نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۵، مهر - آبان ۱۴۰۰، ص. ۹۷۹-۹۶۷

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 15, Oct.-Nov. 2021, p. 967-979

مقاله علمی-پژوهشی

برآورد میزان آب مجازی گوشت قرمز دام سبک و سنگین در استان خراسان رضوی

عفت محمدی[۱]، سیدابوالقاسم حقایقی‌مقدم[۲]، ام‌البنی محمدرضاپور[۳*]، پرویز حقیقت‌جو[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۰۹

چکیده

آب مجازی را می‌توان راه‌کاری برای مقابله با بحران آب در کشورهای خشک و کم‌آب دانست. فراورده‌های گوشتی، به مراتب آب مجازی بیش‌تری نسبت به تولیدات گیاهی به خود اختصاص می‌دهند. بنابراین برآورد آب مجازی محصولات دامی می‌تواند با آگاه سازی در اتخاذ سیاست‌های درست مدیریتی درجهت کاهش فشار به منابع آبی نقش مهمی ایفا کند. هدف این پژوهش تعیین محتوی آب‌مجازی گوشت بااستخوان و گوشت بی‌استخوان می‌باشد. بدین منظور آب مجازی محصولات دامی ۲۸ شهرستان استان خراسان رضوی ، برای سال‌های ۱۳۹۴، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ محاسبه گردید. در این تحقیق با محاسبه نیاز آبی خوراک دام با نرم‌افزار CROPWAT میزان آب مجازی محصولات دامی برآورد شد. محاسبات نشان دادند که بیشترن و کمترین "آب مجازی گوشت بااستخوان گاو " در بین هر سه نوع گاو اصیل، بومی و دورگ به ترتیب در بجستان (m^3/ton ۳۰۵۲۳) و قوچان(m^3/ton ۴۹۵۶) و بیشترین و کمترین "محتوی آب مجازی گوشت بی‌استخوان گاو" در میان سه نوع گاو در گناباد (m^3/ton ۵۷۹۱۷) و قوچان (m^3/ton ۷۸۹۴) می‌باشد. بیشترن و کمترین "آب مجازی گوشت بااستخوان گوسفند " به ترتیب در گناباد (m^3/ton ۵۶۴۳) و مشهد(m^3/ton ۷۶۳) و بیشترین و کمترین "محتوی آب مجازی گوشت بی‌استخوان گوسفند" در سبزوار (m^3/ton ۶۴۴۶) و مشهد (m^3/ton ۸۶۴) می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آب مجازی، استان خراسان رضوی، خوراک دام، محصولات دامی، CROPWAT

مقدمه

در حال حاضر پژوهشگران با توجه به شرایط کم آبی موجود در جهان بر بازنگری در سیاستگزاری‌ها و رویکردهای مدیریتی منابع آب جهت‌گیری به‌سمت رویکرد مدیریتی آب مجازی تأکید دارند. در تعریف مجموع کل جریان آب‌های استفاده شده برای تولید یک کالا را آب مجازی می‌نامند. به عبارت دیگر آب مجازی مقدار آبی است که یک کالای صنعتی و یا یک فرآورده کشاورزی طی فرآیند تولید مصرف نموده تا به مرحله تولید نهایی برسد و مقدار آن معادل جمع کل آب مصرفی در مراحل مختلف زنجیره تولید از لحظه شروع تا پایان می‌باشد. یک کشور یا منطقه می‌تواند با انتخاب خود به عنوان واردکننده‌ی آب مجازی، خود را از فشار بر منابع آبی‌اش آزاد سازد (Salah, 2014). براساس گزارش منتشر شده در سال ۱۳۹۸ از اداره آمار و اطلاعات سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، مجموع واحد دامی(دام و طیور) استان خرسان رضوی در پایان سال ۱۳۹۸ تعداد ۱۵,۹ میلیون واحد دامی برآورد شده است.که از این تعداد ۱۰,۶۴۸ میلیون واحد دامی شامل دام سبک و سنگین بوده که بیشترین تعداد واحد دامی را تشکیل می‌دهند. این حجم از واحد دامی جایگاه تعیین کننده‌ای در اقتصاد ملی و استان داشته و نقش مهمی در تأمین نیازهای حیاتی جامعه، امنیت غذایی، تأمین مواد اولیه مورد نیاز صنایع و ایجاد اشتغال ایفا نموده است. مجموع تولیدات دام و طیور استان در سال ۱۳۹۸ مقدار ۱۵۷۲۷۰۹,۹ تن برآورد گردیده است. که از این مقدار بیشترین آن متعلق به تولیدات دام سبک و سنگین به میزان ۱۲۴۰۲۳۶ تن (معادل ۷۶ درصد کل تولیدات) است. بر اساس آمار اخذ شده در طی سال از کشتارگاه‌های استان میانگین وزن لاشه تولیدی در گوسفند استان ۲۸,۵، در گاو اصیل ۲۶۶، درگاو دورگ ۲۲۰، در گاو بومی ۱۷۰ کیلوگرم برای هر راس بوده است. در سال

۱-دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آب دانشگاه زابل، زابل، ایران
۲- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران
۳- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۴- دانشیار گروه آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران
(* - نویسنده مسئول: (Email: mohammadrezapour@gau.ac.ir
DOR: 20.1001.1.20087942.2021.15.4.19.9

۱۳۹۸مجموع جمعیت گوسفند و بره در کل کشور ۴۴۶۶۴۰۳۰ راس دام و در استان خراسان رضوی ۵۸۶۹۶۹۹ راس معادل ۱۳ درصد از کل می‌باشد. برهانی و اصلمند در سال (۱۳۹۶) به ارزیابی تأثیر بین میزان آب‌مجازی و میزان محصول به‌منظور مدیریت ذخایر آب موجود پرداختند. نتایج نشان داد که نیاز آبی برای تولید محصولات دامی نسبت محصولات به کشاورزی به‌مراتب بیشتر است. حیدری در سال (2020) در نتایج خود بیان کرد توجه به افزایش بهره‌وری آب دام در ایران هنوز جایگاه خود را نیافته است و موضوع بهبود بهره‌وری آب دام هنوز در تحقیقات منابع آب و یا تحقیقات علوم دامی کشور جاری سازی نشده و علی‌رغم تلاش‌های زیاد برای افزایش عملکرد تولید دام در این بخش، هنوز ارتباط تولید دام با آب مصرفی و به خصوص در سیستم‌های ترکیبی زراعت–دام ایجاد نشده است. وی با تاکید به اهمیت بهبود بهره‌وری آب در محصولات کشاورزی در تحقق امنیت غذایی کشور، توجه به بهینه‌سازی منابع آب مصرفی برای تولید دام و بهبود بهره‌وری آب دام در کشور ،مطالعات و برنامه ریزی‌های لازم در این زمینه را ضروری دانست. نصرآبادی و همکاران در سال (۱۳۹۵) با ارزیابی چرخه حیات در راستای بهینه سازی مصرف آب در گاوداری صنعتی با رویکرد آب مجازی آنها بیان که محتوای آب مجازی محاسبه شده برای هر گاو در سن ذبح و محتوای آب مجازی برای هر تن گوشت بدون استخوان به ترتیب ۱۱۰۵۵، ۱۹۴۸۵ و ۲۲۸۰۰ متر مکعب می‌باشد بنابراین واضح است که تولید محصولات دامی به مقدار زیادی آب نیاز دارد. آن‌ها با هدف تعیین مقدار محتوای آب‌مجازی موجود در یک کیلوگرم گوشت گاو (گوساله) و بهینه‌سازی مصرف آب در چرخه حیات دامداری صنعتی پس از بررسی و محاسبه آب‌مجازی محصولات دامی و کشاورزی استان اصفهان بیان کردند از آنجایی که جیره غذایی عامل مؤثری در محتوای آب‌مجازی محصولات دامی است چرا که بزرگ‌ترین بخش مصرف آب مربوط به خوراک دام می‌شود، لذا با مصرف محصولات با نیاز آبی کمتر و محتوای تغذیه‌ای برابر می‌توان میزان محتوای آب مجازی صنعت پرورش دام و محصولات به‌دست‌آمده را تا حد زیادی کاهش داد. نتایج محتوی آب مجازی گوشت گاو در تحقیقات چاپاگین و هوکسترا به‌عنوان میانگین جهانی به مقدار ۱۵۹۷۷ m^3/ton، برای زیمر و رینالت در کالیفرنیا به مقدار ۱۳۵۰۰ m^3/ton و اوکی و همکاران در ژاپن به مقدار ۲۰۴۰۰ m^3/ton گزارش شده است (hapagin and Oki et al؛ 2003، Zimmer & Renault؛Hoekstra, 2003 ، 2003) . آتزوری و همکاران در سال برای محاسبه میزان آب خالصی که برای محصولات حیوانی اعمال می‌شود از روش ردیابی خالص (WFP net)[1] بجای روش فعلی (WFP) استفاده کردند. با مقایسه هر دو روش برای تولید گاو، شیر و گوشت در مقادیر مختلف خوراک (بالا و پایین) و بهره‌وری مصرف آب محصول (WUE[2]، بالا، متوسط و کم) در شرایط مدیترانه دیده شد که مقادیر WFP به‌طور متوسط خیلی بیشتر از مقادیر WFPnet برای گوشت و شیر بود؛ بنابراین روش WFPnet قادر به اندازه‌گیری میزان مصرف آب مورد نیاز برای تولید مواد غذایی حیوانی می‌باشد(Atzori et. al., 2016). ویسنته و همکاران در سال (2016) با تعیین حجم آب‌مجازی موجود در محصولات کشاورزی و دامداری وارداتی از سال ۱۹۹۷ تا ۲۰۱۲ در برزیل و با بررسی شاخص‌های کمبود آب (WSI[3])، وابستگی به آب (WDI[4]) و خودکفایی آب (WSSI[5]) برای هر ایالت برزیل به این نتیجه رسیدند که برزیل در تولید غذا به‌جز چند محصول مانند گندم و برنجخود کفا است. تجارت جهانی آب‌مجازی می‌تواند فشار ناشی از تقاضای آب را کاهش دهد درصورتی‌که تجارت آب‌مجازی در میان مناطقی با منابع زیاد آب و مناطق با نوسانات زیاد آب اجرا شود(Vicente et al., 2016) . ما و ما در سالبا تجزیه‌وتحلیل تنوع فضایی از آب‌مجازی برای کشاورزی و دامداری استان جیلین در چین دریافتند که نسبت کل آب‌مجازی (TVW[6]) کشاورزی در حال رشد است و در طول دوره مطالعه کاهش می‌یابد. در حوضه‌ی مرکزی جیلین بیشترین مقدار مجاز آب را در کشاورزی و دامداری نشان می‌دهد،TVW در مرکز جیلین حدود ۳۵/۸ بیلیون مترمکعب است TVW.ذرت بالاتر از شش محصول موردمطالعه است و TVW گاو بیشترین میزان را در بین چهار نوع دام موردمطالعه نشان می‌دهد(Ma and Ma, 2017). اوسو سکره و همکاران در سال ۲۰۱۷ به ارزیابی رد پای آب و تولید اقتصادی آب شیرین محصولات آفریقای جنوبی پرداختند. آن‌ها در نتایج خود نشان داده‌اند که محصولات لبنی دارای مزیت‌های اقتصادی زیادی هستند و پیشنهاد می‌شود تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان با حداکثر بهره‌وری و محیط‌زیستی پایدار و شاخص‌های بهره‌وری اقتصادی و آب‌آبی را در تصمیم‌گیری‌های خود لحاظ کنند(Owusu-Sekyere et al., 2017). وانگ و وانگ در سال (2006) وضعیت مختلف محتوای آب مجازی محصولات دامی استان‌ها را در چین بر اساس سال به‌دست آوردند. نتایج آن‌ها نشان داد که محتوی آب مجازی محصولات دامی در چین به سرعت در حال افزایش است. از طرفی توزیع محتوای آب مجازی محصولات دامی متعادل نیست ، عمدتا در شمال چین ، چین شرقی و غیره نهفته است. تولید روز افزون دام در برخی شهرها باعث کمبود محلی آب می‌شود(Wang, H. R., & Wang, J. H., 2006).

