهای نیترون به‌کار گرفته شد. بیشترین غلظت نیتروژن در منابع آب دریافت‌کننده براساس استاندارد US-EPA برابر با ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر است. مقدار غلظت واقعی نیتروژن برابر صفر در نظر گرفته شد [۱۷]. برای بهره‌گیری از مفهوم حسابداری آب باید از اجزای رد پای اقتصادی آب استفاده شود، روابط ۵ـ ۸ برای محاسبهٔ رد پای اقتصادی آب ارائه شده است:

1. WF_{Green}
2. WF_{Blue}
3. WF_{Gray}
4. WF_{White}

www.SID.ir

Archive of SID

$$WF_{E(Green)} = \frac{WF_{Green}}{NB} \quad (۵)$$

$$WF_{E(Blue)} = \frac{WF_{Blue}}{NB} \quad (۶)$$

$$WF_{E(Gray)} = \frac{WF_{Gray}}{NB} \quad (۷)$$

$$WF_{E(White)} = \frac{WF_{White}}{NB} \quad (۸)$$

در روابط یادشده رد پای اقتصادی آب‌های سبز[1]، آبی[2]، خاکستری[3] و سفید[4] برحسب مترمکعب بر میلیون ریال و NB سود خالص بر حسب میلیون ریال بر تن است. سود خالص از تفاضل بین سود حاصل از فروش و هزینه‌های کاشت، داشت و برداشت هر محصول قابل محاسبه است [۱۶ و ۱۹]. برای تعیین وضعیت منابع آبی استان و به منظور استفادهٔ بهینه از آب، رابطهٔ ۹ (برای محاسبهٔ شدت مصرف آب) ارائه شده است [۲۰]:

$$WI=\frac{AWU}{TWU} \quad (۹)$$

که در رابطهٔ یادشده WI شاخص شدت مصرف آب برحسب درصد، AWU مصارف آبی استان قم در بخش کشاورزی برحسب میلیون مترمکعب در سال و TWU کل منابع آبی موجود در استان است. رابطهٔ ۱۰ برای محاسبهٔ شاخص کم‌آبی استان ارائه شده است [۲۰]:

$$WS=\frac{WU}{TWU} \quad (۱۰)$$

که در رابطهٔ یادشده، WS شاخص کم‌آبی برحسب درصد، WU کل مصارف آبی در استان و TWU کل منابع آبی موجود در استان برحسب میلیون مترمکعب در سال است، WS می‌تواند بین صفر تا ۱۰۰ متغیر باشد، یعنی هرچه بیشتر به سمت ۱۰۰ میل کند، به این معناست که شدت مصرف آب در منطقهٔ مطالعه‌شده در بخش کشاورزی بیشتر است.

1. $WF_{E(Green)}$
2. $WF_{E(Blue)}$
3. $WF_{E(Gray)}$
4. $WF_{E(White)}$

یافته‌ها

اجزای رد پای فیزیکی آب در تولید محصولات زراعی استان قم

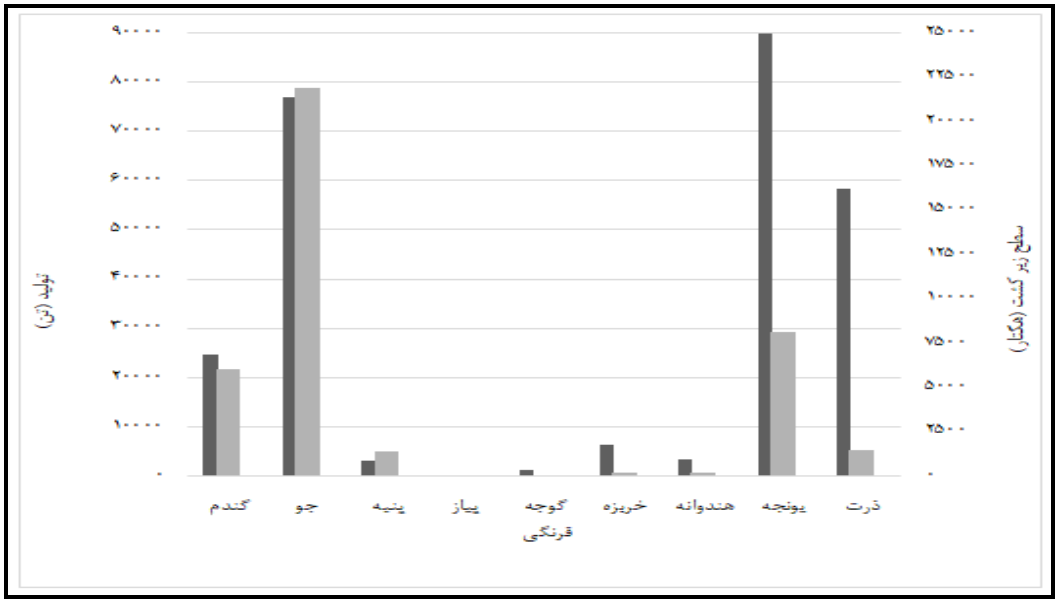
شکل ۱ سطح زیر کشت و تولید محصولات آبی استان قم را نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۱، بیشترین مقدار سطح زیر کشت استان به‌ترتیب مربوط به محصولات جو، یونجه، گندم و پنبه است. سهم جو از تولیدات استان معادل ۲۹ درصد، یونجه ۳۴ درصد، گندم ۹ درصد و پنبه ۱/۲ درصد و سایر محصولات زراعی ۲۶/۸ درصد از کل تولیدات زراعی استان قم است.

