تحقیقات مهندسی سازه‌های آبیاری و زهکشی/جلد ۲۲/ شماره ۸۴/ پاییز ۱۴۰۰/ص ۱۲۰-۱۰۵

نوع مقاله: علمی – پژوهشی

برآورد مقدار آب مجازی برخی محصولات دامی (شیر و گوشت) در استان خراسان رضوی

عفت محمدی[۱]، ام‌البنی محمدرضاپور[۲*]، پرویز حقیقت جو[۳] و سید ابوالقاسم حقایقی مقدم[۴]

۱ و ۳- به ترتیب: دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آب؛ و دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲- دانشیار گروه مهندسی آب- دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۴- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۴/۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۲۸

چکیده

محدودیت منابع آبی در کشورهای خشک و نیمه خشک سبب شده تا محققان برای استفاده بهینه از این منابع در تولیدات دامی به محاسبه آب مجازی محصولات روی آورند. آب مجازی مصرف شده از منابع آبی در تولیدات دامی به مراتب بیشتر است تا در محصولات زراعی. با رشد روز افزون جمعیت در سراسر جهان نیاز به تولیدات غذایی کشاورزی و دامی بیشتر می‌شود. با ازدیاد تولیدات دامی فشار بر منابع آبی افزایش می‌یابد. بنابراین محاسبهٔ دقیق مقدار آب مجازی محصولات دامی هرچند دشوار اما بسیار با اهمیت است. این پژوهش با هدف برآورد مقدار آب مجازی شیر و گوشت سه نوع گاو شیری (اصیل، بومی و دورگ) در ۲۸ شهرستان استان خراسان رضوی به‌اجرا درآمد. نیاز آبی خوراک دام با نرم‌افزار CROPWAT، برآورد گردید. نتایج نشان دادند بیشترین مقدار آب مجازی شیر در گناباد برای گاو اصیل ۱۲٦٤ m^3/ton ، گاو بومی ۹۱٤ m^3/ton ، گاو دورگ ۱۵۹۰ m^3/ton و کمترین میزان برای گاو اصیل ۳۷۰ m^3/ton، گاو بومی ۳۰۹ m^3/ton در مشهد و گاو دورگ در قوچان ٤٦۰ m^3/ton است. بیشترین مقدار آب مجازی گوشت برای گاو اصیل ۰ m^3/ton، گاو دورگ ۲٦۳۲ m^3/ton در گناباد و گاو بومی در بجستان ۲٦۳۲۰ m^3/ton و کمترین مقدار برای گاو اصیل ۹۲۳۲ m^3/ton، گاو بومی ۱۰۳۵۲ m^3/ton در مشهد و گاو دورگ در قوچان ۱۷٦۲۳ m^3/ton برآورد شد. آب مجازی شیر و گوشت در گناباد بالاترین میزان و برای شهرستان‌های مشهد و قوچان کمترین مقدار محاسبه گردید. توصیه می‌شود دام شیری در مشهد بیشتر پرورش یابد و در تولید و توسعهٔ محصولات دامی در گناباد بازنگری شود.

واژه‌های کلیدی

آب مجازی، استان خراسان رضوی، خوراک دام، شیر و گوشت، CROPWAT

مقدمه

آب مجازی آبی است که کالا یا فرآورده‌ای کشاورزی طی فرآیند تولید مصرف می‌کند تا به مرحلهٔ تکامل برسد و مقدار آب مجازی برابر است با جمع کل آب مصرفی مختلف زنجیره تولید از آغاز تا پایان محصولات زراعی یا صنعتی (Mehdi Zadeh,

* نگارنده مسئول: Email: mohammadrezapour@gau.ac.ir

http://doi: 10.22092/idser.2021.354993.1476

2014; Mohammadi, 2012; Agahi *et al.*, 2011; Mousavi *et al.*, 2009; Mokhtari, 2013) . آب مجازی، به صورت یک شاخص، آسیب‌های زیست محیطی تولید محصولی خاص را تخمین می‌زند. در واقع مقدار آب مجازی هر محصول تاثیر مصرف این محصول در محیط زیست را بیان می‌کند (Starr & Levison, 2014; Bulsink, *et al.*, 2010; Yoo, *et al.*, 2009; Hoekstra & Chapagain, 2007) .در مطالعات مربوط به منابع آب، با توجه به کمبود آب و خشکی مناطق، برآورد آب مجازی اهمیت ویژه‌ای دارد. دامداری از ارکان محوری بخش کشاورزی در توسعهٔ اقتصادی کشور و از صنایع پرمصرف آب به شمار می‌رود. از یک سو افزایش جمعیت و نیاز روز افزون کشور به غذای مناسب و از سوی دیگر منابع آبی محدود در دسترس برای تولید غذا سبب شده تا ذهن محققان و دانشمندان به سمت و سوی افزایش بهره‌وری آب و کاهش آب مجازی در بخش‌های مختلف کشاورزی و دامداری معطوف گردد. در فرایند تولیدات دامی، تحلیل آب مجازی نقش بسزایی در تعیین سیاست‌های مدیریتی و محدودیت منابع آب دارد.

مدنی (Madani, 2014) با بررسی مدیریت آب در ایران می‌گوید براساس گزارش سازمان ملل در آینده حدود ۳۱ کشور در جهان با کمبود آب مواجه خواهند شد. تا سال ۲۰۲۵ بیش از ۶۷ درصدجمعیت جهان در شرایط کمیابی آب قرار می‌گیرند. متوسط بارش در ایران ۲۵۰ میلی لیتر و کمتر از یک سوم میانگین بارش سالانه جهانی است. در نتیجه، ایران جزو کشورهای خشک و نیمه خشک قرار می‌گیرد. هوکسترا (Hoekstra, 2012) با بررسی منابع آب پنهان در گوشت و لبنیات می‌گوید مصرف محصولات دامی بیش از یک چهارم ردپای آب در زندگی انسان‌ها را شامل می‌شود. آب مورد نیاز برای تولید غذا یکی از فاکتورهای مهم ردپای آب محصولات دامی است، براین اساس بررسی ترکیبات مختلف غذایی و مواد خوراکی برای یافتن راه‌هایی برای کاهش آب مصرفی در گوشت و لبنیات ضروری است. رفیعی و همکاران (Rafiee *et al.*, 2012) با بررسی بهره‌وری کل عوامل تولید و محاسبهٔ کارایی و بازدهی مقیاس در گاوداری‌های صنعتی تولیدکنندهٔ شیراستان گیلان گزارش می دهند که با توجه به سهم بالای هزینهٔ خوراک دام، یک درصد بهبود بهره‌وری در خوراک دام منجر به بهبود ۰/۶۹۱ درصد در بهره‌وری کل عوامل تولید خواهد شد. شکوهی (Shokoohi, 2019) با بررسی اثر تغییر اقلیم بر کارایی هزینهٔ گاوداری‌های شیری در ایران می‌گوید که دام‌های شیری نسبت به تنش‌های گرمایی ایجاد شده در نتیجهٔ تغییرات آب و هوایی، بسیار حساس هستند و این مسئله مستقیماً بر کارایی و سود آوری این واحدها اثرگذار است. این پژوهشگر با استفاده از اطلاعات ۱۱ منطقهٔ پر تولید کشور در سال‌های ۱۳۶۸، ۱۳۷۲، ۱۳۷۹، ۱۳۸۶، ۱۳۹۲، ۱۳۹۵ تابع هزینهٔ مرزی تصادفی در فرم ترانسلوگ را با لحاظ کردن شاخص دما -رطوبت، به عنوان شاخصی از تغییرات اقلیمی، برآورد کرد. نتایج تحقیق نشان داد لازم است در سیاست اصلاح نژاد تنها به انتخاب ژنتیکی برای افزایش تولید شیر توجه نشود، بلکه سازگاری آن با شرایط اقلیمی نیز مدنظر قرار گیرد.