1- Net Waterfootprint

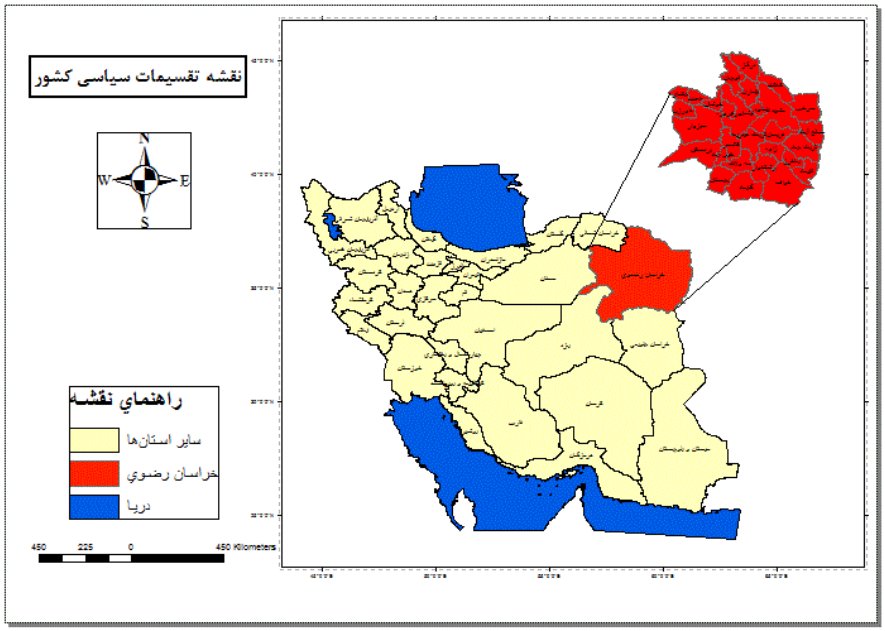
2- Water use efficiency
3- The indexes of water scarcity
4- The indexes of water dependency
5- The indexes of water self-sufficiency
6- The total virtual water

اگر چه مشخص است که فراورده‌های دامی بسیار آب بر (دارای مصرف زیاد آب) بوده، تا به حال توجه چندانی بـه تـأثیر بخـش دام و محصولات دامی بر روی تقاضای جهانی برای منابع آب شیرین نشده است و یک ارزیابی جامع دقیق وجود نـدارد. بـا توجـه بـه اطلاعـات مندرج در جلـد دوم آمارنامـه جهـاد کشـاورزی سـال (۱۳۹۶)، اسـتان خراسان رضوی به‌لحاظ تولیدات گوشـت قرمـز از دیگـر اسـتان‌هـای کشور برتر و در جایگاه نخست کشور قـرار دارد. ایـن حجـم از تولیـد گوشت قرمز ارتباط تنگـاتنگی بـا مصـرف منـابع آبـی اسـتان دارد و مدیریتی صحیح می‌طلبد. آمارها نشان می‌دهـد جمعیـت گـاو اصـیل کشور در سال‌های ۱۳۹۴، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ بـه ترتیـب ۱۰۳۲، ۱۰۸۳ و ۱۱۴۳ هزار رأس افزایش داشته است. به‌موازات افزایش دام، تولیـدات دامی نیز افزایش یافته است. بطوری که تولید گوشت قرمز در سـال-هـای ۹۴، ۹۵ و ۹۶ بـه ترتیـب ۸۰۶، ۸۲۳ و ۸۳۵/۱ هـزار تـن رونـد صعودی داشته است. با توجه به شرایط کنـونی اگرچـه تحقیقـاتی بـر روی آب مجازی بخش کشاورزی در ایران صورت گرفته اما تا کنـون محاسبات آب مجازی محصولات دامی در ایران به تفکیک شهرستان ها پرداخته نشده است. محاسبات آب مجـازی محصـولات دامـی بـه جهت ارائه سناریوهای امنیت غذایی منطقه ای و حفـظ منـابع آبـی و ملاحظات اقتصادی از دیدگاه بالایی برخوردار می باشـد. هـدف ایـن مطالعه بررسی از طریق کمّـی سـازی آب مجـازی دام و محصـولات دامی مختلف و فـرآورده‌هـای دامـی در اسـتان خراسـان رضـوی بـه تفکیک شهرستان‌های این استان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مطالعاتی

استان خراسان‌رضوی در شمال شرقی ایران به مرکزیّت مشـهد با وسعت ۱۱۸۱۵۴ کیلـومتر مربـع و چهـارمین اسـتان پهنـاور کشـور می‌باشد که بین مدار جغرافیایی ۳۳ درجه و ۵۲ دقیقه تـا ۳۷ درجـه و ۴۲ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۵۶ درجـه و ۱۹ دقیقـه تـا ۶۱ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. حدود ۷۰ تا ۷۵ درصد سطح استان خراسان در اقلیم بیابانی خشـک و نیمه خشک قرار دارد. اسـتان خراسـان رضـوی بـه دلیـل دارا بـودن ویژگی‌های خاص جغرافیایی و توپوگرافی از لحاظ آب و هوایی متنوع بوده و اقلیم‌های متفاوتی در آن وجـود دارد (کامیـابی، ۱۳۹۵). اسـتان خراسان رضوی دارای چهار حوضه‌ی آبریز اصلی است. در ارتبـاط بـا استفاده از منابع آب زیرزمینـی از میـان ۳۷ دشـت اسـتان، ۱۲ دشـت ممنوعه‌ی بحرانی، ۲۲ دشت ممنوعه‌ی عادی و سه دشت آزاد گزارش شده‌اند (شاد دل و رهنما، ۱۳۹۴). شکل (۱) موقعیت جغرافیایی استان خراسان رضوی در کشور و موقعیت هر یک از شهرستان‌های استان را نشان می‌دهد.