در جدول ۱ میانگین ۱۰ ساله اجزای رد پای فیزیکی آب در تولید محصولات زراعی استان قم برآورد شده است. با توجه به جدول ۱ گندم و جو سهم رد پای آب سبز بیشتری نسبت به سایر محصولات دارند که علت این امر، تقارن فصل کشت با فصل بارندگی منطقه است که سبب زیاد بودن میزان رد پای آب سبز محصولات یادشده نسبت به سایر محصولات شده است. مقدار کل رد پای آب در گندم و جو به‌ترتیب ۳۰۱۸ و ۲۸۸۲ متر مکعب بر تن برآورد شده است. سهم رد پای آب سفید در این محصول گندم و جو ۱۴۶۱ و ۱۵۸۰ متر مکعب بر تن است که به‌ترتیب حدود ۴۹ و ۵۵ درصد از سهم کل رد پای آب بوده و نشان‌دهندهٔ یکسان بودن مدیریت آب در مزرعه است. همچنین، سهم رد پای آب خاکستری در محصول گندم و جو به‌ترتیب ۱۱و ۱۴ درصد نسبت به میانگین کل رد پای آب محاسبه شده است. به‌دلیل زیادتر بودن نیاز خالص آبی گندم نسبت به جو، سهم رد پای آب آبی گندم بیشتر از جو برآورد شده است. دو محصول گندم و جو از نظر سهم هر یک از اجزای رد پای آب تفاوت چندانی با هم ندارند که علت این امر را می‌توان برابر بودن میزان تقریبی مقادیر کود، باران مؤثر، عمق آبیاری، تبخیر و تعرق دانست. پنبه بیشترین سهم رد پای آب سفید در بین سایر محصولات زراعی را دارد که علت آن را می‌توان با توجه به کم بودن راندمان سامانهٔ آبیاری و تلفات بسیار زیاد توجیه کرد. زیاد بودن سهم رد پای آب آبی پنبه مربوط به نیاز آبی خالص بسیار زیاد این محصول است. محصولات پیاز، گوجه‌فرنگی، خربزه و یونجه سهم رد پای آب سفید و خاکستری تقریباً یکسان دارند که علت این امر یکسان بودن راندمان و مصرف کود در مزرعه است. مقادیر سهم رد پای آب سبز در محصولات یادشده به‌شدت

www.SID.ir

Archive of SID

کم است که علت این امر، کمبود شدید میزان بارش در فصل رشد محصولات است. بعد از پنبه، هندوانه بیشترین میزان رد پای آب سفید در میان محصولات را دارد. همچنین، سهم رد پای آب آبی در این محصول معادل ۳۲ درصد از سهم کل رد پای آب است. مقدار رد پای آب سبز در هندوانه نیز به‌دلیل کم بودن مقادیر بارش ناچیز است. ذرت کمترین مقدار رد پای آب در میان محصولات را دارد. سهم رد پای آب سفید در این محصول از سایر محصولات کمتر بوده و حدود ۳۸ درصد از سهم کل رد پا را به خود اختصاص داده است. سهم رد پای آب آبی ۴۹ درصد و سهم رد پای آب خاکستری ۱۳ درصد مقدار کل رد پا را شامل می‌شود. با توجه به میزان کم بارندگی در استان قم و نیز سطح زیر کشت بسیار ناچیز دیم، از برآورد اجزای رد پای آب در محصولات دیم صرف‌نظر شد. با توجه به جدول ۱ سهم هریک از اجزای رد پای آب نشان می‌دهد سهم آب سبز در تولید محصولات استان بسیار ناچیز و کمتر از سایر اجزاست، که علت این موضوع کم بودن متوسط بارش در استان است.



شکل ۱. سطح زیر کشت و تولید محصولات زراعی استان قم (میانگین ۱۰ ساله)