برینددها (Brindha, 2017) جریان‌های آب مجازی بین المللی محصولات کشاورزی و دامی هند را از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۳(۲۸ سال) تجزیه و تحلیل کرد و نشان داد که هند صادرکنندهٔ عمده ای است. ردپای آب هند طی ۲۸ سال ۱/۳ برابر شده است.

برای هند بسیار مهم است که خود را با فناوری‌های جدید کشاورزی سایر کشورها، که آب کمتری برای تولید محصولات زراعی و دامی مصرف می‌کنند، انطباق دهد. این محقق در سال ۲۰۱۹ و در تحقیقی دیگر با هدف کمی‌سازی صرفه‌جویی در مصرف آب و تلفات آب ناشی از واردات توسط کشور هند، آب مجازی ۲۰۳ محصول در همان بازه زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۳ را در هند مورد بررسی قرار داد. نتایج تحقیق نشان داد تغییر در سیاست‌ها و استراتژی‌های جدید مدیریتی باید در کل کشور و در کل زنجیره تولید محصولات کشاورزی تصویب شود. با این همه، نیازهای خاص و تقاضای محصولات در ایالت‌های مختلف در نظر گرفته شود. فقط این روش می‌تواند بهترین استفاده را از آب مجازی وارد شده از کشورهای دیگر تضمین و منابع آب داخلی کشور هند را ذخیره کند. چودهاری و همکاران (Chowdhury *et al.*, 2017) با تجزیه و تحلیل و ارزیابی کمیت و روند تقاضای آب برای تولیدات دامی در عربستان سعودی نشان دادند کل مقدار آب مجازی برای تولید دام ۱۰/۶ و ۸/۹ میلیارد متر مکعب به ترتیب در سال ۲۰۰۶ و ۲۰۱۰ بوده است. تغییر رژیم غذایی از گوشت با مقدار آب مجازی بالا به گوشت با مقدار آب مجازی کم ممکن است مقدار آب مجازی کلی تولید دام را کاهش دهد. با این حال، معادل بودن پروتئین و انرژی برای هر تغییر رژیم غذایی باید بررسی شود. یافته‌های آن‌ها ارزش مقدار آب مجازی را در درک الگوی مصرف آب در دامداری و شناسایی روش‌های افزایش کارایی آن برای صرفه‌جویی در مصرف آب از طریق تخصیص مناسب دامداری‌ها در مناطق مختلف و کنترل نسبت به تولید حیوانات با مقدار آب مجازی بالا به عنوان بخشی جدایی ناپذیر یک استراتژی جامع مدیریت آب کشاورزی برجسته می کند. ایبیدهی و سالم (Ibidhi & Salem, 2020) ردپای آب محصولات دامی و سیستم‌های تولید را در ۴۲ مقالهٔ منتشر شده در مجلات بین المللی بین سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ توضیح دادندکه شامل WF[1] تولید لبنیات، گوشت و تخم مرغ بود. این دو محقق برای بررسی آن‌ها از ارزیابی چرخهٔ زندگی و روش شبکه WF استفاده کردند. تغییر ردپای آب در میان محصولات مختلف دامی با تفاوت نسبت تبدیل خوراک توضیح داده می شود. برآورد ردپای آب تولیدات دامی و تجزیه و تحلیل اقتصادی استفاده از آب در مراحل مختلف تولید به کشاورزان و سایر ذی‌نفعان کمک می کند تا بیشترین فعالیت‌ها را از نظر استفاده از آب شناسایی کنند و استراتژی‌هایی را برای بهبود کارایی استفاده از آب به کار گیرند. بنابراین ، تولید خوراک به عنوان بزرگترین عامل ردپای آب در تولید دام مشخص شد. گزینه‌های کاهش WF تولید دام شامل استفاده از خوراک‌هایی با ردپای آب پایین، آبیاری کارآمدتر محصولات مورد استفاده برای خوراک دام و کاهش مصرف پروتئین منبع حیوانی در رژیم‌های غذایی انسان از طریق جایگزینی با پروتئین‌های گیاهی است.

هوکسترا و چاپاگین (Hoekstra & Chapagin, 2007) متوسط مقدار جهانی آب مجازی یک لیوان شیر (۲۰۰ میلی‌لیتری) را ۲۰۰ لیتر محاسبه کردند.

منابع آب قابل دسترس کشور در حال کاهش است. آب مجازی به عنوان راهکاری برای مدیریت و مصرف بهینه منابع آب از سوی محققان مطرح

1- Water footprint

می‌گردد. مطالعات برآورد آب مجازی در هر منطقه از کشور امری ضروری است. طبق گزارش‌های مرکز آمار ایران از دامداری‌های کشور در سال ۱۳۹۶ و گاوداری‌های صنعتی در سال ۱۳۹۸، امروزه بیش از ۸۳ درصد کل شیر تولیدی کشور مربوط به صنعت گاوداری است. شصت و پنج درصد از گاوداری‌های فعال صنعتی از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸، شیری هستند. با توجه به گزارش‌های مرکز آمار ایران، از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۷ تولید شیر در گاوداری‌های صنعتی ۱/۸ میلیون تن افزایش داشته است. در سال ۱۳۹۷ از ۱۴۰۱۸ گاوداری فعال شیری به میزان ۵ میلیون تن شیر تولید شده است. میزان تولید شیر در کشور از سال ۱۳۶۷ تا ۱۳۹۷ به میزان ۴/۶ میلیون تن افزایش یافته است. کشور هند با ۲۱ درصد از تولید جهانی شیر بزرگ‌ترین تولیدکنندهٔ شیر در جهان است. سهم کشور ایران در سال ۲۰۱۸ حدود یک درصد از کل تولید شیر در جهان بوده است. روند رو به رشد تقاضا برای محصولات دامی در کشورهای در حال توسعه متاثر از رشد جمعیت است. از آنجایی‌که فرآورده‌های دامی بسیار آب‌بر هستند توجه به تاثیر بخش دام و محصولات دامی بر تقاضای محلی منابع آب شیرین ضرورت می‌یابد. طبق آمارنامه کشاورزی جمعیت گاو و گوساله اصیل کشور از ۱۲۰۲هزار رأس در سال ۱۳۹۷به ۱۲۶۳ هزار رأس در سال ۱۳۹۸ رسیده و ۴/۹ درصد رشد داشته است .جمعیت گاو و گوساله دو رگ کشور از ۴۶۱۶ هزار رأس در سال ۱۳۹۷ به ۴۷۵۰ هزار رأس در سال ۱۳۹۸ رسیده و ۲/۹ درصد رشد داشته است. جمعیت گاو و گوساله بومی کشور از ۲۲۷۱ هزار رأس در سال ۱۳۹۷ به ۲۰۴۴ هزار رأس در سال ۱۳۹۸ رسیده و ۱۰ درصد کاهش داشته است (Ahmadi *et al*, 2020). میزان تولید گوشت قرمز در استان خراسان رضوی در سال ۹۸، ۷۵/۰۴ هزار تن و در جایگاه نخست کشور است. میزان تولید شیر نیز در همین سال (۱۳۹۸) در این استان ۱۰۶۶/۳ هزار تن است و در جایگاه سوم پس از شهرستان‌های اصفهان و تهران قرار می‌گیرد. این حجم از تولیدات دامی استان ارتباط مستقیمی با مصرف منابع آبی استان دارد. محاسبات آب مجازی محصولات دامی در جهت اخذ تصمیمات مدیریتی مناسب در راستای ارائهٔ سناریوهای امنیت غذایی و حفظ منابع آبی محلی و منطقه‌ای اهمیت ویژه‌ای دارد و تا کنون تحقیق مشابهی در استان خراسان رضوی صورت نگرفته است. هدف این پژوهش بررسی و برآورد مقدار آب مجازی شیر گاوهای اصیل، دورگ و بومی در تمامی شهرستان‌های استان خراسان رضوی است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعاتی

استان خراسان‌رضوی در شمال شرقی ایران به مرکزیّت مشهد با وسعت ۱۱۸۱۵۴ کیلومتر مربع و چهارمین استان پهناور کشور است.

داده‌ها و اطلاعات

در این تحقیق مقدار آب مجازی محصولات دامی استان خراسان رضوی محاسبه گردید. داده‌های مربوط به خوراک دام و نیاز آبی خوراک مصرفی گاوهای اصیل، بومی و دورگ برای سه سال متوالی ۱۳۹۴، ۱۳۹۵و ۱۳۹۶ از تمامی دامداری‌های صنعتی و غیر صنعتی ۲۸ شهرستان استان خراسان رضوی جمع‌آوری شد. مقدار خوراک مصرف شده در هر رده سنی دام‌های مورد نظر بر حسب $(^{kg}/_{year})$،

از معاونت امور دام سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی تهیه گردید. میزان تولید و سطح زیر کشت و عملکرد هر یک از محصولات مصرفی دام در هر شهرستان، خوراک دام، مقدار وزن دام‌ها پیش از کشتار و راندمان لاشه و گوشت هر نوع دام پس از کشتار، سن دام‌ها تا زمان کشتار، میانگین شیردهی سالانهٔ هرنوع دام، قیمت‌های گوشت و شیر، از سالنامه‌ها و آمار نامه‌های ارائه شده سازمان جهاد کشاورزی و اتحادیه دامداران استان خراسان رضوی گردآوری شد. نیاز آبی ترکیبات خوراک دام (شامل: یونجه، ذرت علوفه‌ای، کاه غلات، جو، تفاله چغندر، سبوس گندم، کنجاله پنبه، ذرت دانه‌ای) با استفاده از نرم افزار کراپ وات[1] محاسبه گردید.

در محاسبات ضریب ۰/۵ برای تبدیل از آب مجازی گندم و جو به کاه غلات، ۰/۲۲ از آب مجازی محصول چغندرقند به تفاله چغندر، ۰/۱۲۵ از آب مجازی گندم به سبوس گندم و ۰/۲۵ از آب مجازی دانه پنبه به کنجاله پنبه اختصاص یافت

نیاز آبی علوفه مراتع به روش محاسبه باران مؤثر محاسبه گردید. در ترکیب خوراک دام برای اوره و مکمل‌ها نیاز آبی و در نتیجه آب مجازی صفر در نظر گرفته شد. با توجه به اینکه نیاز آبی هر گیاه برابر است با نیاز آبیاری به‌علاوه بارندگی مؤثر، باران مؤثر هر شهر به روش فائو محاسبه شد. به این ترتیب که میزان باران سالانه هر شهر در ضریب ۰/۷۵ ضرب شد. عدد بدست آمده برابر SWD[2] (نیاز آبی گیاه) در نظر گرفته شد.

آب‌مجازی یک دام بر اساس رابطهٔ ۱ از سه جزء اصلی تشکیل شده است که در آن $VWC_{a,e}$[3] مقدار آب‌مجازی دام a در منطقه موردمطالعه e برحسب مترمکعب بر تن از وزن دام زنده و $VWC_{feed\ (a,e)}$[4]، $VWC_{serv\ (a,e)}$[5] و $VWC_{drink\ (a,e)}$[6] به‌ترتیب میزان آب‌مجازی خوراک دام، میزان آب مصرف شده برای نگهداری دام و میزان آب شرب مصرف شده توسط دام a برحسب مترمکعب بر تن از وزن دام زنده است.

$$VWC_{a,e} = VWC_{feed(a,e)} + VWC_{drink(a,e)} + VWC_{serv(a,e)} \qquad (۱)$$

آب‌مجازی خوراک دام زنده شامل دو جزء است: ۱- مقدار آب حقیقی مصرفی برای آماده‌سازی خوراک دام و ۲- آب‌مجازی مربوط به اجزای تشکیل‌دهندهٔ خوراک دام که از رابطهٔ ۲ محاسبه شد. در رابطهٔ ۲، $q_{mixing\ (e,a)}$[7] حجم آب موردنیاز برای ترکیب خوراک دام a برحسب مترمکعب بر روز و $C[e,a,c]$ مقدار خوراک مصرفی دام a که از گیاه c[8] تولید شده است. $Wa[e,a]$[9] وزن دام زنده a در منطقهٔ e در انتهای عمر خود و $SWD_{(e,\ c)}$[10] مقدار نیاز آبی ویژهٔ گیاه c برحسب مترمکعب بر تن که از رابطهٔ ۳ محاسبه گردید که $CWR[e,c]$[11] مقدار نیاز آبی گیاه c در منطقه e برحسب مترمکعب بر هکتار

1- CROPWAT
2- Specific water demand
3- Virtual water content of animal a in exporting country e
4- Virtual water contents from feeding
5- Virtual water contents from drinking
6- Virtual water contents from servicing
7- [1]The volume of water required for mixing the feed of animal *a* in exporting country *e*
8- The quantity of feed crop *c* consumed by animal *a* in exporting country *e*
9- The average live weight of animal *a* in exporting country *e*
10- The specific water demand of crop *c* in exporting country *e*
11- The crop water requirement of crop *c* in country *e*