شکل ۱- نقشه تقسیمات سیاسی استان خراسان رضوی

داده‌ها و اطلاعات

در این تحقیق به برآورد آب‌مجـازی محصـولات دامـی اسـتان خراسان‌رضوی پرداخته شـد. بـرای محاسـبه آب‌مجـازی محصـولات دامی داده‌های سـه سـاله از سـال ۱۳۹۴ تـا ۱۳۹۹ مربـوط بـه تمـام

دام‌داری‌های صنعتی و غیرصنعتی ۲۸ شهرستان استان جمع‌آوری شد. چهار دسته گاو اصیل، گاو دورگ، گاو بومی و گوسفند در محاسبات آب مجازی مورد بررسی قرار گرفتند. مقدار خوراک مصرف شده در هر دسته از حیوانات برحسب کیلو گرم در سال، از معاونت امور دام سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی تهیه گردید. با استفاده از نرم افزار کراپ وات[1]، نیاز آبی خوراک دام (یونجه، ذرت علوفه‌ای، کاه غلات، جو، تفاله چغندر، سبوس گندم، کنجاله پنبه، ذرت دانه‌ای) استان خراسان رضوی به تفکیک شهرستان‌های استان محاسبه گردید. سپس نیاز ناخالص از تقسیم نیاز خالص بر راندمان آبیاری ضرب در درصد کم‌آبیاری در استان خراسان رضوی به دست آمد. میانگین راندمان آبیاری در استان (عباسی و همکاران ۱۳۹۴) ۵۴ درصد و درصد کم‌آبیاری (حقایقی مقدم، ۱۳۹۶) ۲۵ درصد منظور شد. نیاز آبی گیاه (CWR) بر حسب متر مکعب بر هکتار با استفاده از تبخیر و تعرق گیاه (ET_c[2]) بر حسب میلیمتر بر روز در طی دوره رشد کامل گیاه محاسبه می‌گردد. تبخیر و تعرق گیاه (ET_c) طبق رابطه (۱) از حاصلضرب تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع (ET_O[3]) در ضریب گیاهی K_C[4] به دست می آید :

$$ET_c = K_c * ET_o \qquad (۱)$$

تبخیر و تعرق گیاه مرجع با رابطه (۲) بر مبنای معادله پنمن- مانتیت فائو ارائه گردید:

$$ET_O = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma 900/(T+273)U_2(e_a - e_d)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \qquad (۲)$$

که در آن، ET_O تبخیر و تعرق گیاه مرجع (میلیمتر بر روز)، R_n[5] تابش خالص بر سطح گیاه ($MJm^{-2}day^{-1}$) ، G[6] جریان گرمای خاک ($MJm^{-2}day^{-1}$)، متوسط دمای هوا ($^{\circ}C$)، U_2[7] سرعت باد اندازه‌گیری شده در ارتفاع ۲ متر (ms^{-1})، e_a[8] فشار بخار اشباع (KPa)، e_d[9] فشار بخار (KPa)، Δ[10] شیب منحنی فشار بخار ($KPa^{\circ}c^{-1}$) و γ[11] ثاب پیزومتریک ($KPa^{\circ}c^{-1}$) است(باغستانی و همکاران، ۱۳۸۸).نیاز آبی علوفه مراتع نیز 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. به استناد نظر کارشناسی امور دام جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی با اعمال ضرایبی درصدی از آب مجازی گندم و جو به عنوان کاه غلات فرض شد. به اینصورت که ۰/۵ درصد از نیاز آبی گندم و جو برای کاه غلات محاسبه می‌گردد. از محصول چغندر قند ۰/۲۲ درصد بعنوان تفاله چغندر محاسبه گردید. ۰/۱۲۵ درصد گندم را سبوس گندم در نظر گرفته شد و ۰/۲۵ درصد از دانه پنبه را کنجاله پنبه در محاسبات منظور گردید. مقدار زیادی از داده‌ها از منابع مختلف جمع آوری شده است. میزان تولید و سطح زیر کشت و عملکرد هر یک از محصولات مصرفی دام در هر شهرستان، خوراک دام، مقدار وزن دام‌ها قبل کشتار و راندمان لاشه و گوشت هر نوع دام پس از کشتار، سن دام‌ها تا زمان کشتار، مقدار میانگین سالانه شیردهی هرنوع دام، قیمت‌های گوشت و شیر، از سالنامه‌ها و آمار نامه‌های ارائه شده سازمان جهاد کشاورزی و اتحادیه دامداران استان خراسان رضوی گردآوری شد.

مقدار آب‌مجازی یک دام در پایان عمر آن به‌عنوان حجم کل آب مورد استفاده برای رشد و فرآوری خوراک آن، تأمین آب آشامیدنی و نگهداری و تمیز کردن محل زندگی و غیره تعریف می‌شود. آب‌مجازی یک دام بر اساس رابطه (۳) سه جزء اصلی تشکیل شده است. در این رابطه $VWC_{a,e}$[12] مقدار آب‌مجازی دام a در منطقه موردمطالعه e برحسب مترمکعب بر تن از وزن دام زنده و $VWC_{feed\ (a,e)}$[13]، $VWC_{serv\ (a,e)}$[14] و $VWC_{drink\ (a,e)}$[15] 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 می‌باشد (Chapagin and Hoekstra, 2003).

$$VWC_{a,e} = VWC_{feed(a,e)} + VWC_{drink(a,e)} + VWC_{serv(a,e)} \qquad (۳)$$

با توجه به اینکه نیاز آبی هر گیاه برابر است با نیاز آبیاری بعلاوه بارندگی مؤثر، باران مؤثر هر شهر به روش فائو محاسبه گردید. به این ترتیب که میزان باران سالیانه هر شهر در ضریب ۰/۷۵ ضرب شد. عدد بدست آمده برابر SWD[16] (نیاز آبی گیاه) در نظر گرفته شد.

آب‌مجازی خوراک دام زنده شامل دو جزء می‌باشد: ۱- مقدار آب حقیقی مصرفی برای آماده‌سازی خوراک دام و ۲- آب‌مجازی مربوط به اجزای تشکیل‌دهنده خوراک دام که از رابطه (۴) محاسبه شد. در این رابطه (۴) $q_{mixing\ (e,a)}$[17] حجم آب موردنیاز برای ترکیب خوراک دام a برحسب مترمکعب بر روز و C[e,a,c] مقدار خوراک

1- CROPWAT
2- The accumulated crop evapotranspiration
3- The evapotranspiration of the refrence crop
4- The crop coefficient
5- Net radiation at the crop surface
6- Soil heat flux
7- wind speed measured at 2 m height
8- Saturation vapour pressure
9- Actual vapour pressure
10- Slope of the vapour pressure curve
11- Psychrometric constant

12- Virtual water content of animal a in exporting country e
13- Virtual water contents from feeding
14- Virtual water contents from drinking
15- Virtual water contents from servicing
16- Specific water demand
17- The volume of water required for mixing the feed of animal *a* in exporting country *e*

مصرفی دام a که از گیاه C[1] تولید شده است. Wa[e,a][2] وزن دام زنده a در منطقه e در انتهای عمر خود و $SWD_{(e,\ c)}$[3] مقدار نیاز آبی ویژه گیاه c برحسب مترمکعب بر تن که از رابطه (۵) محاسبه گردید. CWR[e,c][4] مقدار نیاز آبی گیاه c در منطقه e برحسب مترمکعب بر هکتار و CY[e,c][5] عملکرد گیاه c برحسب تن بر هکتار (Chapagin and Hoekstra, 2003):

$$VWC_{feed(a,e)} = \frac{\int_{birth}^{slaughter}\left\{q_{mixing}(e,a)+\sum_{c=1}^{n_c} SWD(e,c)\times C[e,a,c]\right\}dt}{W_a[e,a]} \quad (۴)$$

$$SWD(e,c) = \frac{CWR[e,c]}{CY[e,c]} \quad (۵)$$

آب‌مجازی آشامیدنی شامل آب آشامیدن دام a در طول عمر خود نسبت به میانگین وزن دام زنده a در منطقه e در انتهای عمرش که از رابطه (۶) محاسبه گردید. در این رابطه $q_{d[e,a]}$[6] مقدار آب مصرفی روزانه دام a در منطقه e برحسب مترمکعب بر روز.

$$VWC_{drink\ [e,a]} = \frac{\int_{birth}^{slaughter} q_d[e,a]dt}{W_a[e,a]} \quad (۶)$$

میزان مصرف آب برای نگهداری دام‌ها از رابطه (۷) محاسبه گردید. در این رابطه $q_{serv[e,a]}$[7] مقدار آب برای نگهداری روزانه دام a در منطقه e برحسب مترمکعب بر روزمی‌باشد (Chapagin and Hoekstra, 2003).

$$VWC_{serv[e,a]} = \frac{\int_{birth}^{slaughter} q_{serv}[e,a]dt}{W_a[e,a]} \quad (۷)$$

برای محاسبه آب‌مجازی محصولات اولیه دامی به میزان آب‌مجازی دام‌های زنده، آب مورد نیاز فرآیند تبدیل محصولات اولیه نیز اضافه گردید. مقدار آب فرآیند تبدیل برحسب مترمکعب بر تن از دام زنده با استفاده از رابطه (۸) به‌دست آمد. PWR[e,a][8] 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. (Chapagin and Hoekstra, 2003):

$$PWR_{[e,a]} = \frac{Q_{proc}[e,a]}{W_a[e,a]} \quad (۸)$$

Qproc[e,a][9] مقدار حجم آب فرآیند تبدیل برحسب مترمکعب برای هر دام زنده a در شهر e می‌باشد. حجم آب فرآیند تبدیل محصولات اولیه با توجه به رابطه (۹) به آب‌مجازی دام زنده اضافه گردید. که در این رابطه vf[e,p][10] سهم ارزشی (نسبتی از ارزش بازاری محصول به مجموع ارزش بازاری تمام محصولات به‌دست‌آمده از محصول اولیه) که از رابطه (۱۰) به‌دست آمد (Chapagin and Hoekstra, 2003).

$$VWC_p[e,p] = (VWC_a[e,a] + PWR[e,a]) \times \frac{vf[e,p]}{pf[e,p]} \quad (۹)$$

$$vf[e,p] = \left[\frac{v[p]\times pf[e,p]}{\sum(v[p]\times pf[e,p])}\right] \quad (۱۰)$$

در رابطه (۱۰) v[p][11] ارزش بازاری محصول p و pf[e,p][12] سهم محصول تولیدی از محصول اولیه (دام زنده) که از رابطه (۱۱) محاسبه شد. در این رابطه W_p[e,p][13] وزن محصول تولیدی به‌دست‌آمده از دام زنده a می‌باشد (Chapagin and Hoekstra, 2003).

$$pf[p,e] = \frac{W_p[e,p]}{W_a[e,a]} \quad (۱۱)$$

زمانی که دام ذبح می‌شود لاشه (گوشت بااستخوان) محصول اولیه است و گوشت (بی‌استخوان) دام محصول ثانویه حاصل از آن است. بنابراین با داشتن کسر محصول و کسر ارزش، و مقدار PWR لاشه و قرار دادن اعداد محاسبه شده در رابطه ۹ ،محتوای آب مجازی لاشه(گوشت بااستخوان) به‌دست آورده شد.