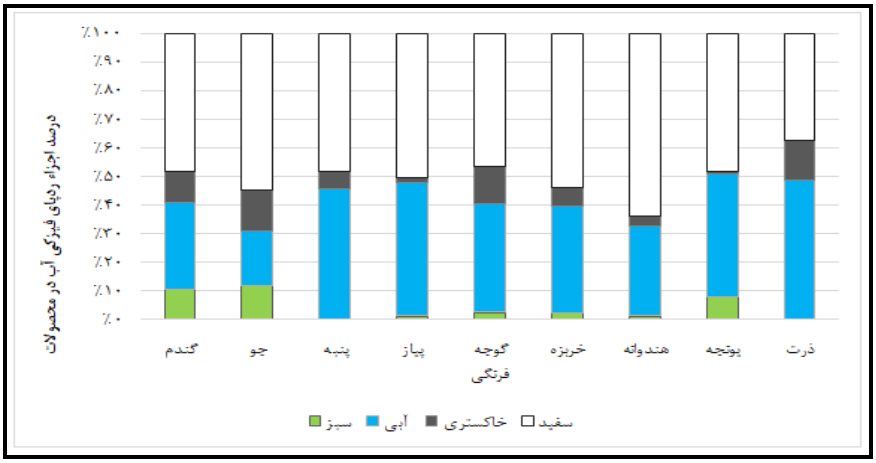
جدول ۱. میانگین ۱۰ سالهٔ رد پای فیزیکی محصولات زراعی استان قم (۱۳۸۵-۱۳۹۵)

محصول	عملکرد	کود	D_t	ET_c	P_e	رد پای سبز	رد پای آبی	رد پای خاکستری	رد پای سفید	مجموع
	تن بر هکتار	کیلوگرم بر هکتار	میلی‌متر			مترمکعب بر تن				
گندم	۳	۲۰۰	۷۴۵	۳۳۴	۱۳۳	۳۲۱	۹۱۶	۳۲۰	۱۴۶۱	۳۰۱۸
جو	۳	۲۳۰	۶۵۰	۲۳۴	۱۱۹	۳۴۰	۵۴۴	۴۱۸	۱۵۸۰	۲۸۸۲
پنبه	۱۶	۲۸۰	۲۰۵۰	۹۵۵	۲۷	۲۰	۴۹۸۹	۶۸۴	۵۲۶۷	۱۰۹۶۰
پیاز	۱۶	۶۰	۱۸۰۰	۸۸۴	۲۳	۱۸	۶۸۰	۲۴	۷۴۱	۱۴۶۳
گوجه	۲۰	۳۸۰	۱۶۰۰	۷۵۰	۳۷	۳۸	۵۸۰	۱۹۷	۷۱۰	۱۵۲۵
خربزه	۱۸	۲۲۳	۱۵۵۰	۶۷۲	۳۷	۲۱	۳۵۹	۶۳	۵۱۷	۹۶۰
هندوانه	۱۵	۲۲۰	۱۵۵۰	۷۵۲	۳۹	۲۹	۷۹۰	۸۵	۱۶۰۰	۲۵۰۴
یونجه	۱۰	۲۵	۱۷۵۰	۱۰۷۴	۱۴۹	۱۳۵	۷۲۰	۱۴	۸۱۴	۱۶۸۳
ذرت	۳۲	۴۲۰	۱۱۰۰	۷۱۹	۶	۰	۲۰۲	۵۸	۱۵۶	۴۱۶