و CY[e,c][1] عملکرد گیاه c برحسب تن بر هکتار. میزان مصرف آب شرب در دام‌ها از رابطهٔ ۴ محاسبه شد. در این رابطه، $q_{d[e,a]}$[2] مقدار آب مصرفی روزانهٔ دام a در منطقهٔ e برحسب مترمکعب بر روز است. میزان مصرف آب خدمات در دام‌ها از رابطهٔ ۵ محاسبه شد که در این رابطه، $q_{serv[e,a]}$[3] مقدار آب برای نگهداری روزانهٔ دام a در منطقهٔ e برحسب مترمکعب بر روز است (Chapagin & Hoekstra, 2003):

$$VWC_{feed(a,e)} = \frac{\int_{birth}^{slaughter}\left\{q_{mixing}(e,a) + \sum_{c=1}^{n_c} SWD(e,c)\times C[e,a,c]\right\}dt}{W_a[e,a]} \quad (۲)$$

$$SWD(e,c) = \frac{CWR[e,c]}{CY[e,c]} \quad (۳)$$

$$VWC_{drink\ [e,a]} = \frac{\int_{birth}^{slaughter} q_d[e,a]dt}{W_a[e,a]} \quad (۴)$$

$$VWC_{serv[e,a]} = \frac{\int_{birth}^{slaughter} q_{serv}[e,a]dt}{W_a[e,a]} \quad (۵)$$

آب مورد نیاز فرآیند تبدیل محصولات اولیه برحسب مترمکعب بر تن از دام زنده با استفاده از رابطهٔ ۶ به‌دست آمد، که PWR[e,a]۴ نیاز آبی فرآیند، زمانی که محصول پایه به محصول فراوری‌شده تبدیل می‌شود. (مترمکعب بر تن از دام زنده a برای فرآیند تبدیل محصولات اولیه در شهر e[5]. Qproc[e,a] مقدار حجم آب فرآیند تبدیل برحسب مترمکعب برای هر دام زنده a در شهر e است. حجم آب فرآیند تبدیل محصولات اولیه با توجه به رابطهٔ ۷ به آب‌مجازی دام زنده اضافه گردید، که در این رابطه vf[e,p][6] سهم ارزشی (نسبتی از ارزش بازاری محصول به مجموع ارزش بازاری تمام محصولات به‌دست‌آمده از محصول اولیه) است که خود از رابطه ۸ به‌دست آمد و v[p][7] ارزش بازاری محصول p و pf[e,p][8] سهم محصول تولیدی از محصول اولیه (دام زنده) است که خود از رابطهٔ ۹ محاسبه شد که در این رابطه، Wp[e,p][9] وزن محصول تولیدی به‌دست‌آمده از دام زنده a است (Chapagin & Hoekstra, 2003):

$$PWR_{[e,a]} = \frac{Q_{proc}[e,a]}{W_a[e,a]} \quad (۶)$$

$$VWC_p[e,p] = (VWC_a[e,a] + PWR[e,a]) \times \frac{vf[e,p]}{pf[e,p]} \quad (۷)$$

$$vf[e,p] = \left[\frac{v[p]\times pf[e,p]}{\sum(v[p]\times pf[e,p])}\right] \quad (۸)$$

$$pf[p,e] = \frac{W_p[e,p]}{W_a[e,a]} \quad (۹)$$

برای محاسبهٔ مقدارآب‌مجازی شیر تمامی مراحل بالا به ترتیب و تفکیک محاسبه شد.

نتایج و بحث

آب مجازی شیر و گوشت در سه نوع گاو اصیل، بومی و دورگ به دلیل تفاوت در نژاد، وزن دام، تعداد سال‌های شیردهی، مقدار شیردهی در کل عمر دام و ... کاملا متفاوت است. پیش از این اشاره شد که آب‌مجازی هر دام از سه جزء اصلی شامل میزان آب‌مجازی خوراک دام، میزان آب مصرف شده برای نگهداری دام و میزان آب شرب مصرف شده توسط دام تشکیل شده است. در این تحقیق مقدار آب مجازی موردنیاز شرب برای دام در سیستم صنعتی ۲۱۹ $\left(m^3/animal\right)$ و در سیستم چرایی

1- The crop yield
2- The daily drinking water requirement of animal *a* in exporting country *e*
3- The daily service water requirement
4- The processing water requirement per ton of live animal *a* for producing primary products in exporting country *e*
5- The volume of processing water in m3 per live animal *a* in exporting country *e*
6- The value fraction
7- The market value of product *p*
8- The product fraction
9- The weight of primary product *p* obtained from one live animal *a* in exporting country *e*

۱۲۳/۷ $\left(m^3/animal\right)$ در نظر گرفته شد. مقدار آب موردنیاز نگهداری و بهداشت برای سیستم صنعتی ۶۴/۲ $\left(m^3/animal\right)$ و در سیستم چرایی ۱۵/۷ $\left(m^3/animal\right)$ در نظر گرفته می شود (Chapagin & Hoekstra, 2003). اما عمده مقدار آب مجازی محصولات تولیدی گاوهای شیری ناشی از مقدار آب مجازی خوراک دام است. میانگین سه ساله (۹۴-۹۶) مقدار آب موردنیاز خوراک دام برای گاو اصیل، دورگ و بومی در شهرستان‌های استان خراسان رضوی به ترتیب برابر با ۶۰۲۷، ۲۷۷۹ و ۱۸۲۱ مترمکعب بر تن است (منبع: محاسبات تحقیق). جدول‌های شماره ۱، ۲ و ۳ مقدار آب مجازی شیر و گوشت گاوهای شیری اصیل، دورگ و بومی را نشان می‌دهند.

جدول۱-مقدار آب مجازی شیر و گوشت گاو اصیل شیری بر حسب متر مکعب بر تن

Table 1 Virtual water for milk and meat of pure dairy cow content in cubic meter per ton

آب مجازی گوشت گاو اصیل شیری Virtual water for meat of pure dairy cow			آب مجازی شیر گاو اصیل شیری Virtual water for milk of pure dairy cow			
2017	2016	2015	2017	2016	2015	
15644	17472	16989	752	701	720	باخرزBakharz
17613	17001	24875	846	682	1054	بجستان Bejestan
15987	18144	20125	768	728	853	Bardaskan بردسکن
13113	14389	16317	630	577	692	تایباد Taybad
12208	14187	14025	586	569	594	Firuzeh فیروزه
12429	15200	13302	597	610	564	Torbat-e Jam تربت جام
14413	15008	17045	692	602	722	Torbat-e Heydarieh تربت حیدریه
15875	16306	18603	763	654	789	Joghatai جغتای
15777	16040	15273	758	643	647	Jovein جوین
13517	12949	16299	649	519	691	Chenaran چناران
11346	17017	16848	545	683	714	Khalilabad خلیل آباد
18865	20879	20467	906	838	868	Khaf خواف
17283	22569	20183	830	905	856	Khushab خوشاب
10346	12224	13791	497	490	585	Dargaz درگز
16013	18830	18648	769	755	790	Roshtkhar رشتخوار
17217	16933	15094	827	679	640	Zaveh زاوه
18031	21121	23632	866	847	1002	Sabzevar سبزوار
15127	18809	18750	727	755	795	Sarakhs سرخس
15606	16770	19339	750	673	820	Saleh_abad صالح آباد
12013	13278	14496	577	533	614	Torqabeh -Shandiz طرقبه-شاندیز
12474	13365	15025	599	536	637	Fariman فریمان
13534	12584	12376	650	505	525	Quchan قوچان
16935	18679	18918	814	749	802	Kashmar کاشمر
12267	11966	12801	589	480	543	Kalat کلات
26320	21639	20865	1264	868	884	Gonabad گناباد
11120	9232	14938	534	370	633	Mashhad مشهد
13835	15967	15972	665	641	677	Mahvelat مه ولات
14446	15896	22930	694	638	972	Neyshabur نیشابور