نتایج و بحث

با توجه به افزایش جمعیت در سال‌های اخیر و کمبود آب جهت امنیت غذایی و حفظ منابع آبی در این تحقیق به بررسی مکان‌های مناسب برای پرورش دام و در نهایت تولید محصولات دامی استان با توجه به عوامل موثر در میزان آب مجازی محصولات دامی در هر منطقه پرداخته شد. تا بتوان شهرستان‌هایی که زیر ساخت‌های مناسب‌تری برای پرورش دام با آب مجازی پایین تر و کشت محصولات مورد مصرف دام را دارا هستند، شناسایی کرد. در این راستا آب مجازی گوشت بااستخوان و بی‌استخوان چند دام اصلی

1- The quantity of feed crop *c* consumed by animal *a* in exporting country *e*
2- The average live weight of animal *a* in exporting country *e*
3- The specific water demand of crop *c* in exporting country *e*
4- The crop water requirement of crop *c* in country *e*
5- The crop yield
6- The daily drinking water requirement of animal *a* in exporting country *e*
7- The daily service water requirement
8- The processing water requirement per ton of live animal *a* for producing primary products in exporting country *e*
9- The volume of processing water in m3 per live animal *a* in exporting country *e*
10- The value fraction
11- The market value of product *p*
12- The product fraction
13- The weight of primary product *p* obtained from one live animal *a* in exporting country *e*

منطقه مورد بررسی و نتایج در جداول (۱) و (۲) به تفکیک شهرستان‌های استان برای سه سال متوالی ۱۳۹۴، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ ارائه شده است.

جدول۱- محتوای آب مجازی گوشت با استخوان و بی استخوان گاو اصیل و دورگ پرواری بر حسب متر مکعب بر تن

شهرستان	آب مجازی گوشت با استخوان گاو اصیل پرواری			آب مجازی گوشت بی استخوان گاو اصیل پرواری			آب مجازی گوشت با استخوان گاو دورگ پرواری			آب مجازی گوشت بی استخوان گاو دورگ پرواری		
	۹۴	۹۵	۹۶	۹۴	۹۵	۹۶	۹۴	۹۵	۹۶	۹۴	۹۵	۹۶
باخرز	۲۰۷۹۶	۲۰۸۲۷	۱۷۰۸۴	۳۳۵۸۰	۳۳۴۹۹	۳۴۳۱۷	۱۲۰۳۲	۱۹۱۲۵	۱۲۰۴۸	۱۵۸۵۰	۱۵۳۴۷	۱۵۶۵۰
بجستان	۳۰۵۲۳	۲۰۲۶۲	۱۹۲۵۰	۴۹۲۸۶	۳۲۵۸۹	۳۸۶۶۹	۱۷۴۷۱	۱۸۹۲۷	۱۳۷۱۴	۲۳۰۱۵	۱۵۱۸۸	۱۷۸۱۳
بردسکن	۲۴۶۶۴	۲۱۶۳۵	۱۷۴۶۱	۳۹۸۲۵	۳۴۷۹۷	۳۵۰۷۴	۱۴۰۵۰	۱۹۶۸۰	۱۲۱۴۹	۱۸۵۰۹	۱۵۷۹۳	۱۵۷۸۱
تایباد	۱۹۹۶۶	۱۷۱۲۴	۱۴۲۹۹	۳۲۲۴۰	۲۷۵۴۱	۲۸۷۲۳	۱۱۸۵۶	۱۶۰۱۹	۱۰۱۵۱	۱۵۶۱۸	۱۲۸۵۵	۱۳۱۸۶
فیروزه	۱۷۱۳۹	۱۶۸۸۲	۱۳۳۰۳	۲۷۶۷۵	۲۷۱۵۲	۲۶۷۲۱	۱۰۰۶۵	۱۵۶۱۴	۹۵۴۴	۱۳۲۵۹	۱۲۵۳۰	۱۲۳۹۷
تربت جام	۱۶۲۴۸	۱۸۰۹۹	۱۳۵۴۶	۲۶۲۳۶	۲۹۱۱۰	۲۷۲۱۰	۹۳۵۴	۱۷۱۷۳	۹۷۰۸	۱۲۳۲۲	۱۳۷۸۰	۱۲۶۱۰
تربت حیدریه	۲۰۸۶۴	۱۷۸۶۷	۱۵۷۳۰	۳۳۶۹۰	۲۸۷۳۷	۳۱۵۹۷	۱۲۳۳۴	۱۶۶۱۸	۱۱۰۷۶	۱۶۲۴۸	۱۳۳۳۶	۱۴۳۸۸
جغتای	۲۲۷۸۶	۱۹۴۲۷	۱۷۳۳۸	۳۶۷۹۴	۳۱۲۴۶	۳۴۸۲۸	۱۲۸۶۱	۱۷۸۴۳	۱۱۹۷۵	۱۶۹۴۲	۱۴۳۱۸	۱۵۵۵۵
جوین	۱۸۶۷۹	۱۹۱۰۸	۱۷۲۳۰	۳۰۱۶۲	۳۰۷۳۲	۳۴۶۱۱	۱۰۵۴۲	۱۷۳۰۸	۱۱۶۹۶	۱۳۸۸۷	۱۳۸۸۹	۱۵۱۹۲
چناران	۱۹۹۴۵	۱۵۳۹۴	۱۴۷۴۳	۳۲۲۰۵	۲۴۷۶۰	۲۹۶۱۵	۱۱۹۰۲	۱۴۳۶۰	۱۰۷۰۲	۱۵۶۷۹	۱۱۵۲۳	۱۳۹۰۲
خلیل آباد	۲۰۶۲۲	۲۰۲۸۰	۱۲۳۵۴	۳۳۲۹۹	۳۲۶۱۹	۲۴۸۱۶	۱۱۷۶۶	۱۸۵۳۵	۸۱۲۰	۱۵۴۹۹	۱۴۸۷۳	۱۰۵۴۷
خواف	۲۵۰۸۵	۲۴۹۲۰	۲۰۶۲۸	۴۰۵۰۶	۴۰۰۸۱	۴۱۴۳۷	۱۴۳۲۵	۲۲۶۱۳	۱۴۲۸۴	۱۸۸۷۱	۱۸۱۴۶	۱۸۵۵۵
خوشاب	۲۴۷۳۶	۲۶۹۵۰	۱۸۸۸۸	۳۹۹۴۱	۴۳۳۴۶	۳۷۹۴۱	۱۴۱۷۶	۲۴۳۶۹	۱۳۱۴۲	۱۸۶۷۴	۱۹۵۵۵	۱۷۰۷۱
درگز	۱۶۸۵۱	۱۴۵۲۳	۱۱۲۵۴	۲۷۲۱۰	۲۳۳۵۸	۲۲۶۰۶	۱۰۱۲۵	۱۳۶۲۹	۸۱۳۳	۱۳۳۳۷	۱۰۹۳۷	۱۰۵۶۴
رشتخوار	۲۲۸۴۱	۲۲۴۵۹	۱۷۴۹۱	۳۶۸۸۲	۳۶۱۲۳	۳۵۱۳۴	۱۳۲۷۳	۲۰۶۴۲	۱۲۲۹۵	۱۷۴۸۵	۱۶۵۶۵	۱۵۹۷۱
زاوه	۱۸۴۵۸	۲۰۱۸۰	۱۸۸۱۵	۲۹۸۰۵	۳۲۴۵۷	۳۷۷۹۴	۱۰۸۴۷	۱۸۶۸۸	۱۲۰۱۱	۱۴۲۹۰	۱۴۹۹۷	۱۵۶۰۲
سبزوار	۲۸۹۹۰	۲۵۲۱۱	۱۹۷۱۱	۴۶۸۱۰	۴۰۵۴۸	۳۹۵۹۴	۱۶۳۰۱	۲۲۸۱۰	۱۳۶۴۵	۲۱۴۷۴	۱۸۳۰۴	۱۷۷۲۴
سرخس	۲۲۹۶۷	۲۲۴۳۳	۱۶۵۱۵	۳۷۰۸۵	۳۶۰۸۱	۳۳۱۷۴	۱۲۶۵۷	۲۰۳۵۲	۱۱۶۰۲	۱۶۶۷۳	۱۶۳۳۲	۱۵۰۷۱