www.SID.ir

Archive of SID

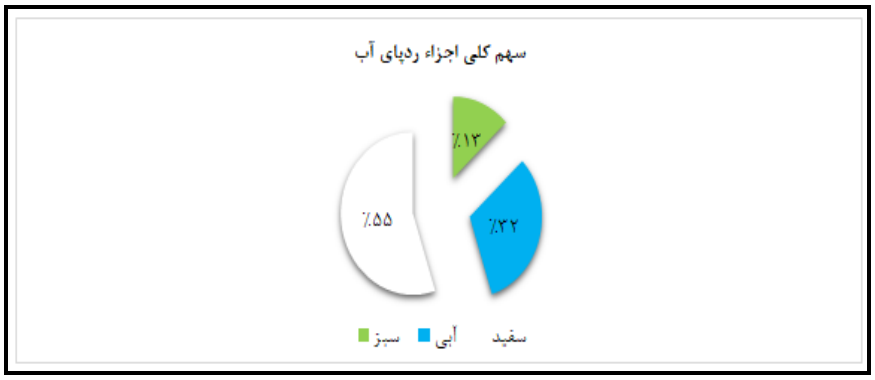
شکل ۲ برای درک بهتر از سهم اجزای رد پای آب در هریک از محصولات فاریاب استان قم ارائه شده است. با توجه به شکل یادشده بیشترین سهم مربوط به رد پای آب سفید است. با توجه به زیاد بودن سهم رد پای آب سفید نسبت به خاکستری، می‌توان رقیق‌سازی کودها را نیز با رد پای آب سفید انجام داد تا آب بیشتری برای این منظور از دست نرود. بنابراین، در مطالعهٔ حاضر با توجه به ناچیز بودن سطوح زیر کشت دیم [۲۱] می‌توان از سهم رد پای آب خاکستری صرف‌نظر کرد. رمضانی اعتدالی و همکارانش در یک بازنگری [۱۲] در مورد محصولات دیم از آب سفید صرف‌نظر کرده و سهم رد پای خاکستری را در محاسبات محصولات دیم منطقهٔ قزوین در نظر گرفتند. در پژوهش یادشده سهم اجزای رد پای آب محصولات در منطقهٔ قزوین به‌صورت میانگین ۱۱ ساله مطالعه شده است. مقایسهٔ نتایج این دو پژوهش نشان می‌دهد مجموع رد پای آب محصول گندم در قزوین ۲۶۷۳ مترمکعب بر تن و در استان قم ۳۰۱۸ مترمکعب بر تن برآورد شده است. رد پای آب سبز و آبی گندم در قزوین معادل ۷۶۹ و ۴۳۷ مترمکعب بر تن بوده است که این مقادیر در استان قم به‌ترتیب ۳۲۱ و ۹۱۶ است. مجموع رد پای آب محصول جو در استان قم ۲۸۸۲ مترمکعب بر تن و در قزوین ۲۶۵۱ مترمکعب بر تن تخمین زده شد، مقادیر رد پای آب آبی و سبز این محصول در قزوین ۸۸۲ و ۳۷۵ مترمکعب بر تن و در استان قم ۳۴۰ و ۵۴۴ مترمکعب بر تن برآورد شده است. مجموع رد پای آب محصول یونجه در استان قم ۱۶۸۳ مترمکعب بر تن و در قزوین ۱۷۸۴ مترمکعب بر تن محاسبه شده، رد پای آب سبز و آبی محصول یونجه در منطقهٔ قزوین به‌ترتیب ۲۷۱ و ۶۰۰ مترمکعب بر تن و در استان قم ۱۳۵ و ۷۲۰ مترمکعب بر تن است. زیاد بودن مقادیر رد پای آب سبز در قزوین نسبت به قم نشان‌دهندهٔ بیشتر بودن بارش‌ها در منطقه است و همچنین کمتر بودن مقادیر رد پای آب آبی در قزوین نسبت به قم، بیانگر کمتر بودن نیاز خالص آبی محصولات در این منطقه است. مقایسهٔ رد پای آب در سایر محصولات نیز نشان‌دهندهٔ تفاوت هرچند جزئی بین ارقام محاسبه‌شده در دو منطقه است، که بیشتر مربوط به زیاد بودن حجم رد پای آبی در استان قم نسبت به قزوین است. محصول پنبه بیشترین سهم رد پای آب را در بین سایر محصولات به خود اختصاص داده است، که در بخش صادرات استان قم نیز سهم درخور توجهی دارد. شکل ۳ سهم هریک از اجزای رد پای آب را در تولید محصولات زراعی استان قم نشان می‌دهد، با توجه به شکل یادشده با صرف‌نظر از رد پای آب خاکستری، سهم رد پای آب سبز در تولید محصولات زراعی استان قم ۱۳ درصد است که نشان‌دهندهٔ ناچیز بودن بارش در فصل رشد محصولات است که این مسئله خود گواه بر فشار بیشتر به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی منطقه برای آبیاری محصولات کشاورزی است. سهم رد پای آب آبی ۳۲ درصد از سهم کل رد پا و سهم رد پای آب سفید ۵۵ درصد از سهم کل رد پای آب در تولیدات استان قم را شامل می‌شود. با توجه به شکل ۳، حدود ۹۷ درصد از سهم رد پای آب در تولیدات استان با دو جزء سفید و آبی تأمین می‌شود و با توجه به سیاست کاهش سهم آب کشاورزی از منابع آب سطحی، آب مورد نیاز در این بخش از منابع آب‌های زیرزمینی تأمین می‌شود که درنهایت، سبب برداشت بی‌رویهٔ آب از منابع زیرزمینی و کاهش سطح آب می‌شود.



شکل ۲. نمودار سهم اجزای رد پای آب به تفکیک محصولات زراعی استان قم (میانگین ۱۰ ساله)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳. نمودار سهم اجزای رد پای آب در کل محصولات زراعی استان قم (میانگین ۱۰ ساله)

رد پای اقتصادی در تولید محصولات زراعی استان قم

جدول ۲ میانگین ۱۰ ساله سود خالص برحسب میلیون ریال بر تن و رد پای اقتصادی را بر حسب مترمکعب بر میلیون ریال نشان می‌دهد. محصولات آبی با توجه به اینکه رد پای کمتر آب برای یک میلیون ریال سود خالص را دارند، اما بیشترین رد پای آب در آنها مربوط به رد پای آب سفید و آبی است. به‌بیان دیگر، برای یک میلیون ریال سود خالص از محصولات آبی به حجم بیشتری از منابع آب سطحی و زیرزمینی نسبت به آب باران احتیاج است، در صورتی که در محصولات دیم فشار زیادی به منابع آب وارد نمی‌شود. با توجه به این موضوع که استان قم میانگین بارش بسیار کمی دارد، بیشتر محصولات زراعی استان به‌صورت فاریاب کشت می‌شوند و در نتیجه، فشار بسیار زیادی به منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی وارد می‌شود. با توجه به جدول ۲ محصول پنبه بیشترین میزان سود خالص در بین محصولات را دارد. محصول ذرت نیز کمترین مقادیر سود خالص و رد پای اقتصادی در بین سایر محصولات را دارد. برای درک بهتر از رابطهٔ بین رد پای فیزیکی و اقتصادی محصولات زراعی استان قم در میانگین ۱۰ ساله از تحلیل خوشه‌ای[1] نرم‌افزار SPSS استفاده شد. شکل ۴ ارتباط بین رد پای فیزیکی و اقتصادی را در محصولات مختلف نشان می‌دهد.