جدول ۲- مقدار آب مجازی شیر و گوشت گاو دورگ شیری بر حسب متر مکعب بر تن

Table 2 - Virtual water for milk and meat of pure hybrid dairy cow content in cubic meter per ton

آب مجازی گوشت گاو دورگ شیری Virtual water for meat of pure hybrid dairy cow			آب مجازی شیر گاو دورگ شیری Virtual water for milk of pure hybrid dairy cow			
2017	2016	2015	2017	2016	2015	
16194	17965	18334	581	536	597	باخرزBakharz
18414	17780	26555	661	531	865	بجستان Bejestan
16328	18482	21384	586	552	697	Bardaskan بردسکن
13665	15071	18067	490	450	589	تایبادTaybad
12856	14694	15361	461	439	500	Firuzeh فیروزه
13074	16146	14285	469	482	465	Torbat-e Jam تربت جام
14898	15629	18790	535	467	612	Torbat-e Heydarieh تربت حیدریه
16096	16770	19586	578	501	638	Joghatai جغتای
15724	16271	16081	564	486	524	Jovein جوین
14400	13526	18137	517	404	591	Chenaran چناران
10958	17415	17931	393	520	584	Khalilabad خلیل آباد
19175	21214	21800	688	633	710	Khaf خواف
17653	22850	21574	633	682	703	Khushab خوشاب
10974	12845	15450	394	384	503	Dargaz درگز
16523	19378	20209	593	579	658	Roshtkhar رشتخوار
16145	17558	16543	579	524	539	Zaveh زاوه
18323	21397	24787	657	639	808	Sabzevar سبزوار
15599	19108	19278	560	571	628	Sarakhs سرخس
16408	17317	20338	589	517	663	Saleh_abad صالح آباد
12698	13943	15627	456	416	509	Torqabeh - Shandiz طرقبه-شاندیز
12988	13921	16463	466	416	536	Fariman فریمان
13893	13235	13815	499	395	450	Quchan قوچان
17551	19232	20701	630	574	674	Kashmar کاشمر
12529	12568	13945	450	375	454	Kalat کلات
25460	22038	22788	914	658	742	Gonabad گناباد
11704	10352	16627	420	309	542	Mashhad مشهد
14288	16602	17040	513	496	555	Mahvelat مه ولات
15011	16437	24153	539	491	787	Neyshabur نیشابور

جدول ۳- مقدار آب مجازی شیر و گوشت گاو بومی شیری بر حسب متر مکعب بر تن

Table 3 - Virtual water for milk and meat of pure native dairy cow content in cubic meter per ton

آب مجازی گوشت گاو بومی شیری Virtual water for meat of pure native dairy cow			آب مجازی شیر گاو بومی شیری Virtual water for milk of pure native dairy cow			
2017	2016	2015	2017	2016	2015	
38661	36944	25311	1175	907	661	باخرزBakharz
43068	40424	38848	1308	993	1015	بجستان Bejestan
36672	40078	31524	1114	984	824	Bardaskan بردسکن
33147	35093	24207	1007	862	632	تایبادTaybad
30389	32949	21881	923	809	572	Firuzeh فیروزه
31222	36668	18698	949	900	489	Torbat-e Jam تربت جام
33555	35865	25934	1019	881	678	Torbat-e Heydarieh تربت حیدریه
35194	35559	28344	1069	873	741	Joghatai جغتای
32770	33063	22082	996	812	577	Jovein جوین
32465	29847	25837	986	733	675	Chenaran چناران
27404	38353	25729	833	942	672	Khalilabad خلیل آباد
46049	51098	30752	1399	1255	803	Khaf خواف
41727	49862	29973	1268	1224	783	Khushab خوشاب
26154	29494	21007	795	724	549	Dargaz درگز
40433	43307	27788	1228	1063	726	Roshtkhar رشتخوار
40233	41303	21660	1222	1014	566	Zaveh زاوه
40052	43263	37354	1217	1062	976	Sabzevar سبزوار
38470	43772	25605	1169	1075	669	Sarakhs سرخس
41177	42501	26737	1251	1044	699	Saleh_abad صالح آباد
30731	28284	20950	934	694	547	Torqabeh - Shandiz طرقبه-شاندیز
28494	29142	22502	866	716	588	Fariman فریمان
34059	30515	17623	1035	749	460	Quchan قوچان
43048	39717	27463	1308	975	718	Kashmar کاشمر
29219	29134	19195	888	715	502	Kalat کلات
52350	47612	32016	1590	1169	837	Gonabad گناباد
26138	23695	22447	794	582	586	Mashhad مشهد
33880	35808	22490	1029	879	588	Mahvelat مه ولات
33872	35977	35894	1029	883	938	Neyshabur نیشابور

با توجه به جدول ۱ بیشترین مقدار آب مجازی شیر و گوشت گاو اصیل برای سال ۱۳۹۶ در گناباد به ترتیب ۱۲۶۴ m^3/ton و ۲۶۳۲۰ m^3/ton و کمترین آن برای سال ۱۳۹۵ در مشهد به ترتیب به میزان ۳۷۰ m^3/ton و ۹۲۳۲ m^3/ton است. طبق جدول ۲ بیشترین مقدارآب مجازی شیر و گوشت

گاو بومی در سال ۱۳۹۶ در شهرستان گناباد ۹۱۴ m^3/ton و سال ۱۳۹۴ در شهرستان بجستان ۲۶۵۵۵ m^3/ton و کمترین مقدار آب مجازی شیر و گوشت گاو بومی شیری در سال ۱۳۹۵ در مشهد به ترتیب ۳۰۹ و ۱۰۳۵۲ متر مکعب بر تن محاسبه گردید. همان طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود بیشترین مقدار آب مجازی شیر و گوشت گاو دورگ در سال ۱۳۹۶ در شهرستان گناباد به میزان ۱۵۹۰ و ۵۲۳۵۰ متر مکعب بر تن و کمترین مقدار آب مجازی شیر و گوشت گاو دورگ در سال ۱۳۹۴ در شهرستان قوچان به مقدار ۴۶۰ و ۱۷۶۲۳ متر مکعب بر تن گزارش شد. بررسی‌ها به دلیل فقدان اطلاعات مورد نظر در سه سال صورت گرفت، اما سه سال مورد استفاده نیز دارای تنوع اقلیمی خوبی هستند به‌طوری که سال ۱۳۹۴ نسبتا پربارش (میانگین باران ۲۳۶ میلی‌متر)، سال ۱۳۹۵ نسبتا کم‌بارش (میانگین باران ۱۸۹ میلی‌متر) و سال ۱۳۹۶ شرایط خشکسالی (میانگین باران ۱۲۹ میلی‌متر) در مقایسه با میانگین بارش بلندمدت استان (۲۲۰ میلی‌متر) محسوب می‌شوند. متفاوت بودن نتایج در سال‌های مختلف به‌دلیل تغییر شرایط اقلیمی در ۳ سال مورد بررسی است. تفاوت در میزان بارش و سایر پارامترهای اقلیمی موثر در نیاز آبی گیاهان (مانند دما، رطوبت نسبی، سرعت باد و تشعشع) موجب شده که گیاهان مورد استفاده در ترکیب خوراک دام (شامل: یونجه، ذرت علوفه‌ای، کاه غلات، جو، تفاله چغندر، سبوس گندم، کنجاله پنبه، ذرت دانه‌ای) دارای نیاز آبی و مصرف آب متفاوت شده و همین عامل بیشترین تاثیر را در مقدار آب مجازی محصول تولیدی دام (شیر یا گوشت) دارد.