صالح آباد	۲۳۶۹۴	۱۹۹۸۵	۱۷۰۴۲	۳۸۲۵۹	۳۲۱۴۳	۳۴۲۳۲	۱۳۳۵۸	۱۸۴۲۹	۱۲۲۰۹	۱۷۵۹۷	۱۴۷۸۹	۱۵۸۵۹
طرقبه-شاندیز	۱۷۷۲۰	۱۵۷۸۹	۱۳۰۸۸	۲۸۶۱۳	۲۵۳۹۵	۲۶۲۹۱	۱۰۲۴۱	۱۴۸۰۸	۹۴۲۶	۱۳۴۹۱	۱۱۸۸۳	۱۲۲۴۳
فریمان	۱۸۳۷۳	۱۵۸۹۴	۱۳۵۹۶	۲۹۶۶۸	۲۵۵۶۴	۲۷۳۱۰	۱۰۷۹۵	۱۴۷۸۵	۹۶۴۳	۱۴۲۲۰	۱۱۸۶۴	۱۲۵۲۶
قوچان	۱۵۱۰۵	۱۴۹۵۶	۱۴۷۶۲	۲۴۳۹۱	۲۴۰۵۵	۲۹۶۵۴	۹۰۴۲	۱۴۰۴۸	۱۰۳۲۲	۱۱۹۱۲	۱۱۲۷۳	۱۳۴۰۸
کاشمر	۲۳۱۷۵	۲۲۲۷۷	۱۸۵۰۵	۳۷۴۲۲	۳۵۸۳۱	۳۷۱۷۱	۱۳۵۹۸	۲۰۴۸۶	۱۳۰۶۶	۱۷۹۱۳	۱۶۴۳۹	۱۶۹۷۲
کلات	۱۵۶۳۰	۱۴۲۱۳	۱۳۳۶۸	۲۵۲۳۸	۲۲۸۶۱	۲۶۸۵۳	۹۱۲۹	۱۳۳۳۲	۹۲۹۹	۱۲۰۲۶	۱۰۶۹۸	۱۲۰۷۹
گناباد	۲۵۵۷۶	۲۵۸۳۳	۲۸۸۳۲	۴۱۲۹۸	۴۱۵۴۹	۵۷۹۱۷	۱۴۹۷۹	۲۳۴۹۷	۱۸۹۹۹	۱۹۷۳۲	۱۸۸۵۵	۲۴۶۷۹
مشهد	۱۸۲۶۶	۱۰۹۲۹	۱۲۱۰۵	۲۹۴۹۴	۱۷۵۷۷	۲۴۳۱۷	۱۰۹۰۳	۱۰۹۵۴	۸۶۸۰	۱۴۳۶۳	۸۷۹۰	۱۱۲۷۵
مه ولات	۱۹۵۴۱	۱۹۰۲۰	۱۵۰۹۳	۳۱۵۵۳	۳۰۵۹۱	۳۰۳۱۷	۱۱۱۷۶	۱۷۶۶۲	۱۰۶۱۹	۱۴۷۲۳	۱۴۱۷۳	۱۳۷۹۳
نیشابور	۲۸۱۲۴	۱۸۹۳۵	۱۵۷۶۶	۴۵۴۱۲	۳۰۴۵۴	۳۱۶۶۹	۱۵۸۸۲	۱۷۴۸۶	۱۱۱۶۰	۲۰۹۲۲	۱۴۰۳۲	۱۴۴۹۷

جدول ۲-محتوای آب مجازی گوشت با استخوان و بی استخوان گاو دورگ و گوسفند پرواری بر حسب متر مکعب بر تن

شهرستان	آب مجازی گوشت با استخوان گاو بومی پرواری			آب مجازی گوشت بی‌استخوان گاو بومی پرواری			آب مجازی گوشت با استخوان گوسفند			آب مجازی گوشت بی استخوان گوسفند		
	۹۴	۹۵	۹۶	۹۴	۹۵	۹۶	۹۴	۹۵	۹۶	۹۴	۹۵	۹۶
باخرز	۷۰۹۰	۱۰۲۳۶	۱۱۷۱۰	۱۱۲۹۳	۱۶۲۳۷	۱۸۳۶۷	۲۷۶۸	۲۴۰۷	۲۵۲۱	۴۰۶۰	۲۷۲۸	۲۸۸۰
بجستان	۱۰۸۴۷	۱۱۱۹۴	۱۳۰۳۷	۱۷۲۷۸	۱۷۷۵۷	۲۰۴۴۹	۴۱۶۷	۲۱۵۰	۲۸۸۰	۶۱۱۲	۲۴۳۷	۳۲۸۹
بردسکن	۸۸۱۴	۱۱۰۹۹	۱۱۱۱۱	۱۴۰۴۰	۱۷۶۰۶	۱۷۴۲۷	۳۵۰۶	۲۶۰۶	۲۸۶۴	۵۱۴۳	۲۹۵۳	۳۲۷۱
تایباد	۶۷۸۳	۹۷۲۶	۱۰۰۵۰	۱۰۸۰۵	۱۵۴۲۹	۱۵۷۶۲	۲۳۶۰	۱۷۶۸	۲۰۸۸	۳۴۶۲	۲۰۰۵	۲۳۸۵
فیروزه	۶۱۳۸	۹۱۳۶	۹۲۱۹	۹۷۷۷	۱۴۴۹۲	۱۴۴۵۹	۲۱۸۳	۱۸۶۵	۱۹۳۹	۳۲۰۳	۲۱۱۴	۲۲۱۵
تربت جام	۵۲۵۴	۱۰۱۶۰	۹۴۷۰	۸۳۷۰	۱۶۱۱۷	۱۴۸۵۳	۲۰۴۷	۱۷۷۶	۱۸۸۵	۳۰۰۲	۲۰۱۳	۲۱۵۳
تربت حیدریه	۷۲۶۲	۹۹۳۹	۱۰۱۷۲	۱۱۵۶۸	۱۵۷۶۶	۱۵۹۵۵	۲۵۷۹	۱۸۸۵	۲۳۶۳	۳۷۸۳	۲۱۳۶	۲۶۹۹
جغتای	۷۹۳۱	۹۸۵۵	۱۰۶۶۶	۱۲۶۳۴	۱۵۶۳۲	۱۶۷۲۹	۳۲۸۱	۲۲۳۶	۲۹۰۷	۴۸۱۳	۲۵۳۵	۳۳۲۰
جوین	۶۱۹۳	۹۱۶۷	۹۹۳۶	۹۸۶۶	۱۴۵۴۲	۱۵۵۸۴	۲۶۲۱	۲۲۸۸	۳۰۱۱	۳۸۴۵	۲۵۹۴	۳۴۳۹

چناران	۷۲۳۶	۸۲۸۲	۹۸۴۴	۱۱۵۲۶	۱۳۱۳۸	۱۵۴۴۰	۲۴۶ ۴	۱۶۵ ۳	۲۰۹ ۵	۳۶۱ ۵	۱۸۷ ۴	۲۳۹ ۳
خلیل آباد	۷۲۰۶	۱۰۶۲۴	۸۳۲۰	۱۱۴۷۸	۱۶۸۵۳	۱۳۰۴۹	۲۸۴ ۱	۲۳۵ ۲	۲۱۳ ۰	۴۱۶ ۷	۲۶۶ ۶	۲۴۳ ۳
خواف	۸۶۰۰	۱۴۱۳۳	۱۳۹۳۵	۱۳۶۹۹	۲۲۴۱۹	۲۱۸۵۷	۳۴۴ ۳	۲۸۷ ۵	۳۳۰ ۴	۵۰۵ ۱	۳۲۵ ۹	۳۷۷ ۴
خوشاب	۸۳۸۴	۱۳۷۹۲	۱۲۶۳۳	۱۳۳۵۴	۲۱۸۷۹	۱۹۸۱۵	۳۳۳ ۵	۳۲۲ ۵	۲۹۶ ۴	۴۸۹ ۲	۳۶۵ ۵	۳۳۸ ۶
درگز	۵۸۹۵	۸۱۸۵	۷۹۴۳	۹۳۹۰	۱۲۹۸۳	۱۲۴۵۹	۱۹۶ ۶	۱۴۸ ۷	۱۴۸ ۴	۲۸۸ ۳	۱۶۸ ۵	۱۶۹ ۵
رشتخوار	۷۷۷۷	۱۱۹۸۸	۱۲۲۴۴	۱۲۳۸۸	۱۹۰۱۶	۱۹۲۰۴	۲۸۸ ۰	۲۵۶ ۲	۲۶۶ ۱	۴۲۲ ۶	۲۹۰ ۴	۳۰۴ ۰
زاوه	۶۰۷۶	۱۱۴۳۶	۱۲۱۸۴	۹۶۷۹	۱۸۱۴۱	۱۹۱۱۰	۲۲۰ ۵	۲۱۱ ۴	۳۶۱ ۰	۳۲۳ ۴	۲۳۹ ۶	۴۱۲ ۴
سبزوار	۱۰۴۳۲	۱۱۹۷۶	۱۲۱۲۹	۱۶۶۱۷	۱۸۹۹۷	۱۹۰۲۴	۴۳۵ ۸	۳۱۲ ۶	۳۲۵ ۱	۶۳۹ ۳	۳۵۴ ۳	۳۷۱ ۳
سرخس	۷۱۷۱	۱۲۱۱۶	۱۱۶۵۳	۱۱۴۲۳	۱۹۲۱۹	۱۸۲۷۶	۳۳۹ ۰	۲۶۲ ۱	۲۴۷ ۸	۴۹۷ ۲	۲۹۷ ۱	۲۸۳ ۱
صالح آباد	۷۴۸۵	۱۱۷۶۶	۱۲۴۶۸	۱۱۹۲۳	۱۸۶۶۴	۱۹۵۵۵	۳۳۶ ۹	۲۰۹ ۹	۲۳۶ ۴	۴۹۴ ۲	۲۳۸ ۰	۲۷۰ ۰
طرقبه- شاندیز	۵۸۷۹	۷۸۵۲	۹۳۲۲	۹۳۶۵	۱۲۴۵۵	۱۴۶۲۱	۲۲۹ ۹	۱۶۷ ۴	۱۷۲ ۸	۳۳۷ ۳	۱۸۹ ۸	۱۹۷ ۳
فریمان	۶۳۱۰	۸۰۸۸	۸۶۴۸	۱۰۰۵۱	۱۲۸۳۰	۱۳۵۶۴	۲۲۸ ۸	۱۶۹ ۹	۲۰۱ ۲	۳۳۵ ۷	۱۹۲ ۶	۲۲۹ ۸
قوچان	۴۹۵۶	۸۴۶۶	۱۰۳۲۴	۷۸۹۴	۱۳۴۲۹	۱۶۱۹۳	۱۶۶ ۱	۱۵۳ ۹	۲۲۴ ۷	۲۴۳ ۶	۱۷۴ ۴	۲۵۶ ۷
کاشمر	۷۶۸۷	۱۰۹۹۹	۱۳۰۳۱	۱۲۲۴۵	۱۷۴۴۸	۲۰۴۳۹	۲۸۲ ۲	۲۵۸ ۳	۲۷۱ ۴	۴۱۴ ۰	۲۹۲ ۸	۳۱۰ ۰
کلات	۵۳۹۲	۸۰۸۶	۸۸۶۷	۸۵۸۹	۱۲۸۲۶	۱۳۹۰۷	۱۹۷ ۹	۱۴۸ ۰	۲۱۴ ۸	۲۹۰ ۳	۱۶۷ ۸	۲۴۵ ۳
گناباد	۸۹۵۱	۱۳۱۷۳	۱۵۸۳۳	۱۴۲۵۸	۲۰۸۹۶	۲۴۸۳۳	۳۲۶ ۳	۳۰۵ ۵	۵۶۴ ۳	۴۷۸ ۶	۳۴۶ ۳	۶۴۴ ۶
مشهد	۶۲۹۵	۶۵۸۸	۷۹۳۹	۱۰۰۲۷	۱۰۴۵۱	۱۲۴۵۱	۲۰۴ ۲	۷۶۳	۱۷۴ ۹	۲۹۹ ۶	۸۶۴	۱۹۹ ۸
مه ولات	۶۳۰۷	۹۹۲۳	۱۰۲۷۰	۱۰۰۴۶	۱۵۷۴۱	۱۶۱۰۸	۲۵۵ ۹	۲۰۴ ۲	۲۲۰ ۱	۳۷۵ ۴	۲۳۱ ۴	۲۵۱ ۴
نیشابور	۱۰۰۲۷	۹۹۷۰	۱۰۲۶۸	۱۵۹۷۲	۱۵۸۱۵	۱۶۱۰۵	۴۱۲ ۹	۲۱۶ ۸	۲۴۱ ۵	۶۰۵ ۶	۲۴۵ ۷	۲۷۵ ۹