مطابق شکل ۴ و با توجه به خروجی نرم‌افزار SPSS داده‌های متجانس و یک‌شکل مشخص می‌شوند و در یک دسته قرار می‌گیرند. نتایج به‌دست‌آمده از تحلیل خوشه‌ای نشان می‌دهد محصولات در ۳ خوشه طبقه‌بندی شده‌اند. محصول پنبه بیشترین رد پای فیزیکی و اقتصادی در میان سایر محصولات زراعی را داشت و اختلاف زیادی بین رد پای فیزیکی و اقتصادی آن با سایر محصولات زراعی مهم وجود دارد، علت زیاد بودن رد پای فیزیکی در محصول پنبه را می‌توان کم بودن راندمان سامانهٔ آبیاری محصول و افزایش شدید رد پای آب سفید و نیاز آبی زیاد که سبب افزایش رد پای آب آبی می‌شود، توجیه کرد.

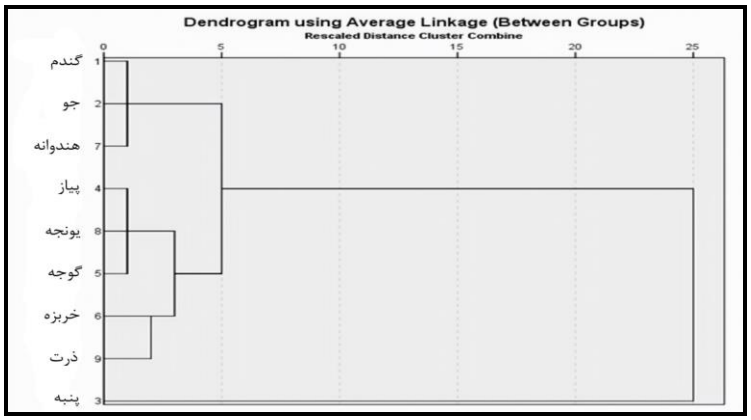
جدول ۲. میانگین ۱۰ سالهٔ رد پای اقتصادی محصولات زراعی استان قم (۱۳۸۵-۱۳۹۵)

محصول	سود خالص MillionR/ton	مجموع رد پای اقتصادی m^3/MillionR
گندم	۵/۳	۵۰۹/۴۳
جو	۵/۷	۴۳۵
پنبه	۹/۷	۱۰۵۹
پیاز	۴	۳۶۵/۷۵
گوجه‌فرنگی	۱/۸	۷۳۸
خربزه	۲	۴۵۰
هندوانه	۴	۶۰۴/۷۵
یونجه	۴	۴۲۰/۷۵
ذرت	۱/۲	۳۴۶/۶۶

1. Cluster Analysis

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. تحلیل خوشه‌ای رد پای فیزیکی و اقتصادی محصولات زراعی

تجارت آب مجازی محصولات زراعی مهم استان قم

برای مشخص شدن وضعیت تجارت آب مجازی استان باید میزان تولیدات استان و مازاد تولید برای صادرات مشخص شود. از آنجا که استان قم بیشتر واردکنندهٔ محصولات کشاورزی است، بنابراین تراز تجارت آن منفی است و این منطقه از لحاظ تجارت آب مجازی وابسته به واردات است. در جدول ۳ میزان تولید محصولات و نیاز کل استان با توجه به جمعیت آورده شده است. گندم درون استان با مصرف آب ۹۷ میلیون مترمکعب در سال و درآمد اقتصاد ۱۶۹/۶ میلیارد ریال تولید می‌شود. برای برطرف کردن نیاز جمعیت درون استان گندم وارد می‌شد، در صورتی که کل گندم مورد نیاز درون استان حدود ۵۷۲ میلیون مترمکعب در سال آب مصرفی و ۱۰۰۵ میلیارد ریال درآمد اقتصادی داشت. محصول جو با صادرات از استان معادل ۱۹۱/۵ میلیون متر مکعب آب مجازی را از استان خارج می‌کند و درآمد اقتصادی حاصل از صادرات این محصول ۳۷۷ میلیارد ریال است. محصول پنبه با صادرات ۵۳۷۵ تن حجم آب مجازی معادل ۵۸/۹۱ میلیون مترمکعب آب را از استان خارج کرده است و درآمد اقتصادی ۵۲ میلیارد ریال دارد. پیاز، گوجه‌فرنگی، خربزه و هندوانه نیز با توجه به میزان تولید، جواب‌گوی نیاز درون استان نیستند و با واردات این دو محصول، نیاز استان مرتفع می‌شود. محصولات یونجه و ذرت نیز به‌دلیل وجود نیاز دام به خوراک، درون استان به مصرف می‌رسد. استان قم با صادرات پنبه و جو ۲۵۰/۴۱ میلیون مترمکعب آب مجازی را از استان خارج کرده و درآمد اقتصادی حاصل از صادرات این دو محصول مبلغ ۴۲۹ میلیارد ریال است. واردات استان معادل ۶۸۳ میلیون مترمکعب در سال است.