نتایج بررسی‌ها نشان داد بیشترین مقدار آب مجازی شیر انواع گاوهای شیری در خراسان رضوی مربوط به گاو دورگ شیری و کمترین آن مربوط به گاو بومی شیری است. بیشترین مقدار آب مجازی گوشت انواع گاوهای شیری در خراسان رضوی مربوط به گاو دورگ شیری و کمترین آن مربوط به گاو اصیل شیری گزارش شد. در این مقاله موضوع اصلی آب مجازی شیر است اما از آنجا که گاو شیری درنهایت پس از دورهٔ شیردهی مطلوب ذبح می‌شود و گوشت آن نیز مورد استفاده قرار می‌گیرد، محاسبات مربوط به گوشت این نوع گاو هم تهیه و ارائه شده است.

چاپاگین و هوکسترا (Chapagin & Hoekstra, 2003) می گویند مقدار آب مجازی شیر در کانادا برای گاوهای شیری در سیستم چرایی ۱۷۳۸ متر مکعب بر تن و سیستم صنعتی ۷۳۵ متر مکعب بر تن و مقدار آب مجازی گوشت گاو شیری در سیستم چرایی ۶۸۲۶ متر مکعب بر تن و در سیستم صنعتی به میزان ۲۸۸۷ متر مکعب بر تن است. در این پژوهش گاو بومی در سیستم چرایی مورد بررسی قرار گرفته است. میانگین مقدار آب مجازی شیر گاو بومی برای سه سال مورد بررسی برابر با ۸۹۳ متر مکعب بر تن است. گاو اصیل در سیستم صنعتی مورد بررسی قرار گرفته میانگین مقدار آب مجازی شیر گاو اصیل در این سه سال برابر با ۷۰۳ متر مکعب بر تن است. گاو دو رگ با سیستم مختلط ارزیابی شد. میانگین مقدار آب مجازی شیر گاو دورگ در این سیستم برای سال‌های مذکور برابر با ۵۵۴ متر مکعب بر تن گزارش گردید. جدول شمارهٔ ۵ میزان آب مجازی شیر محاسبه شده توسط چاپاگین و هوکسترا

(Chapagin & Hoekstra, 2003) را نشان می‌دهد. آب مجازی شیر گاو بومی در مشهد ۳۰۹ متر مکعب بر تن محاسبه شده و در مقایسه با آمار جهانی میانگین شیر ۹۹۰ متر مکعب در تن میزان کمتری است.

بیشترین آب مجازی شیر مربوط به گاو دورگ در گنابـاد به مقدار ۱۵۹۰ متر مکعب در تن از مقدار میانگین جهانی ارائه شده در جدول شماره ۴ میزان بیشتری است.

جدول ٤- مقدار آب مجازی شیر محاسبه شده توسط چاپاگین و هوکسترا (Chapagin & Hoekstra, 2003) بر حسب متر مکعب بر تن
Table 4 - Virtual milk water content calculated by Chapagin and Hoxtra (2006) in cubic meter per ton

	آمریکا America	چین China	هند India	روسیه Russia	اندونزی Indonesia	استرالیا Australia	برزیل Brazil	ژاپن Japan	مکزیک Mexico	ایتالیا Italy	هلند Netherlands	میانگین جهانی Global Averag
شیر Milk	695	1000	1369	1345	1143	915	1001	812	2382	861	641	990

باید گفت که تمامی ارقام به دست آمده در این پژوهش تفاوت‌هایی با آمار جهانی (Chapagin & Hoekstra, 2003 و Chapagin & Hoekstra, 2007) دارد که دلایل آن از این قرار است:

۱) میانگین وزن گاو اصیل ۵۱۴ کیلو گرم، گاو دو رگ ۳۹۹ و گاو بومی ۳۲۹ کیلو گرم در هر دو سیستم چرایی و صنعتی است. و در روابط ۲، ۴، ۵، ۶ و ۹ این مقدار وارد محاسبات می‌گردد. مقدار میانگین جهانی وزن در گزارش‌های (Chapagin & Hoekstra, 2003) برای گاوپرواری در سیستم صنعتی ۵۵۰ کیلوگرم و در سیستم چرایی ۴۰۰ کیلوگرم و برای گاو شیری در سیستم صنعتی ۴۵۰کیلوگرم و در سیستم چرایی ۲۷۰ کیلوگرم آورده شده است.

۲) سن دام‌ها، تعداد سال‌های شیردهی و میزان شیردهی در مقدار آب مجازی تاثیرگذار است. بر اساس توصیه معاونت امور دام سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، میزان شیردهی برای گاو اصیل شیری ۳ سال، گاو دورگ شیری ۵ سال و گاو بومی شیری ۷ سال است ولی در گزارش-های چاپاگین و هوکسترا سال (Chapagin & Hoekstra, 2003) این اعداد متفاوت در نظر گرفته شده است. گاو بومی شیری متوسط ۶۶۶ کیلوگرم در سال و گاو اصیل شیری به‌طور میانگین سالی ۸۰۵۷/۹ کیلو گرم شیر می‌دهد.

۳) قیمت محصولات دامی نیز اثرگذار است. در محاسبه سهم محصول تولیدی از محصول اولیه (pf) این وزن‌ها قرار گرفته‌اند و به‌عنوان ضریبی در محاسبات تأثیر بسزایی دارند. قیمت محصولات دامی نیز در محاسبه سهم ارزشی (VF) وارد می‌شود (با توجه به آورده شدن قیمت در رابطهٔ ۸ به‌عنوان متغیر v[p] ارزش بازار محصول p برحسب دلار آمریکا بر تن ؛ از این رو ، قیمت محصولات دامی نیز به‌عنوان یک فاکتور در محاسبات تاثیرگذار است). بنابراین سیاست‌های کشوری در قیمت گذاری‌ها و

تغییرات نرخ روز محصولات در این محاسبات وارد شده است و به‌عنوان ضریبی در عدد نهایی آب مجازی شیر و گوشت تاثیرگذار است.