با توجه به جدول (۱) بیش‌ترین مقدار «آب مجازی گوشت بااستخوان گاو اصیل» برای بجستان در سال ۱۳۹۴ و کم‌ترین آن برای مشهد در سال ۱۳۹۵ برآورد شد. بیش‌ترین مقدار «آب مجازی گوشت بی‌استخوان گاو اصیل» برای گناباد در سال ۱۳۹۶ و کم‌ترین آن برای مشهد در سال ۱۳۹۵ گزارش شد. بیش‌ترین مقدار «آب مجازی گوشت بااستخوان گاو دورگ» برای خوشاب در سال ۱۳۹۵ و کم‌ترین آن برای خلیل آباد در سال ۱۳۹۶ گزارش شد.و بیش‌ترین مقدار «آب مجازی گوشت بی‌استخوان گاو دورگ» برای گناباد در سال ۱۳۹۶ و کم‌ترین آن برای مشهد در سال ۱۳۹۵ گزارش شد. طبق جدول (۲) بیش‌ترین مقدار «آب مجازی گوشت بااستخوان و گوشت بی‌استخوان گاو بومی» برای گناباد در سال ۱۳۹۶ و کم‌ترین آن برای قوچان در سال ۱۳۹۴ گزارش شد. برآوردها نشان دادند که

بیش‌ترین مقدار «آب مجازی گوشت بااستخوان» در تمامی گاوهای استان خراسان در سه سال ۱۳۹۴، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ مربوط به گاو اصیل پرواری در بجستان به‌میزان ۳۰۵۲۳ متر مکعب بر تن و کم‌ترین آن برای گاو بومی پرواری به مقدار ۴۹۵۶ متر مکعب بر تن در قوچان می‌باشد. همچنین بیش‌ترین مقدار «آب مجازی گوشت بی‌استخوان» در بین تمامی گاوهای استان خراسان در سه سال ۱۳۹۴، ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ مربوط به گاو اصیل پرواری در گناباد به مقدار ۵۷۹۱۷ متر مکعب بر تن و کم‌ترین آن برای گاو بومی پرواری در قوچان به میزان ۷۸۹۴ متر مکعب بر تن می‌باشد. طبق جدول (۲) بیش‌ترین مقدار «آب مجازی گوشت بااستخوان گوسفند» مربوط به شهرستان گناباد به میزان ۵۶۴۳ متر مکعب بر تن در سال ۱۳۹۶و کم‌ترین آن برای مشهد به میزان ۷۶۳ متر مکعب بر تن می‌باشد.همچنین بیشترین میزان « آب مجازی گوشت بی‌استخوان گوسفند » مربوط به شهرستان سبزوار با میزان متر مکعب بر تن۶۴۴۶ و کمترین آن میزان برای مشهد با مقدار ۸۶۴ متر مکعب می‌باشد.

جدول ۳ نشان می‌دهد که در مقایسه بین نوع دام گاو و گوسفند با توجه به محتوی آب مجازی، گوشت گوسفند به‌مراتب به‌صرفه‌تر و اقتصادی تر و کم‌تر از نوع گاو می‌باشد.

چاپاگین و هوکسترا در مطالعات خود نشان دادند که میانگین جهانی محتوای آب مجازی طبق جدول شماره ۴ برای هر کیلو گوشت بااستخوان مقداری برابر با ۱۴۵۹۲ (مترمکعب برتن) و برای هر کیلو گوشت بی‌استخوان مقداری برابر با ۲۳۶۸۵ (متر مکعب بر تن) می‌باشد (Chapagin and Hoekstra, 2003)..

جدول ۳- میانگین، بیشترین و کمترین مقدار آب مجازی گوشت بی استخوان و گوشت با استخوان

	گوشت بااستخوان گاو اصیل شیری	گوشت بااستخوان شیر گاو دورگ شیری	گوشت بااستخوان شیر گاو بومی شیری	گوشت بی‌استخوان گاو اصیل پرواری	گوشت بی‌استخوان گاو دورگ پرواری	گوشت بی‌استخوان گاو بومی پرواری	گوشت بااستخوان گوسفند	گوشت بی‌استخوان گوسفند
میانگین آب مجازی هر سه سال	۱۹۰۰۷	۱۳۸۶۰	۹۴۷۱	۳۲۷۹۷	۱۵۱۲۵	۱۴۹۷۵	۲۵۰۷	۳۱۶۲
میانگین آب مجازی سال ۹۴	۲۱۳۳۵	۱۲۳۲۳	۷۲۹۹	۳۴۴۴۹	۱۶۲۳۳	۱۱۶۲۷	۲۸۱۴	۴۱۲۹
میانگین آب مجازی سال ۹۵	۱۹۳۳۶	۱۷۸۵۰	۱۰۲۸۴	۳۱۱۰۰	۱۴۳۲۴	۱۶۳۱۳	۲۱۴۶	۲۴۳۳
میانگین آب مجازی سال ۹۶	۱۶۳۵۰	۱۱۴۰۸	۱۰۸۳۰	۳۲۸۴۲	۱۴۸۱۸	۱۶۹۸۶	۲۵۵۹	۲۹۲۳

جدول٤- مقایسه آمار جهانی محتوای آب مجازی طق نتاج چاپاگین و هوکسترا با محتوای آب مجازی خراسان رضوی

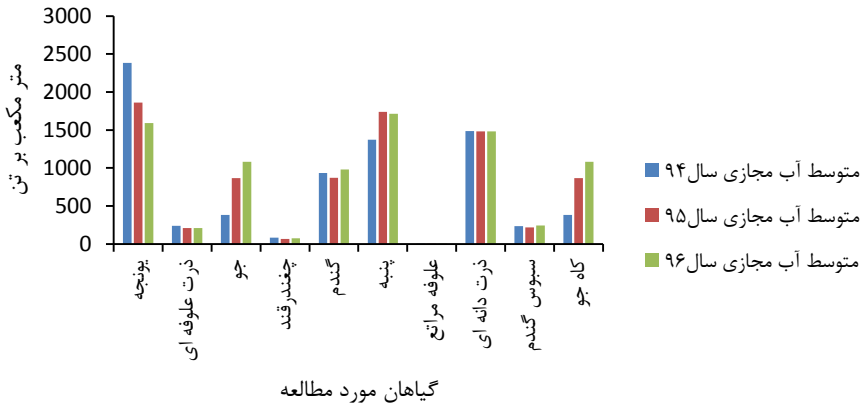
محصول	جهانی (متر مکعب بر تن)	ایران (متر مکعب بر تن)	خراسان رضوی (متر مکعب بر تن)
گوشت‌بااستخوان	۱۴۵۹۲	۲۶۳۴۹	۱۴۴۴۲
گوشت‌بی‌استخوان	۲۳۶۸۵	۳۷۱۱۵	۲۰۹۶۵/۸
گاو اصیل	۸۷۲۲	۱۵۷۸۳	۳۲۶۸۸/۹
گاو غیر اصیل	۹۶۷۸	۱۵۷۸۳	۲۶۷۵۷/۸

نتایج نشان می‌دهد که میزان آب مجازی گوشت با استخوان و گوشت بی‌استخوان محاسبه شده توسط چاپاگین و هوکسترا با مطالعه اخیر تفاوت می‌کنند. دلایل تفاوت در مقادیر برآورد شده محتوی آب مجازی استان خراسان رضوی با نتایج چاپاگین و هوکسترا اختلاف در مقدار پارامترهایی از قبیل وزن، سن دام‌ها، نژاد، تعداد سال‌های شیردهی، راندمان لاشه، راندمان گوشت به لاشه، قیمت محصولات دامی[1](بدلیل اینکه در آب مجازی خوراک دام و میزان تولید و علمکرد

۱ – با توجه به آورده شدن قیمت در رابطه (۱۰) به‌عنوان متغیر v [p] ارزش بازار محصولp برحسب دلار آمریکا بر تن ؛ از این رو ، قیمت محصولات دامی نیز بعنوان یک فاکتور در محاسبات تاثیرگزار است.