جدول ۳. وضعیت تراز تجارت استان، جمعیت ۱۲۰۰۰۰۰نفر

محصول	تولید ton	صادرات ton	واردات ton	سرانهٔ مصرف ton	نیاز استان ton	کل آب مصرفی استان (MCM)	کل درآمد اقتصادی درون استان (میلیارد ریال)	کل آب مورد نیاز برای تأمین نیاز استان(MCM)	کل درآمد اقتصادی در صورت تأمین نیاز استان (میلیارد ریال)
گندم	۳۲۰۰۰	-	۱۵۷۶۰۰	۰/۱۵۸	۱۸۹۶۰۰	۹۷	۱۶۹/۶	۵۷۲	۱۰۰۵
جو	۶۷۰۰۰	۶۶۴۴۸	-	۰/۰۰۰۴۶	۵۵۲	۱/۵۹	۳۷/۹۸	۱۹۳/۰۹	۳/۱۲
پنبه	۶۵۷۵	۵۳۷۵	-	۰/۰۰۱	۱۲۰۰	۱۳/۱۵	۶۳/۷۷	۶۰/۰۶	۱۱/۶۴
پیاز	۴۳۸	-	۲۶۵۶۲	۰/۰۲۲	۲۷۰۰۰	۰/۶۴	۱/۷۵	۳۹/۵۰	۱۰۸
گوجه‌فرنگی	۶۶۷	-	۵۹۳۳۳	۰/۰۵	۶۰۰۰۰	۱/۰۱	۱/۲۰	۹۱/۵	۱۰۸
خربزه	۴۷۵۰	-	۱۴۴۵۰	۰/۰۱۶	۱۹۲۰۰	۴/۵۶	۹/۵	۱۸/۴۳	۳۸/۴
هندوانه	۲۰۷۶	-	۳۳۹۲۴	۰/۰۳	۳۶۰۰۰	۴/۱۲	۸/۳۰	۷۱/۵۶	۱۴۴
یونجه	۷۵۱۸۴	-	-	مصارف دام	-	۱۲۷	۳۰۰/۷۳	-	-
ذرت	۳۵۱۰۶	-	-	استان	-	۱۴/۶	۴۲/۱۲۷	-	-

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی وضعیت استان قم از نظر منابع آب

بـه منظـور درک بهتـر وضـعیت آب مصـرفی در بخـش کشاورزی استان قم، شاخص‌های آب در بخـش کشـاورزی تخمین زده شد. با توجه به بیلان آب استان قم، کل منـابع آب قابل دسترس در استان قم ۲۹۲۴/۴۴MCM است کـه ۹۰ درصـد آن بـه مصـارف کشـاورزی اسـتان قـم مربـوط می‌شود [۴]. با توجه به محاسبات انجـام‌شـده، اسـتان قـم شاخص کم‌آبـی ۳۳ درصـد و شـاخص شـدت مصـرف ۳۰ درصد دارد. با توجه به اینکه اگر شاخص کـم‌آبـی بـیش از ۴۰ درصد باشد، نشان‌دهندۀ کمبـود شـدید منـابع آبـی و شدت مصـرف آب زیـاد اسـت [۲۲ و ۲۳]، بنـابراین بـرای کاهش فشار واردشده به منابع آبـی اسـتان بایـد از کشـت محصولات آب‌بر که صرفۀ اقتصادی ندارند، جلوگیری کرد. همچنین، از آنجا که محصولات کشت‌شده در استان بیشتر با آب آبـی تولیـد مـی‌شـوند و میـزان آب سـبز در تولیـد گیاهان بسیار ناچیز است، توصیه می‌شود کشت محصولات با آب مجازی زیاد و بهره‌وری کم صورت نگیرد و با واردات این محصولات نیاز استان تأمین شود. برای مثال، محصـول پنبه با داشتن بیشترین رد پای آب به میزان ۱۰۹۶۰ متـر مکعب بر تن، جزء محصولات آب‌بر است که با صادرات این محصول، ۵۸/۹۱ میلیون مترمکعب آب نیز از استان خـارج می‌شود. با توجه به کمبود منابع آب در استان قم، صادرات آب در بخش کشاورزی سبب تشدید فشار بر منابع آب‌های زیرزمینی و سطحی می‌شود. با توجه به اینکه نیـاز اسـتان به محصول پنبه بسیار کمتر از مقـدار صـادرات آن اسـت، توصیه می‌شود از کشت بیش از حد پنبه جلوگیری کرده و نیاز استان با واردات تأمین شود. در مقابل، ذرت با داشـتن کمترین رد پای آب به میزان ۴۱۶ مترمکعب بـر تـن بـین سایر محصولات بهره‌وری زیادی دارد و کشت آن در استان برای مرتفع کردن نیاز دام مناسب و به‌صرفه است.