۴) نژاد و ژنتیک دام‌های پرورشی نیز تاثیرگذار هستند. انواع گاوها با نژادهای مختلف نیز خود به‌دلیل ژنتیک متفاوتی که دارند (به لحاظ سن شیردهی، وزن دام و ...) نیز در محاسبات باعث تفاوت‌های چشمگیری می‌شوند. این ارقام در مقدار آب مجازی شیر و گوشت حاصل از این دو نوع گاو وارد شده و مقدار آب مجازی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. میزان جیرهٔ غذایی مصرفی در دام‌های مورد بررسی به ترتیب در گاو اصیل، دورگ و بومی کاهش می‌یابد. میزان آب مجازی شرب و نگهداری دام در هر سه مورد به نسبت میزان آب مجازی خوراک ناچیزند و تاثیر قابل لمسی در میزان نهایی آب مجازی دام و محصولات دامی نمی‌گذارند. برای مثال، مقدار آب مجازی شرب گاو شیری m^3/ton ۲۱۹ و مقدارآب مجازی سرویس گاو شیری m^3/ton ۶۴,۲ است. این میزان در مقابل مقدار آب مجازی خوراک گاو اصیل شیری محاسبه شده در شهر باخرز برای سال ۱۳۹۴ معادل m^3/ton ۵۰۱۵۳/۷۵ رقمی ناچیز است.

۵) ترکیب خوراک دام و کنسانترهٔ مصرفی در تمامی قسمت‌های جهان متغیر است و این تغییر بر میزان نیاز آبی و آب مجازی خوراک دام و خود دام و درنتیجه آب مجازی محصولات دامی تأثیر می‌گذارد. اعداد نیاز آبی گیاه در محاسبات آب مجازی خوراک دام وارد می‌شوند و بر مقدار آب مجازی محصولات دامی تأثیر می‌گذارند. اقلیم منطقه اثر زیادی بر عملکرد گیاهان مصرفی دام دارد. آب مجازی کاه غلات، یونجه، ذرت علوفه‌ای، و جو سهم بالایی در خوراک مصرفی دام دارند.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شهرستان‌های گناباد و بجستان بیشترین مقدارآب مجازی را در شیر و گوشت، و شهرستان‌های مشهد و قوچان کمترین مقدار آب مجازی را دارند. بر اساس طبقه بندی اقلیمی به روش دومارتن، اقلیم قوچان نیمه‌خشک، اقلیم مشهد و بجستان خشک و اقلیم گناباد فراخشک است. علاوه بر اقلیم متفاوت شهرستان‌های استان و میزان بارش موثر و نیاز آبی گیاهان مصرفی در خوراک دام ، وزن دام، وزن لاشه، طول دورهٔ نگهداری دام، نژاد دام، نوع سیستم چرا از مهمترین عوامل موثر در میزان آب مجازی محصولات دامی است.

نتیجه‌گیری

برای کاهش میزان آب مجازی در تولید محصولات دامی باید به میزان آب مصرفی محصولات موجود در ترکیب جیرهٔ غذایی و مقادیر آب شرب و آب مربوط به خدمات نگهداری دام توجه شود. ترکیب خوراک دام‌ها یکی از فاکتورهای بسیار تاثیرگذار بر مقدار آب مجازی دام و در نهایت محصولات دامی است. از این رو با توجه به یافته‌های پژوهش پیشنهاد می‌شود عمدهٔ تولید شیر به‌صورت صنعتی و متمرکز در شهرهایی صورت گیرد که در تامین علوفه دارای مزیت هستند. مقدار آب مجازی کاه غلات و یونجه و ذرت علوفه‌ای و جو سهم بالایی در خوراک مصرفی دام دارند، در مورد محصولاتی مانند جو واردات می‌تواند با بررسی دیگر جنبه‌های امنیت غذایی پیشنهاد گردد، اما در مورد محصولات زراعی که قابلیت وارداتشان کم و مشکل است مثل یونجه و ذرت علوفه‌ای می‌توان پیشنهاد داد کشاورزان منطقه الگوی کشت استان را به سمت جایگزینی گیاهان علوفه‌ای مشابه با آب مصرفی

کمتر مانند شبدر، نخود علوفه‌ای، چغندر علوفه‌ای و سورگوم تغییر دهند.

از دیگر فاکتورهای تاثیرگذار در میزان آب مجازی محصولات دامی نژاد دام و میزان شیردهی دام است. نتایج پژوهش نشان داد که بیشترین مقدار آب مجازی شیر برای گاو دورگ با میزان ۱۵۹۰ متر مکعب بر تن و کمترین آن برای گاو بومی با میزان ۳۰۹ متر مکعب بر تن و بیشترین میزان آب مجازی گوشت برای گاو اصیل شیری است. آمارنامه کشاورزی جلد دوم سال ۱۳۹۸ در استان خراسان رضوی جمعیت گاو اصیل ۱۳۲۸۷۱(سومین استان بعد از اصفهان و تهران)، گاو دورگ ۳۴۴۶۵۶ (دومین استان بعد از اصفهان) و گاو بومی ۲۲۲۳۷ راس گزارش کرده‌است (Ahmadi *et al*., 2020). بنابراین پرورش گاو بومی برای تولید شیر با مقدار آب مجازی پایین نسبت به دیگر نژادهای مورد بررسی و با توجه به پایین‌تر بودن میزان آب مجازی شیر این نوع گاو برای اقلیم خشک، نیمه خشک و فراخشک استان خراسان رضوی و محدودیت منابع آب در این استان بیشتر توصیه می‌گردد.

با توجه به اینکه آب مجازی شیر و گوشت در شهرستان گناباد بالاترین میزان را در هر سه مورد دارد و کمترین مقدار برای شهرستان مشهد و قوچان است، بنابراین توصیه می‌شود دام شیری در مشهد بیشتر پرورش یابد و در زمینهٔ تولید و توسعهٔ محصولات دامی در گناباد و مناطق مشابه بازنگری شود. این تحقیق برای استان خراسان رضوی صورت گرفته است و نتایج آن هم برای همین استان قابلیت کاربرد دارد اما در دیگر مناطق نیز باید تحقیقات مشابه اجرا شود تا در نهایت از جمع بندی نتایج منطقه ای بتوان به یک تصمیم یا کاربرد ملی دست یافت.

قدردانی

نویسندگان این مقاله از مساعدت‌ها و حمایت‌های مالی مسولان محترم دانشگاه زابل سپاسگزاری می‌کنند که هزینه‌های این تحقیق را از محل پژوهانه شماره uoz.GR- 9618-113 تامین کرده‌اند.

مراجع

Agahi, H., Heidari, H., & Bahrami, M. (2011). Virtual Water Trade and Its Relation to Sustainable Water Consumption. Technical *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 4(2), 54-56.

Ahmadi, k., Abbaszadeh, h., Mohammadnia, sh., Taleghani, R., Abbasi, M., Y, sh. 2020. Agricultural Statistics of 2020. *Ministry of Agriculture, Deputy Minister of Planning and Budget, General Directorate of Statistics and Information* P.p: 430.

Brindha, K. (2017). International virtual water flows from agricultural and livestock products of India. *Journal of Cleaner Production, 161*, 922-930.