کل شیر دخیل است)، نوع خوراک مورد مصرف دام، نیاز آبی متفاوت گیاهان مصرفی،شرایط اقلیمی، میزان عملکرد در تولید خوراک دام است. برای مثال بر اساس توصیه معاونت امور دام سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، گاو اصیل شیری ۳ سال، گاو دورگ شیری ۵ سال و گاو بومی شیری ۷ سال میزان شیردهی دارد ولی در گزارشات چاپاگین و هوکسترا در سال ۲۰۰۳ این اعداد متفاوت در نظر گرفته شده است (Chapagin and Hoekstra, 2003). علاوه بر این انواع گاوها با نژادهای مختلف نیز خود بدلیل ژنتیک (به لحاظ سن شیردهی، وزن دام و ...) متفاوتی که دارند نیز در محاسبات باعث تفاوت‌های چشمگیری می‌شوند. گاو بومی شیری بر اساس آمار مدیریت دام سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی متوسط ۶۶۶ کیلوگرم در سال شیر می‌دهد در حالیکه گاو اصیل شیری بطور میانگین سالی ۸۰۵۷/۹ کیلو گرم شیر می‌دهد. این باعث تفاوت چشمگیر در محتوای آب مجازی شیر و گوشت حاصل از این دو نوع گاو شده است. وزن گاو اصیل ۵۱۴ کیلو گرم، گاو دو رگ ۳۹۹ و گاو بومی ۳۲۹ کیلو گرم است. در محاسبه سهم محصول تولیدی از محصول اولیه (pf) این وزن‌ها قرار گرفته و بعنوان ضریبی در محاسبات تأثیر بسزایی دارند. در محاسبات مقدار بهره وری از هر دام، یعنی همان راندمان لاشه به وزن دام زنده و یا راندمان گوشت به لاشه دام ذبح شده، تأثیر زیادی در محتوای آب مجازی می‌گذارد. بنابراین انتخاب دام از نژادهای برتر برای تولید بیشتر محصول باید مد نظر دامدار قرار گیرد. قیمت محصولات دامی نیز در محاسبه سهم ارزشی (vf) وارد می‌گردد بنابراین سیاست‌های کشوری در قیمت گذاری‌ها و تغییرات نرخ روز محصولات در این محاسبات وارد شده و بعنوان ضریبی در عدد نهایی آب مجازی گوشت و شیر تاثیرگذار می‌باشد. حتی قیمت محصولات دامی نیزی در محاسبات آب مجازی دخیل میاشد بنابراین هم در اقتصاد محلی و هم اقتصاد کشور تاثیر گذار است.

مقدار آب مجازی برای محصولات دامی به علت تغییر در عملکرد گیاهان مورد مصرف دام به‌علت وضعیت آب و هوا در سال‌های مختلف متفاوت است.لذا میانگین آب مجازی هر محصول در سال‌های ۱۳۹۴ تا ۱۳۹۶ محاسبه شده متفاوت است. نیاز آبیاری در هر منطقه و سطح زیر کشت محصولات متفاوت است و این متفاوت بودن بدلیل شرایط اقلیمی مانند دما و رطوبت منطقه می‌باشد.عملکرد محصولات نیز تفاوت دارند.عملکرد بالاتر به معنی کاهش مصرف آب برای تولید هر کیلوگرم از محصول است. از طرفی در هر منطقه میزان متفاوتی بارندگی وجود دارد که می‌تواند بخشی از نیاز آبی گیاه را تامین کند. در این تحقیق با در نظر گرفتن راندمان آبیاری نیاز ناخالص آبیاری به‌جای نیاز خالص ابیاری در نظر گرفته شد، که این اعداد به اعداد واقعی نیاز آبی گیاه در مزرعه نزدیکتر است بنابراین ارقام گزارش شده نیز دقیق‌تر می‌باشد. اعداد نیاز آبی گیاه در محاسبات آب مجازی خوراک دام وارد شده و در نهایت آب مجازی محصولات دامی را دست خوش تأثیر خود می‌گردانند. ترکیب خوراک دام و کنسانتره مصرفی در تمامی قسمت‌های جهان متغیر بوده و این تغییر بر روی میزان نیاز ابی و آب مجازی خوراک دام و خود دام و درنتیجه آب مجازی محصولات دامی تأثیر می‌گذارد. طبق شکل ۲ به نظر می‌رسد آب مجازی «کاه غلات» و «یونجه» و «ذرت علوفه‌ای» و «جو »سهم بالایی در خوراک مصرفی دام دارند.



شکل ۲ - متوسط آب مجازی محاسبه شده گیاهان مصرفی برای خوراک دام استان

بنابراین نیاز به محاسبات آب مجازی محصولات دامی استان با توجه به شرایط منابع آبی به جد دیده می‌شود. این مطالعه نشان داد که نیاز به ارزیابی آب مصرفی برای دام و محصولات دامی مهم وتاثیر گذار برای مدیران سازمان جهاد کشاورزی، کشاورزان تولید علوفه مصرفی دام، دامداران و کارخانجات صنایع وابسته به محصولات دامی استان خراسان با رویکرد آب مجازی می‌باشد.

نتیجه‌گیری

میزان آب مجازی محصولات دامی بیش از محصولات زراعی و باغی است. افزایش مصرف گوشت در سطح جهان و تشدید سیستم‌های تولید فرآورده‌های دامی، فشار بیشتری بر روی منابع آب شیرین در سطح جهانی طی دهه‌های آینده اعمال خواهد نمود. فرآورده های دامی، منابع آب زیرزمینی و سطحی را در صورت کارایی نامناسب در مقایسه با سیستم‌های چرا و مختلط بیشتر مصرف و آلوده می‌کند. در این پژوهش محتوی آب مجازی گوشت با استخوان و بی‌استخوان گاو و گوسفند در تمامی شهرهای استان خراسان رضوی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد میزان آب مجازی تولیدات دامی در هر منطقه از استان به علت تفاوت در میزان آب مجازی خوراک دام و تفاوت در شرایط اقلیمی منطقه متفاوت است. وزن دام، وزن لاشه، طول دوره نگهداری دام، نژاد دام، نوع سیستم چرا از مهمترین عوامل موثر در میزان آب مجازی محصولات دامی می‌باشد.

با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان گفت که بیشترین مقدار آب مجازی مربوط به «آب مجازی گوشت بااستخوان گاو اصیل شیری» در شهرستان بجستان به میزان ۳۰۵۲۳ متر مکعب بر تن و کمترین میزان آب مجازی محاسبه شده مربوط به «آب مجازی گوشت بااستخوان گاو بومی شیری» در شهرستان قوچان به میزان ۴۹۵۶ متر مکعب بر تن می‌باشد. نیاز آبی گیاهان مصرفی در شهرستان

از نتایج استنباط می‌شود که پرورش گاو و مخصوصا گوسفند در «مشهد» و «قوچان» از لحاظ اقتصادی به صرفه تر و فشار کمتری بر منابع آبی منطقه ای می‌گذارد. از طرفی توصیه می‌گردد تصمیمات مدیران استان بر پرروش دام در شهرهای «گناباد»، «بجستان»، «خوشاب» و «سبزوار» با توجه به بالا بودن رقم آب مجازی هر کیلو گوشت به سمت سیاست‌های حفظ منابع آبی و عدم اجازه تاسیس کارخانجات مرتبط با تولید محصولات دامی سوق پیدا کند.در این‌صورت بخش کشاورزی و در راستای آن بخش دامی با تکیه بر تجربیات بومی و دانش نوین با ظرفیت زیست‌بوم سازگار و از لحاظ اقتصادی بهینه‌سازی می‌شود.

در این پژوهش نتایج نشان داد که شهرستان‌های «گناباد»، «بجستان»، «خوشاب» و «سبزوار» در مقدار آب مجازی گوشت با استخوان و بی استخوان دارای بیشترین آب مجازی بوده بنابراین پیشنهاد می‌گردد، که با بررسی بیش‌تر در این شهرستان میزان دامپروری را یا کاهش دهند یا حذف نموده و برایش جایگزینی که بتواند معیشت مردم را نیز جبران کند قرار دهند. و اما کم‌ترین مقدار آب مجازی برای شهرستان‌های «مشهد»، «قوچان» و «خلیل آباد» می‌باشد.