بحث و نتیجه‌گیری

مفهوم رد پای آب مجازی در تولید محصـولات عمـدۀ هـر منطقه، سبب کاهش فشار واردشده و مدیریت هرچه بهتـر منابع آب می‌شود. برای برآورد دقیق‌تر از آب استفاده‌شـده در بخش کشاورزی استان قـم، اجـزای رد پـای آب (سـبز، آبی، خاکستری و سفید) برای نخسـتین‌بـار در اسـتان قـم مورد توجه و مطالعه قرار گرفت. مجموع سهم رد پـای آب سفید و خاکستری در اسـتان قـم براسـاس نتـایج تحقیـق نشان می‌دهد استان قم پتانسیل بسیار کمی در استفاده از آب سبز دارد، که این امر خود نشان‌دهندۀ کمبود بارش در ایـن منطقـه اسـت. در مقابـل، رد پـای آب سـفید در محصولات آبی بسیار زیاد است و حدود ۵۰ درصد از حجم رد پای فیزیکـی آب را بـه خـود اختصـاص داده اسـت. در کشت فاریاب می‌توان رد پای خاکستری را نادیده گرفـت و مصرف کودهای ازته را با رد پای آب سـفید انجـام داد. در استان قم سطح زیر کشت دیم به‌دلیل ناچیز بودن آن قابل چشم‌پوشی اسـت. کـم بـودن میـزان بهـره‌وری از آبیـاری محصولات زراعی می‌تواند دلیل قابـل قبـولی بـرای اتـلاف بیش از حد آب و زیاد شدن رد پای آب سفید باشد، که بـا تغییر در تاریخ کاشت، عمق کاشت و شخم بهبود می‌یابـد. همچنین، اجرای آبیاری تحت فشار نظیر آبیـاری قطـره‌ای در باغ‌های میوه و آبیاری بارانی در کشت محصولات زراعی سـبب کـاهش مصـرف آب و بـالا بـردن رانـدمان آبیـاری می‌شود، بنابراین برنامه‌ریزی‌ها باید به صورتی باشد که هم بتوان محدودیت‌های منابع آب را بررسی کرد و هـم اینکـه امنیت غذایی را در داخل استان تأمین کرد. حجم صادرات آب مجازی استان قم ۲۵۰/۴۱ میلیون مترمکعب در سـال است که با حذف صادرات آب مجازی، حدود ۴۲۹ میلیـارد ریال از درآمد اقتصادی استان کـاهش مـی‌یابـد. بنـابراین، کاهش سطح زیر کشت فعلی و کاهش صادرات محصـولات پنبه و جو سبب ذخیرۀ منابع آب استان می‌شود. از طرفی، می‌توان سطح زیر کشت این دو محصول را در حـد تـأمین نیـاز اسـتان حفـظ کـرد و مـازاد آن را بـه کشـت سـایر محصولات زراعی مورد نیاز اسـتان اختصـاص داد. کـل آب مجازی مصرف‌شـده در اسـتان معـادل ۲۵۱/۶۷۹ میلیـون مترمکعب در سال است که با توجه به تولیـد و سـطح زیـر کشت محدود استان، قابل توجیه اسـت. درآمـد حاصـل از تولیدات اسـتان معـادل ۹۳۹/۹۶ میلیـارد ریـال اسـت. در نهایت، برای ارزیابی بهتر وضعیت منابع آبـی اسـتان قـم از دو شاخص معمول مدیریت منابع آب استفاده شـد، اسـتان قم با شاخص کم‌آبی ۳۳ درصد در آستانۀ کم‌آبی قرار دارد. همچنین، شـاخص شـدت مصـرف آب در ایـن اسـتان ۳۰ درصد است که مصرف زیاد و اتلاف آب را نشان مـی‌دهـد. با توجه بـه ایـن موضـوع کـه بـیلان منفـی آب در بیشـتر آبخوان‌هـای اسـتان قـم وجـود دارد، مـی‌تـوان بـر اسـاس

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعـــات آب مجـــازی و ارزش‌گـــذاری اقتصـــادی آب، محصولات دارای آب مجازی زیاد را به استان وارد کـرده و صادرات محصولاتی با آب مجازی کم را محدود کرد تـا بـه مدیریت هرچه بهتر منابع آب کمک شود. به همین منظور، باید موازنهٔ بین صادرات و واردات محصولات را بـا در نظـر گرفتن منافع اقتصادی و زیست‌محیطی دنبال کـرد. انجـام پژوهش حاضر در سطح کشور و در تمام استان‌هایی کـه از لحاظ منابع آب محدودند، می‌تواند کمک شایان توجهی به منظور کنترل و مدیریت پایدار منـابع آبـی و دسـتیابی بـه الگوی کشت بهینه کند.

تشکر و قدردانی

بـه ایـن‌وسـیله از ریاسـت محتـرم ادارهٔ تعـاون روسـتایی شهرستان قم که جمع‌آوری اطلاعـات مـورد نیـاز پـژوهش حاضر با حمایت و پشتیبانی آن صورت گرفته است، تشـکر و قدردانی می‌شود.