Brindha, K. (2019). National water saving through import of agriculture and livestock products: A case study from India. *Sustainable Production and Consumption, 18*, 63-71.

Bulsink, F., Hoekstra, A.Y. and Booij, M.J. (2010). The water footprint of Indonesian provinces related to the consumption of crop products. Hydrology and Earth System Sciences, 14(1): pp. 119–128.

Chapagin, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2003). *Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products***.,** nesco-IHE, Institute for Water Education, 202p.

Chowdhury, S., Ouda, O. K., & Papadopoulou, M. P. (2017). Virtual water content for meat and egg production through livestock farming in Saudi Arabia. *Applied Water Science*, *7*(8), 4691-4703

El-Sadek, A. (2011). Virtual water: an effective mechanism for integrated water resources management. *Agricultural Sciences*, 2(03), 248.

Hoekstra, A. Y. (2012). The hidden water resource use behind meat and dairy. Animal frontiers, 2(2), 3-8.

Hoekstra, A. Y., & Chapagain, A. K. (2006). Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern. *In Integrated assessment of water resources and global change* (pp. 35-48).

Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007). The water footprints of Morocco and the Netherlands: global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. Ecological Economics, 64(1): pp. 143–151.

Ibidhi, R., & Salem, H. B. (2020). Water footprint of livestock products and production systems: a review. *Animal Production Science*, *60*(11), 1369-1380.

Madani, K. (2014). Water management in Iran: what is causing the looming crisis? Journal of environmental studies and sciences, 4(4), 315-328.

Mehdi Zadeh, t. (2014*). Virtual Water Volume I*: *Concepts and strategic management.* Tehran: vaziri (In Farsi).

Mohammadi, H. (2012). The effects of liberalization of trade on the welfare of consumers and agricultural producers, virtual water trade and resource sustainability: A Case Study in Fars province Agricultural Economics, 6(3), 176-145 (In Farsi).

Mokhtari, D. (2013). *Instructions for the relationship between water resources with virtual water trade balance*. Shiraz: Publications Shiraz University. (In Farsi).

Mousavi, N. Sultani, A. M. Gh. And zarea Mehrjardi, D. (2009). Virtual water; a new strategy to deal with the water crisis. *National Conference on Water Crisis Management, Islamic Azad University of Marvdasht.* 1-3 june 2009. Marvadasht. pp. 20-24. (In Farsi).

Rafiee, H. Khormizi, S. R. Ganjkhanlu, M., (2012). Total Factor Productivity, Efficiency and Scale Return of Dairy Farms in Guailan Province, *Journal of Agricultural Economics Researches*, 3(4). (In Farsi).

Shokoohi, Z. (2019). The impact of climate change on the cost efficiency of dairy farms in Iran. *Iranian journal of agricultural economics and development research*, 50(1), 97-107. (In Farsi).

Starr, G. and Levison, J. (2014). Identification of Crop Groundwater and Surface Water Consumption Using Blue and Green Virtual Water Contents at a Subwatershed Scale, Environmental Processes. 1: pp. 497–515.

Yoo, S., Choi, J.Y., Kim, T.G., Im, J.B. and Chun, C.H. (2009). Estimation of crop virtual water in Korea. Journal of Korean Water Resources Association, 42(11): pp. 911–920.

Irrigation and Drainage Structures Engineering Research/Vol.22/No.84/ Autumn 2021/P:105-120

Estimation o the Virtual Water Content of Some Livestock Products (Milk and Meat) in Khorasan Razavi Province

E. Mohamadi , O. Mohammadrezapour*, P. Haghighatju, S. A. Haghayeghi-Moghadam

* Corresponding Author: Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. Email: mohammadrezapour@gau.ac.ir
Received: 25 June 2021, Accepted: 23 September 2021

Introduction:
Virtual water is water that is consumed by agricultural goods or products during the production process to reach the stage of evolution, and the amount of virtual water is equal to the sum of the total water consumption of the production chain from the beginning to the end of agricultural or industrial products. Virtual water, as an indicator, estimates the environmental damage of producing a particular product. In fact, the amount of virtual water in each product expresses the impact of consuming this product on the environment. Virtual water calculations of livestock products are of special importance in order to make appropriate management decisions in order to provide food security scenarios and conserve local and regional water resources, and so far no similar research has been conducted in Khorasan Razavi province. The purpose of this study is to investigate and estimate the amount of virtual water in the milk of purebred, hybrid and native cows in all cities of Khorasan Razavi province.

Methodology
In this study, the amount of virtual water of livestock products in Khorasan Razavi province was calculated. Data related to animal feed and water requirement of purebred, native and hybrid cows for three consecutive years 1394, 1395 and 1396 were collected from all industrial and non-industrial livestock in 28 cities of Khorasan Razavi province. The amount of feed consumed in each age group of the animals was prepared by the Deputy of Livestock Affairs of the Jihad Agricultural Organization of Khorasan Razavi Province. Production rate and area under cultivation and yield of each livestock consumption in each city, livestock feed, livestock weight before slaughter and carcass and meat efficiency of each livestock after slaughter, livestock age until slaughter, average annual lactation of each livestock Meat and milk prices were collected from the yearbooks and statistics provided by the Jihad Agricultural Organization of Khorasan Razavi Province. The water requirement of animal feed components (including: alfalfa, fodder corn, cereal straw, barley, beet pulp, wheat bran, cotton meal, corn) was calculated using crop watt software.

Results and Discussion
Virtual milk and meat water in three types of purebred, native and hybrid cows is completely different due to differences in breed, livestock weight, number of years of lactation, amount of lactation in the entire life of the animal and etc. According to the research results, the highest amount of virtual water of pure milk and beef for 2017 in Gonabad in 1264 and 26320, respectively, and the lowest for 2016 in Mashhad are 370 and 9232, respectively. Also, the maximum amount of virtual water of native milk and beef in 2018 in Gonabad city was 914 and in 2015 in Bajestan city was 26555 and the minimum amount of virtual water of milk and native beef in 2016 in Mashhad was calculated 309 and 10352 cubic meters, respectively.
The highest amount of virtual milk and beef hybrid water in 2017 in Gonabad city in the amount of 1590 and 53250 cubic meters per ton and the lowest amount of virtual water and hybrid beef

milk and meat in 2015 in Quchan city in the amount of 460 and 17623 cubic meters per ton. The results showed that the highest amount of virtual milk water of dairy cows in Khorasan Razavi is related to dairy cows and the lowest is related to native dairy cows. The highest amount of virtual water meat of dairy cows in Khorasan Razavi was related to dairy cows and the lowest was related to purebred dairy cows.

Conclusions

To reduce the amount of virtual water in the production of livestock products, attention should be paid to the amount of water consumed by products in the composition of the diet and the amount of drinking water and water related to livestock maintenance services. The composition of livestock feed is one of the most influential factors on the amount of virtual water in livestock and ultimately livestock products. Therefore, according to the research findings, it is suggested that most milk production be done industrially and concentrated in cities that have an advantage in providing fodder.

Keywords: Virtual water, Khorasan Razavi province, Animal feed, Milk and meat, CROPWAT