از عمده دلایل اختلاف در میزان آب مجازی های محاسبه شده در شهرستان‌های مذکور، تفاوت در اقلیم، میزان بارش موثر و نیاز آبی گیاهان مصرفی در خوراک دام می‌باشد. بر اساس طبقه بندی اقلیمی به روش دومارتن، اقلیم قوچان نیمه‌خشک، اقلیم مشهد، بجستان، خوشاب و سبزوار خشک و اقلیم گناباد فراخشک است.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش پیشنهادهای زیر جهت ادامه پژوهش برای سایر محققین و به‌عنوان توصیه‌ای ترویجی به دامداران توصیه می‌گردد :

پیشنهاد می‌شود که دامداران اگر هدفشان فقط تولید گوشت می‌باشند به سمت پرورش دام سبک خصوصا گوسفند روی آورند

حجم آب مجازی نهفته در یک کالای تولید شده در کشورهای مختلف دنیا و حتی مناطق مختلف یک کشور، اختلاف زیادی دارد. این اختلاف به دلیل تفاوت در نوع خاک، نوع منطقه، شرایط آب و هوایی و ... می‌باشد.بنابراین می‌توان گفت مناطق مختلف دارای مزیت‌های نسبی متفاوتی در تولید و عرضه محصولات کشاورزی هستند.بدیهی است که متخصصان امر در این مقوله همانگونه که به موضوع الگوی کشت در تولید و عرضه محصولات کشاورزی اهمیت می‌دهند باید در زمینه الگوی تخصصی پرورش دام و انتخاب نوع آن در هر مکان و به تبع آن تولید بهینه محصولات دامی در بستر زنجیره ارزش آن ورود پیدا کرده و در این خصوص مطالعات گسترده‌ای صورت پذیرد.

در مورد محصولاتی مانند «جو» واردات می‌تواند با بررسی دیگر جنبه‌های امنیت غذایی پیشنهاد گردد، اما در مورد محصولات علوفه‌ای که قالبیت وارداتش کم و مشکل است مثل «یونجه» و «ذرت علوفه ای» می‌توان پیشنهاد داد الگوی کشت استان به سمت جایگزینی گیاهان علوفه‌ای مشابه با آب مصرفی کمتر مانند «شبدر»، «نخود علوفه‌ای»، «چغندر علوفه‌ای» ، «سورگوم» و «خار شتر» تغییر نماید. البته ارائه الگوی کشت تنها با در نظر گرفتن میزان آب مجازی قابل انجام نیست و پارامترهای مختلفی مانند تناسب اراضی، میزان منابع آب در اختیار، قیمت محصولات و ... موثر و دخیل در این مطلب هستند.

مطالعه حاضر به دلیل فقدان داده‌های لازم برای انجام محاسبات در سه سال متوالی ۱۳۹۴،۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ انجام گرفت، بهتر است در آینده مشابه این مطالعه در بازه‌های زمانی کار شود که دوره‌های تر سالی و خشکسالی را نیز دربر بگیرد تا بتوان تأثیر آب و هوا را در آب مجازی محصولات دامی در نظر گرفت.

از آنجائی‌که این تحقیق برای استان خراسان رضوی انجام شده ، نتایج آن هم برای همین استان قابلیت کاربرد داد اما برای سایر مناطق باید تحقیقات مشابه انجام شود و تا در نهایت از جمع بندی نتایج منطقه ای بتوان به یک تصمیم یا کاربرد ملی دست یافت.

منابع

باغستانی، ع. ا. مهرابی بشر آبادی، ح. زارع مهرجردی، م. و شرافتمند، ح. ۱۳۸۸. کاربرد مفهوم آب مجازی در مدیریت منابع آب ایران .تحقیقات منابع آب. ۶(۱): ۷۶-۶۶

برهانی، ف. و اصلمند، ع. ر. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر بین میزان آب‌مجازی و میزان محصول به‌منظور مدیریت ذخایر منابع آب موجود. چهارمین کنفرانس بین‌المللی برنامه‌ریزی و مدیریت محیطزیست.

حقایقی مقدم ، س. ۱۳۹۶ . برنامه ارتقاء بهره‌وری آب کشاورز استان خراسان رضوی. سازمان تحقیقات. آموزش و ترویج کشاورزی. شماره ثبت ۵۱۶۹۸.

حیدری. ن. ۱۳۹۹. مسائل و راهکارهای استفاده بهینه و پایدار از منابع آب برای تولیدات دامی با تکیه بر ارتقاء بهره‌وری آب دامی .آب و توسعه پایدار. ۷ (۱): ۳۶-۲۳.

شاددل. ل. و رهنما، م.ر. ۱۳۹۴. ارزیابی پایداری و تعیین اندازه‌ی بهینه‌ی جمعیت شهر مشهد بر اساس وضعیت منابع آبی. پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری.۳(۲): ۱۲۳-۱۴۳.

عباسی، ف. سهراب، ف. عباسی، ن. ۱۳۹۴. راندمان‌های آبیاری و تغییرات زمانی و مکانی آن در ایران. نشریه تحقیقات فنی مهندسی کشاورزی. (۳): ۵۱-۱.

کامیابی، س. ۱۳۹۵. تطبیق سیستم طبقه بندی اقلیمی بر معماری شهرهای استان خراسان رضوی. فصلنامه علمی-پژوهشی جغرافیایی سرزمین. ۱۳(۵۰): ۱۰۵-۹۱.

نصرآبادی، ت. متقی‌فر، ح. و پوراصغر سنگاچی، ف. ۱۳۹۵. ارزیابی چرخه حیات در راستای بهینه‌سازی مصرف آب در گاوداری صنعتی با رویکرد آب‌مجازی (منطقه موردی: گاوداری فکا). مجله محیط‌شناسی. ۴(۴۲):۷۳۳-۷۱۹

Atzori, A. S., Canalis, C., Francesconi, A. H. D. and Pulina, G. 2016. A preliminary study on a new approach to estimate water resource allocation: The net water footprint applied to animal products. Agriculture and agricultural science procedia. 8: 50-57.

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.

Ma, X. and Ma, Y. 2017. The spatiotemporal variation analysis of virtual water for agriculture and livestock husbandry: A study for Jilin Province in China. Science of the Total Environment. 586: 1150-1161.

Oki, T., Sato, M., Kawamura, A., Miyake, M., Kanae, S., & Musiake, K. 2003, February. Virtual water trade to Japan and in the world. In Hoekstra, AY 'Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade', Value of Water Research Report Series (Vol. 12).

Owusu-Sekyere, E., Jordaan, H., and Chouchane, H. 2017. Evaluation of water footprint and economic water productivities of dairy products of South Africa. Ecological Indicators. 83: 32-40.

Salah, A. 2014. Investigatinf virtual water trade patterns in economic activity of Guilan province by Application of expanded input - Output table, Master Thesis, School of Economics, Shahid Beheshti University. (In Farsi).

Vicente de Paulo, R., de Oliveira, S. D., Braga, C. C., Brito, J. I. B., Francisco de Assis, S., de Holanda, R. M., and de Araújo, L. E. 2016. Virtual water and water self-sufficiency in agricultural and livestock products in Brazil. Journal of environmental management. 184: 465-472.

Wang, H. R., & Wang, J. H. 2006. Virtual water content of livestock products in China. Huan jing ke xue= Huanjing kexue. 27(4), 609-615.

Zimmer, D. and D. Renault. 2003. Virtual water in food production and global trade: Review of methodological issues and preliminary results. PP. 93-107. In: A. Y. Hoekstra (Ed.), Proc. of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Value of Water Research Report Series No. 12, IHE, Delft, The Netherlands.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 4, Vol. 15, Oct.-Nov. 2021, p. 967-979

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۴، جلد ۱۵، مهر - آبان ۱۴۰۰، ص. ۹۷۹-۹۶۷

Estimation of Virtual Water Content of Red Meat in Light and Heavy Livestock in Khorasan Razavi province

E. Mohamadi[1] , S.A. Haghayeghi Moghadam[2], O. mohammadrezapour[*3] P. Haghighatju[4]
Recived: May. 05, 2021 Accepted: May. 30, 2021

Abstract

Virtual water can be considered as a solution for the water crisis in arid countries which they have water scarcity. Meat products utilize far more virtual water than plant products. Therefore, estimating the virtual water of livestock products and revealing its information can play an important role in adopting proper management policies to reduce the pressure on water resources. The aim of this study was to determine the virtual water content of boneless meat and the meat without bones. In order for that, virtual water of livestock products of 28 cities located in Khorasan Razavi province was calculated for years 1394, 1395 and 1396. In this study, by calculating the water need of animal feed with CROPWAT software, the amount of virtual water of livestock products was estimated. Calculations revealed the highest and the lowest "virtual water of cow with bones" among all three types of purebred, native and hybrid cows in Bajestan (30523) and Quchan (4956), respectively and the highest and the lowest "virtual water content of boneless cow" is among the three types of cows in Gonabad (57917) and Quchan (7894). The highest and the lowest "virtual water of boneless mutton" are in Gonabad (5643) and Mashhad (763), respectively, and the highest and the lowest "virtual water content of mutton without bones" are in Sabzevar (6446) and Mashhad (864).

Key words: CROPWAT, Feed crops, Khorasan Razavi province, Livestock Products, Virtual water

1-M.Sc. Graduate of Water Resources Engineering, University of Zabol, Zabol, Iran
2- Assistant Professor, Agricultural Engineering Research Department, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center of Khorasan Razavi, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Iran
3- Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
4- Associate Professor, Department. of Water Engineering, Faculty of soil and Water, University of Zabol, Zabol, Iran
(*- Corresponding Author Email: Mohammadrezapour@gau.ac.ir)