منابع

[1].Liu J, Williams J R, Zehnder A J B, Yang H. GEPIC-Modeling Wheat yield and CropWater Productivity with High Resolution on a Global scale. Agricultural System. 2007;94:478-493.

[2]. Allan J A.Virtual Water-the Water, Food, and Trade Nexus: Useful Concept or Misleading Metaphor. Water international. 1997;28(1):106-113.

[3].Turton A R. Precipitation ,People ,Pipelines and Power: Towards a Virtual Water Based Political Ecology Discourse. MEWREW Occasional Paper. Water Issues Study Group. School of Oriental and African Studies (SOAS). University of London. 2000.

[4].Ministry of Energy, Qom Regional Water Company. Face to Face Talks. 2019. *[Persian]*

[5].Ababaei B, and Ramezani Etedali H. Estimation of Water Footprint Components of Iran's Wheat Production: Comparison of Global and National Scale Estimates. J. Environ. Process. 2014;1:193-205. *[Persian]*

[6].Pahlow M, Snowball J, Fraser G. Water Footprint Assessment to Inform Water Management and Policy Making in South Africa. Water SA. 2015;41(3):301-305.

[7].Wang Y D, Leeb J S, Agbemabiesea L, Zamea K, Kang S. Virtual Water Management and Water Energy Nexus: A Case Study of three Mid-Atlantic. Resources, Conservation and Recycling. 2015;98(3):76-84.

[8].Schyns J F, Hamaideh A, Hoekstra A Y, Mekonnen M M, Schyns M. Mitigating the Risk of Extreme Water Scarcity and Dependency: the Case of Jordan. Water. 2015;7:5705-5730.

[9].Zhau L, Mekonnen M M, Hoekstra A Y, Wada Y. Inter- and Intra-Annual Variation of Water Footprint of Crops and Blue Water Scarcity in the Yellow River Basin (1961-2009). Advances in water resources. 2016;87:29-41.

[10]. Dehghanpir Sh, Bazrafshan O B, Helisaz A. Estimation and Evaluation of Blue and Green Water Footprints of major Crops in Roudan in Hormozgan. Iranian Water and Wastewater Sconce and Engineering Congress. University of Tehran. 2016. *[Persian]*

[11]. Ramezani Etedali H, Ababaei B. Estimation of Water Footprint Components in Provincial and National Scale Barely Production. Journal of Water Research in Agricultural. 2016;30(3):431-443. *[Persian]*

[12]. Ramezani Etedali H, Shokoohi A, Mojtabavi S A. 2017. Utilizing the Concept of Virtual Water Footprint in the Production of Original Products to Cross the Water Crisis in Qazvin. Journal of Water and Soil. 2017;31(2):422-433. *[Persian]*

[13]. Babazadeh H, Sarai Tabrizi M. Evaluation of Hormozgan Agricultural Status from Virtual Water Perspective. Water Research in Agricultural. 2012;26(4).

[14]. Kirby T. Water Accounting in Australia. Chartered Accounting Journal. July 2011;38-40.

[15]. Zhang G P, Hoekstra A Y, Mathew R E. Water Footprint Assessment (WFA) for Better Water Governance and Sustainable Development. Journal of Water Resources and Industry. 2013;1-2:1-6.

[16]. Shokoohi A, Ramezani Etedali H, Mojtabavi S A, Singh V P. Using Water Footprint Accounting for Optimizing Crop Patterns in Sustainable Development Scheme, Case Study: (Qazvin plain). Journal of Iranian Water Resources Research. 2016;Vol 12. *[Persian]*

[17]. Mekonnen M M, Hoekstra A Y. A Global and High-Resolution Assessment of the Green, Blue and Gray Water Footprint of Wheat. Hydrology and Earth System Scinces. 2010;14:1259-1276.

[18]. Ababaei B, Ramezani Etedali H. Estimation of Water Footprint Components of Iran's Wheat Production: Comparison of Global and National Scale Estimates. J. Environ. Process. 2014;1:193-205. *[Persian]*

www.SID.ir

Archive of SID

[19]. Qom Agricultural of Jahad Organization, Face to Face Talks. 2019. *[Persian]*

[20]. Ehsani M, Khaledi H, Barghi Y. Introduction to Virtual Water. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage (IRNCID). 2009;112. *[Persian]*

[21]. Agricultural Jihad Ministry. http://www.maj.ir. 2019. *[Persian]*

[22]. Hanaski N, Inuzuka T, Kanae S, Oki T. An Estimation of Global Virtual Water Flow and Source of Water withdrawal for Major Crops and Livestock Products Using a Global Hydrological Model. Hydrology Journal. 2010;348:232-244.

[23]. Arabi Yazdi A, Alizadeh A, Mohammadian F. Study on Ecological Water Footprint in Agricultural Section of Iran. Journal of Water and Soil. 2009;23(4):1-15. *[Persian]*

www.SID.ir